PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS

001

INFORME FINAL

ESTUDIO DE LA EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA ESTRUCTURAL DE LAS INSTALACIONES DEL

HOSPITAL GARCES NAVAS

METODOS FEMA y ATC

Santafe de Bogota D.C. marzo 10 del 2000

1. INTRODUCCION Y DESCRIPCION GENERAL

El presente informe recopila toda la información concerniente a la exploración, el reconocimiento estructural, el análisis conceptual tipo **FEMA (Federal Emergency Management Agency de E.E.U.U.)** y las recomendaciones finales del estudio, para asegurar un comportamiento adecuado de las estructuras del **HOSPITAL GARCES NAVAS** de la ciudad de Bogotá ante la ocurrencia de un eventual sismo en la zona. La totalidad del hospital se encuentra desarrollada en un solo nivel y cuenta con cubiertas livianas. El sistema estructural principal es el de muros de mampostería como apoyo de la cubierta.

El presente estudio hace parte del plan de Estudios de Vulnerabilidad Estructural y Reforzamiento del Sistema Hospitalario Nacional. En este caso específico, el estudio consta de los Hospitales Chapinero, Usme, Tunjuelito, Olaya, Garces Navas y Trinidad Galán llevados a cabo por la Secretaría Distrital de Salud de Santafé de Bogotá. En forma similar otros Hospitales del resto del país ya iniciaron los mismos trabajos y hoy en día varios hospitales del Distrito Capital así como del resto de la nación cuentan con los estudios correspondientes. La política es continuar con el proceso de evaluación y reforzamiento de las estructuras, siguiendo lo ordenado por la ley 400 de 1.997 y su decreto reglamentario 33 de 1.998 contenido en el **NSR-98**, el cual dedica el capítulo A-10 a las edificaciones construidas antes de la vigencia de la Norma actual. Por las razones anteriores el **HOSPITAL GARCES NAVAS** ha decidido llevar a cabo los Estudios de Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Estructural de sus instalaciones.

2. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DE LA AMENAZA SÍSMICA

LOCALIZACIÓN GENERAL

El **HOSPITAL GARCES NAVAS** se encuentra localizado en la Carrera 107 # 73ª-08, al noroeste de la ciudad de Bogotá. Las edificaciones del presente estudio se encuentran en su totalidad sobre un terreno plano, se desarrollan en un solo nivel y están en general aisladas de las construcciones vecinas.

AMENAZA SÍSMICA

En la última versión, de las **Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-resistente**, publicada en 1997, se asigna a Bogotá una amenaza sísmica intermedia, con una aceleración pico efectiva A_a, igual a 0.20 y una aceleración de umbral de daño, A_d de 0.04.

El Estudio de Amenaza Sísmica de Colombia que sirvió de base para las determinaciones de la norma en este sentido, concluyó que las zonas más propicias estadísticamente para contribuir a la amenaza sísmica de la ciudad son la Falla Frontal de la Cordillera Oriental, en un 68% seguida de las fallas del Magdalena Medio particularmente la Falla Salinas (28%). No se puede olvidar en este contexto, la zona de subducción y la zona de Benniof, que pueden producir sismos lejanos capaces de excitar los suelos blandos de la ciudad y producir en ellos amplificaciones considerables, tanto en magnitud como en duración.

Por otro lado, el estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá no apeló a grandes zonas sismogénicas sino trató de ser más puntual y analizar por separado los principales accidentes tectónicos y adjudicarle una cierta influencia dependiendo de la actividad, la magnitud de la falla y la cercanía al punto de interés dentro de la ciudad.

Debido a la función indispensable de las estructuras motivo de este estudio, éstas deberán continuar funcionando adecuadamente ante cualquier evento sísmico. Las estructuras del hospital fueron construidas antes de la primera publicación del **Código Colombiano de Construcciones Sismo-resistentes (CCCSR-84)**, lo cual aumenta la inquietud de saber sí éstas soportarán confiablemente el sismo de diseño actual.

3. RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN, TRABAJOS DE EXPLORACIÓN, RECONOCIMIENTO ESTRUCTURAL

El hospital se encuentra localizado al noroeste de Bogotá, y en su gran mayoría está aislado de las estructuras vecinas. Se recopiló la información disponible de planos arquitectónicos de la Secretaría de Salud y se visitaron las instalaciones del hospital con el fin de realizar una inspección visual de las edificaciones y recopilar información adicional a la consignada en los planos arquitectónicos disponibles, y a su vez corroborar dicha información. Como resultado de ésta investigación se dispone ahora de planos que contienen la distribución de espacios, muros divisorios, tipo de acabados y de fachadas, dimensiones de la estructura, definición del sistema estructural, niveles del terreno y condiciones actuales de durabilidad de las edificaciones y por lo tanto se cuenta con datos suficientes para poder estimar la vulnerabilidad sísmica estructural de las edificaciones.

La edificación en estudio se desarrolla en un solo nivel (Foto 2) y tiene como sistema estructural una serie de muros de carga en mampostería localizados estratégicamente (ver esquemas de exploración anexos), los cuales están separados por luces típicas entre 4 y 6m. Dichos muros no se encuentran amarrados entre sí, ni arriostrados lateralmente; además presenta muros en mampostería para cerramiento y divisiones interiores. La cubierta consiste de canaletas apoyadas directamente sobre muros y correas (Fotos 15 a 20). De las canaletas se suspende un sistema de cielo raso liviano

(Fotos 16, 22 y 23). En su fachada se observa que los muros son en mampostería no reforzada, contando en la mayoría con ventanas (Fotos 4, 5, 8 y 9). Las cubiertas están dispuestas de tal manera que entregan aguas en tres vigas canales tal como se indica en los detalles adjuntos (Fotos 9 y 10).

En el acceso principal existe una pérgola (Fotos 4 y 6) de tipo liviano. Finalmente, en algunos vanos entre muros existen vigas de concreto tal como se ilustra en las fotografías # 22, 23 y 24.

4. EVALUACION Y DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL (FEMA 178-ATC-22)

A continuación se hace un análisis conceptual de la vulnerabilidad sísmica de la edificación, mediante un procedimiento preparado por el **Building Seismic Safety Council** de EE.UU., del tipo **FEMA-ATC**. Este documento presenta una guía para determinar que tan vulnerable y peligrosa (en cuanto a pérdida de vidas) es una estructura existente. Se pretende con este método, determinar algunas zonas o puntos débiles dentro de la estructura que podrían precipitar el colapso local o total de la estructura.

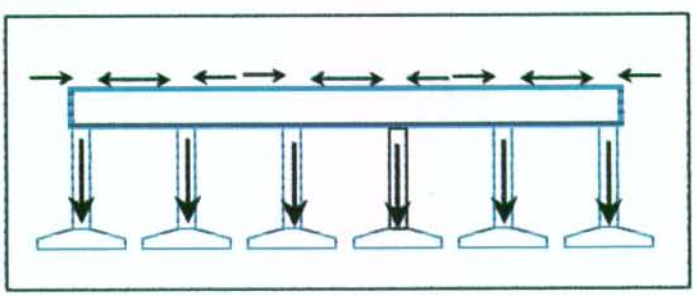
Cabe anotar acá que las guías y los procedimientos del **FEMA 178** son utilizados únicamente para evaluar la capacidad de la edificación en cuanto a si es peligrosa para ser ocupada ó no. El uso de la estructura después del terremoto no se está evaluando en este caso.

La metodología del **FEMA 178** plantea una serie de interrogantes para cada tipo de estructura, para el sistema estructural, pórticos a momento, muros de carga, diafragmas y conexiones, entre otros. Los interrogantes están diseñados para descubrir defectos, puntos débiles o zonas vulnerables dentro de la edificación. El análisis realizado por medio de este método se lleva a cabo utilizando procedimientos

simples. Si el análisis resulta en que la edificación es cuestionable, una investigación más detallada debe llevarse a cabo.

A continuación se dan los resultados de dicha evaluación para el **HOSPITAL**, indicando las revisiones que están de acuerdo con el criterio del **FEMA 178** y pueden hacerse a un lado, así como los interrogantes que son falsos, los cuales identifican aspectos que necesitan mayor investigación y análisis.

- Al revisar la trayectoria de cargas, se nota que las cargas de cubierta son directamente aplicadas a las correas y cerchas, las cuales transmiten las cargas directamente a las vigas o muros y estas últimas a la cimentación. Este es uno de los requisitos más importantes a revisar en cualquier estructura cuando se le está evaluando sísmicamente. En este caso no se tiene ninguna discontinuidad vertical entre la cubierta y la cimentación, una trayectoria continua de cargas existe.



- En cuanto a la redundancia estructural, la "estabilidad total" de la edificación no depende de un elemento o muro único. Debido a que las cubiertas en la mayoría de los casos son livianas, razón por la cual se consideran como diafragmas flexibles, todos los muros serán responsables de resistir cargas laterales, siendo de esta manera todos indispensables para sostener la cubierta. La estabilidad local de la cubierta de las edificaciones depende de la falla de cualquier elemento.

- Se estudió acerca de la existencia de irregularidades de masa colocadas en las cubiertas, encontrando que no existen irregularidades de masa, es decir que la

masa efectiva de cualquier piso no es más del 150% de la misma de un piso adyacente. Sin embargo se deberá revisar con detenimiento el tipo de soporte que tienen los tanques de agua colocados a nivel de cubierta.

- En la revisión de torsión en planta, todos los muros participan en el sistema de resistencia sísmica, aunque no estén bien detallados. El sistema de resistencia a fuerzas laterales es un conjunto bien balanceado en ambas direcciones, tal como se indica en los planos de exploración anexos. No se cuenta con muros estructurales que pudieran introducir torsiones indeseables. Por el contrario, los muros se encuentran distribuidos en forma simétrica a lo largo de la fachada.

- Con el fin de evitar golpeteo entre edificaciones existentes, se indagó acerca de la vecindad de construcciones. No existen construcciones adyacentes a las estructuras que estén a menos de la mitad de la altura o que tengan losas o niveles que no coincidan con los de la edificación que está siendo estudiada. Una edificación vecina se considera que es adyacente si se encuentra dentro de una distancia igual a 5cm por el número de niveles del edificio que es evaluado. Las edificaciones se encuentran rodeadas de parqueos y zonas verdes.

- La inspección a la que fueron sometidas las estructuras, fue simplemente visual, observando deterioro nominal en algunos elementos de concreto. Se puede observar en bastantes vigas a nivel de cubierta que sufren deterioro nominal y de escasez de recubrimiento del acero de refuerzo, razón por la cual las barras de refuerzo ya muestran corrosión avanzada.

- Así mismo se revisó que no existieran muros divisorios o particiones de concreto o de mampostería que estuvieran colocados en los pórticos resistentes a momento y que quedaran aislados de los elementos estructurales. Las divisiones internas, así como los muros de fachada son de mampostería y estos "no" están aislados de las estructuras en los sitios donde se tienen vigas y columnas.

- Se revisaron visualmente las unidades de mampostería y se comprobó que no existía deterioro visible en grandes zonas de unidades de mampostería. Así mismo se revisó la unión entre las unidades, encontrándose que el mortero no podía ser removido fácilmente, ni se observaron morteros deteriorados.

- En cuanto a los diafragmas en las cubiertas, se revisó si existía irregularidad geométrica en planta o no, y si existía refuerzo alrededor de todas las aberturas del diafragma que eran mayores que el 50% del ancho del edificio en ambas direcciones. En este caso, no se tienen irregularidades en planta, y no existen aberturas en el diafragma ya que este es flexible en las cubiertas livianas.

- Las cubiertas livianas que en su gran mayoría consisten de tejas de asbesto cemento o canaletas soportadas por correas y cerchas presentan una estabilidad deficiente, notándose esto aun más al observar detenidamente los anclajes de las cerchas o correas a los apoyos (vigas o muros).

- La gran mayoría del cielo raso falso suspendido y los sistemas de iluminación no se encuentran bien apoyados, ni adecuadamente arriostrados, aunque estos son de tipo liviano.

- Adicionalmente se revisaron las posibles amenazas geotécnicas y el desempeño de la cimentación. Las estructuras no muestran desplazamientos excesivos de su cimentación tal como asentamientos o hinchamientos.

- En la revisión de la cimentación, se estudió el fenómeno de volcamiento, analizando la relación entre la dimensión horizontal efectiva del sistema de resistencia sísmica a nivel de cimentación con respecto a la altura de la edificación (base/altura > a 1.4 Av). En este caso se cuenta con edificaciones de muy baja altura.

- En cuanto a posibles deslizamientos, se observó que las edificaciones se encuentran apoyadas sobre un terreno plano. No existen laderas en las zonas adyacentes al lote.

- Finalmente se revisó el riesgo de licuefacción y la existencia de suelos saturados, granulares que puedan poner en peligro el desempeño sísmico de la edificación.

Se llevó a cabo la evaluación **FEMA 178** y se encontraron varias deficiencias estructurales tal como se ilustró en la sección anterior. Esta evaluación se diseñó para determinar donde quedan localizadas las zonas débiles y vulnerables de la estructura y nos sirve para determinar si se requieren estudios más detallados. Los criterios descritos en las secciones anteriores se utilizan para comparar los requisitos de diseño y construcción que existían en la época que se construyeron las edificaciones con los requisitos de diseño sísmico actuales.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

En resumen, se puede concluir del análisis anterior que la trayectoria de cargas es directa, las cargas básicamente se transfieren de las placas o cubiertas a los muros y de estos directamente a la cimentación. Adicionalmente no se tienen irregularidades de masa ni geométricas, por consiguiente la torsión generada es mínima. No existen edificios vecinos que puedan poner en peligro la integridad estructural de las edificaciones en caso de golpeteo durante un sismo. En las cubiertas en general se observó un apoyo o anclaje deficiente de las correas o cerchas sobre los muros o vigas.

Finalmente no se encontró ningún tipo de amenaza geotécnica que pueda poner en riesgo la integridad estructural de las edificaciones; no hay peligro de deslizamientos y no se muestran asentamientos apreciables. El potencial de licuefacción del suelo es

intermedio a bajo. Ninguna de las edificaciones presenta riesgo de volcamiento debido a su baja altura.

Basados en las deficiencias halladas anteriormente se recomienda y concluye que la interacción de los muros de mampostería de las fachadas y los interiores no presentará inconvenientes mayores a las columnas y vigas (cambios de rigidez, columnas cortas, etc.) ya que por ser estructuras con cubiertas livianas, tienen masas pequeñas y por ende las fuerzas sísmicas que se generan en dichos elementos son menores. Por el contrario, dichos muros en las edificaciones de un solo nivel se comportan como de mampostería confinada; sin embargo la estructura carece de elementos de arriostramiento lateral para los muros portantes.

En cuanto a los anclajes de soportes de cubiertas livianas, se debe poner especial atención a los apoyos, anclando adecuadamente los soportes de cerchas y correas a las vigas perimetrales de cubierta o cintas de remate de muros.

Se recomienda llevar a cabo estudios y análisis más detallados en aspectos tales como el arriostramiento lateral adecuado de los muros de mampostería, tanto interiores como de fachada, y en el aseguramiento y anclaje de correas de cubierta.

Se deben reparar adecuadamente las vigas de concreto que muestran deterioro visible y corrosión del acero de refuerzo mediante procedimientos convencionales.

El muro de cerramiento posterior (Foto 25) no cuenta con arriostramiento lateral adecuado y presenta peligro de colapso parcial en caso de movimientos del terreno.

Por último, se deben modificar y mejorar las condiciones de apoyo y amarre de la pérgola localizada en el acceso principal, ya que, presenta peligro para la integridad física del personal del **HOSPITAL**, así como de los visitantes en el caso de un movimiento sísmico moderado.

ATC-21/ (NEHRP Map Areas 3,4, Moderate)

Rapid Visual Screening of Seismically Hazardous Buildings

Address CARRERA 107 # 73A-08 011

— Zip —

Other Identifiers —

No. Stories UNO (1) Year Built

Inspector CARLOS PALOMINO Date FEB/2000

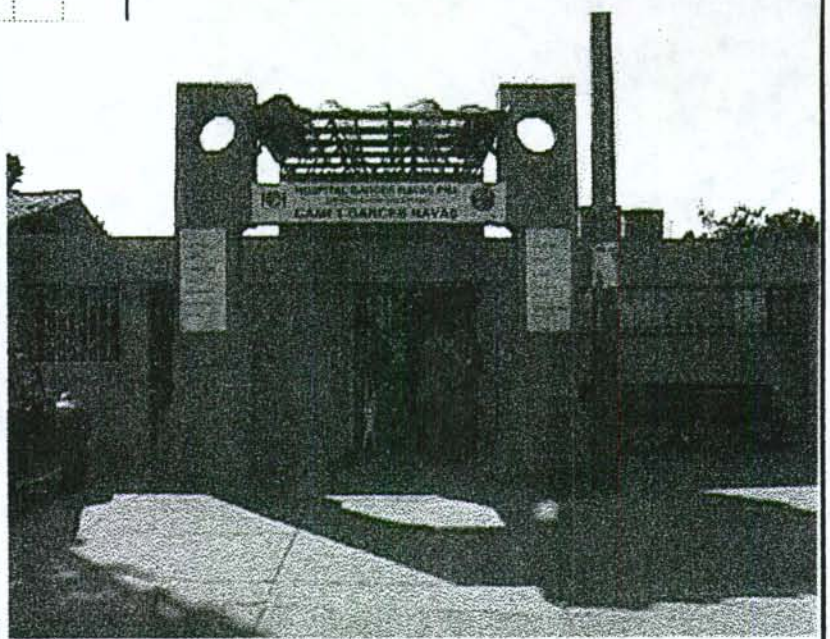
Total Floor Area (sq. ft) 650 m²

Building Name HOSPITAL GARCES NAVAS

Use HOSPITAL - CENTRO DE SALUD.

(Peel-off label)

- EDIFICACION EN UN PISO EN MUROS DE MAMPOSTERIA NO CONFINADA (REFORZADA).



Scale:

OCCUPANCY	
Residential	No. Persons
Commercial	
Office	0-10
Industrial	11-100
Pub. Assem.	100+
School	
Govt. Bldg.	
Emer. Serv.	
Historic Bldg.	

Non Structural Falling Hazard ☑

DATA CONFIDENCE

* - Estimated, Subjective, or Unreliable Data

DNK - Do Not Know

STRUCTURAL SCORES AND MODIFIERS

BUILDING TYPE	W	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3/S5 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM	URM
Basic Score	6.0	4.0	3.0	6.0	4.0	3.0	3.5	2.0	3.5	2.0	3.5	2.0
High Rise	N/A	-1.0	-0.5	N/A	-1.0	-0.5	-1.0	-1.0	N/A	0	-0.5	-0.5
Poor Condition	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Vert. Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-0.5	-1.0	-1.0	-1.0	-0.5	-1.0
Soft Story	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-1.0
Torsion	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Plan Irregularity	-1.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Pounding	N/A	-0.5	-0.5	N/A	-0.5	-0.5	N/A	N/A	N/A	-0.5	N/A	N/A
Large Heavy Cladding	N/A	-2.0	N/A	N/A	N/A	-1.0	N/A	N/A	N/A	-1.0	N/A	N/A
Short Columns	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	N/A	N/A
Post Benchmark Year	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0	N/A	+2.0	+2.0	+2.0	N/A
SL2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
SL3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
SL3 & 8 to 20 stories	N/A	-0.8	-0.8	N/A	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	N/A	-0.8	-0.8	-0.8

FINAL SCORE 1.5

COMMENTS SUS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES TALES COMO CIELORASO Y MUROS DIVISORIOS, ASI COMO LOS MUROS DE CARGA Y DE FACHADA (SISTEMA DE RESISTENCIA SISMICA) REQUIEREN ARRIOSTRAMIENTO Y AMARRE PARA OBTENER ESTABILIDAD.

Detailed Evaluation Required? YES NO

ATC3-46-G 30032.01

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS

ESQUEMAS DE EXPLORACION ESTRUCTURAL

PCA	Obra CENTRO DE SALUD GARCES NAVAS	Nº 2455	Fecha 16/13/01/00		013
	Item PLANTA MUROS	Calculó MLH	Revisó CPA		

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS

RESUMEN REGISTRO FOTOGRAFICO

HOSPITAL GARCES NAVAS



Foto 1. FACHADA PRINCIPAL



Foto 2. FACHADA Y ACCESO PRINCIPAL



Foto 3. FACHADA PRINCIPAL



Foto 4. ACCESO A URGENCIAS



Foto 5. ACCESO A CONSULTA EXTERNA



Foto 6. PERGOLA DE ACCESO A URGENCIAS

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS

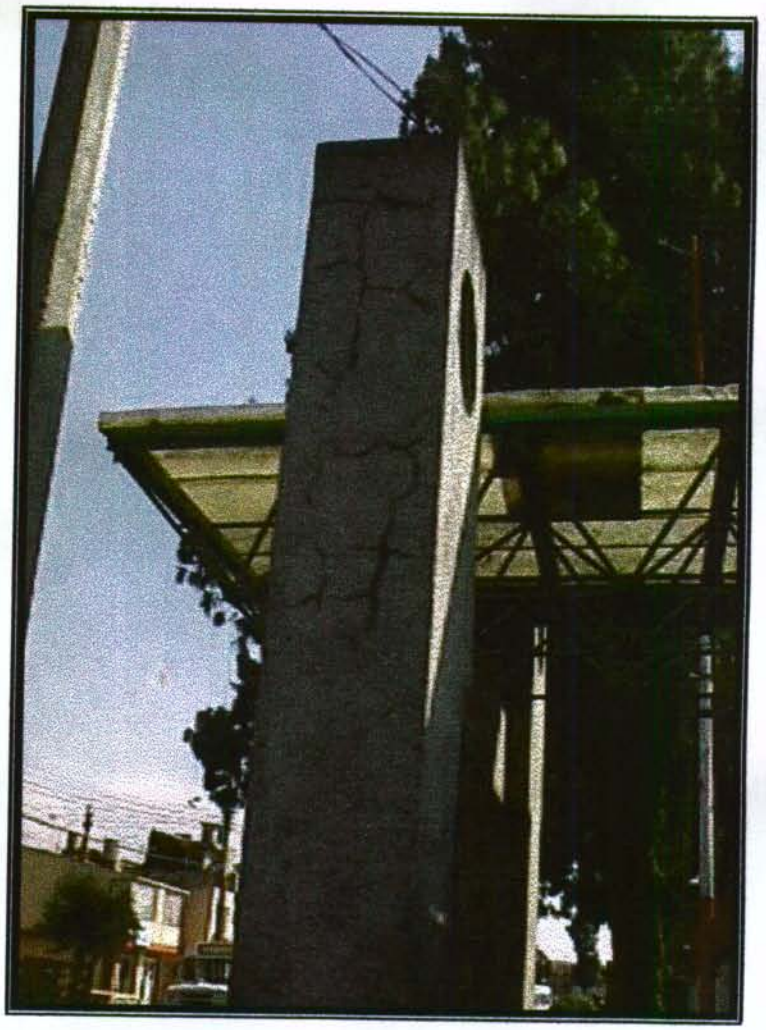


Foto 7. PORTICO DE PERGOLAS – ACCESO A URGENCIAS



Foto 8. FACHADA LATERAL



Foto 9. FACHADA LATERAL

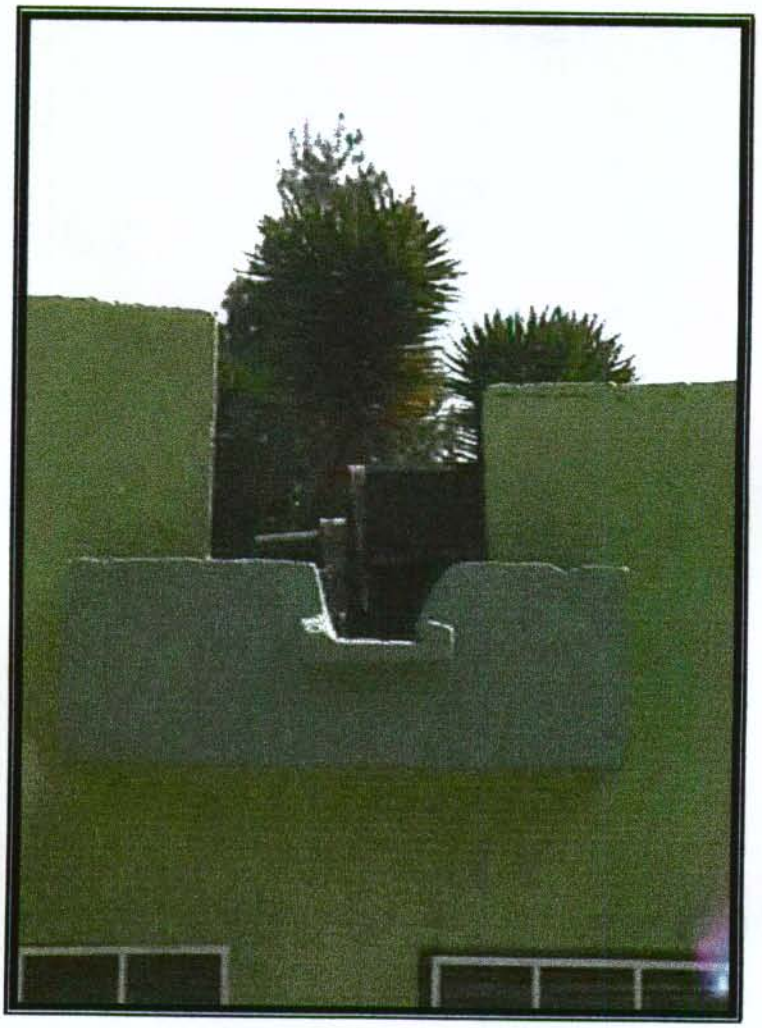


Foto 10. DETALLE VIGA CANAL (FACHADA LATERAL)



Foto 11. ESTRUCTURA PANDEADA DE SOPORTE DE CIELO RASO



Foto 12. ZONA DE CORREDOR INTERNO CONTRA SALA DE PARTOS

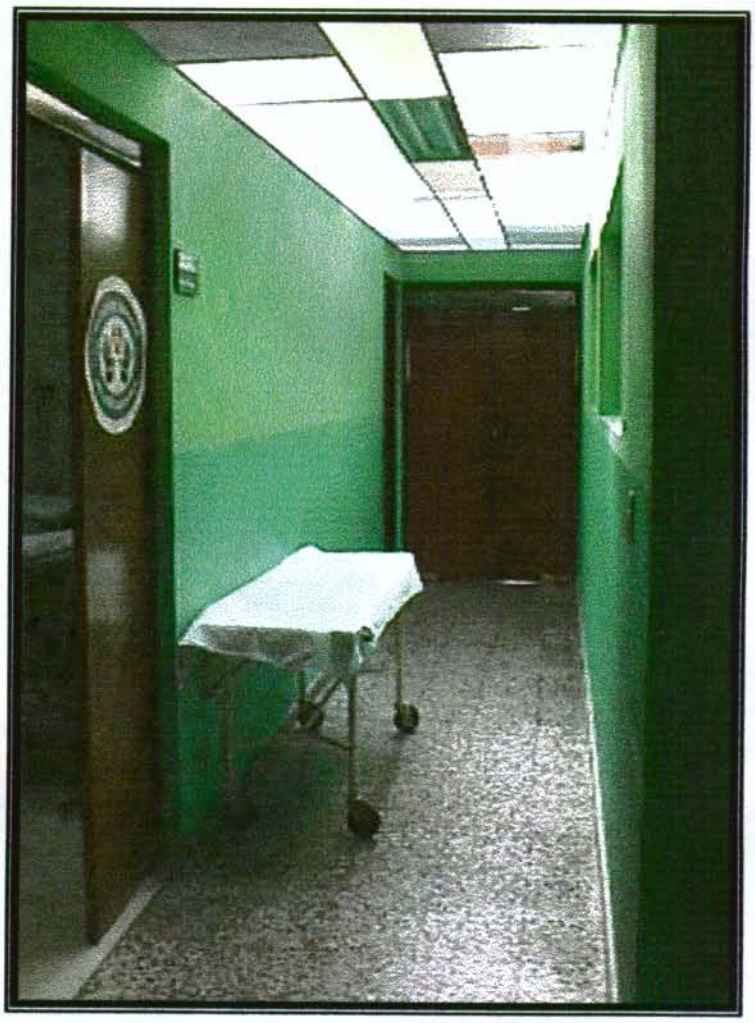


Foto 13. ZONA DE CORREDOR INTERNO CONTRA SALAS DE RECUPERACION



Foto 14. ZONA DE CORREDOR INTERNO (APOYO DEFICIENTE DE CUBIERTAS)

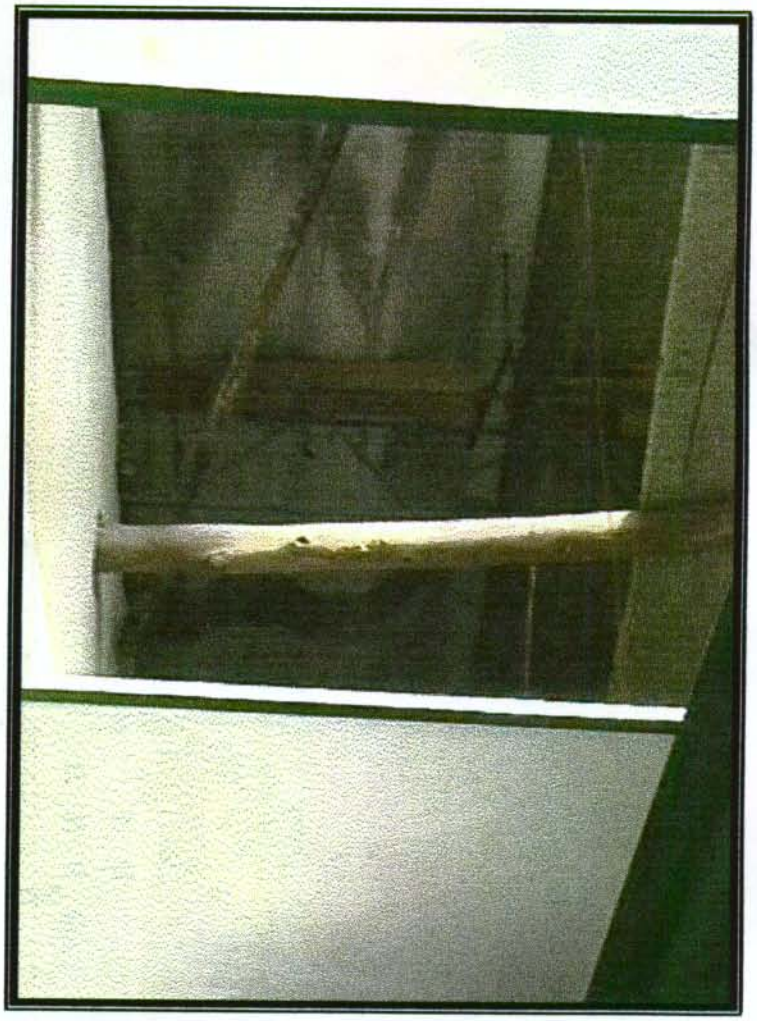


Foto 15. SOPORTE DEFICIENTE DE CANALETA CUBIERTA



Foto 16. SOPORTE DEFICIENTE DE CANALETA CUBIERTA



Foto 17.SOPORTE DEFICIENTE DE CANALETA CUBIERTA



Foto 18.SOPORTE DEFICIENTE DE CANALETA CUBIERTA



Foto 19.SOPORTE DEFICIENTE DE CANALETA CUBIERTA

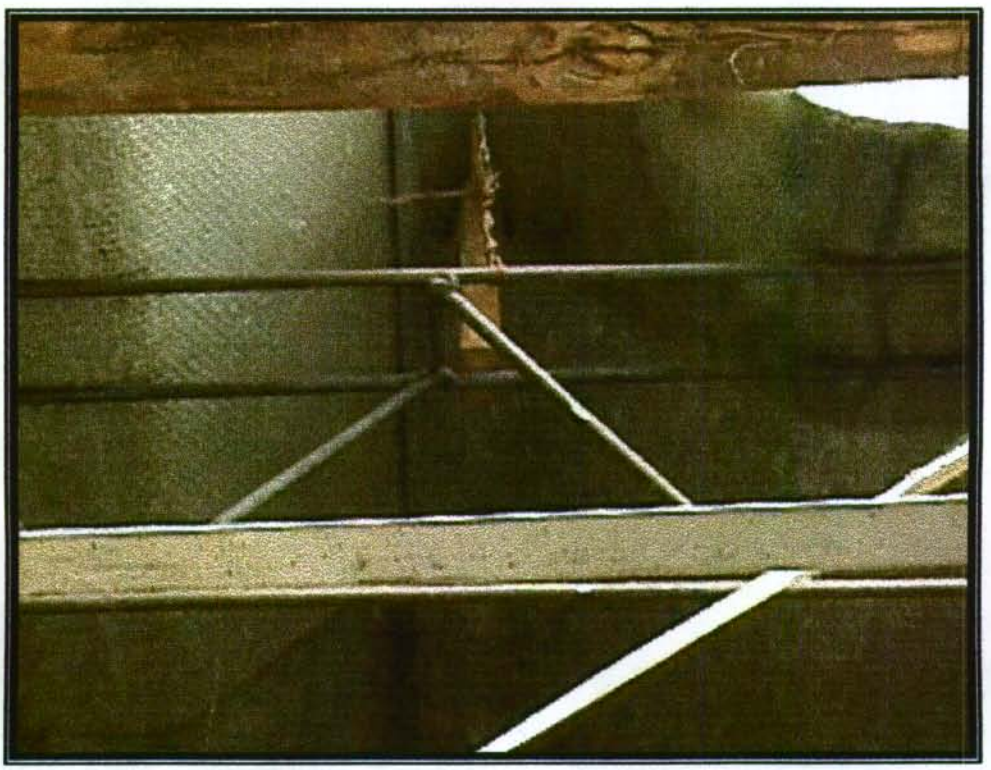


Foto 20. DETALLE DE SOPORTE DEFICIENTE EN CANALETA DE CUBIERTA

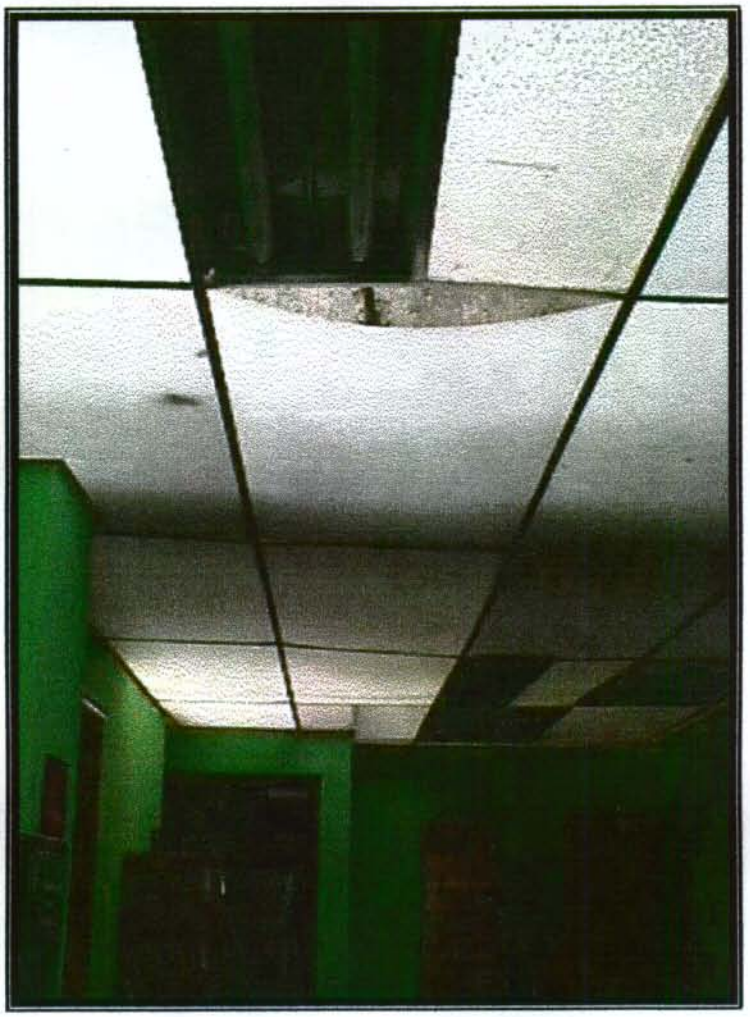


Foto 21. DETERIORO EN GRAN PARTE DE CIELO RASO



Foto 22. DETALLE DE DETERIORO Y DEFICIENCIA EN VIGAS DE CONCRETO DE CUBIERTA



Foto 23. DETALLE DE DETERIORO Y DEFICIENCIA EN VIGAS DE CONCRETO DE CUBIERTA



Foto 24. DETALLE DE DETERIORO Y DEFICIENCIA EN LA CONSTRUCCION DE VIGAS DE CUBIERTA

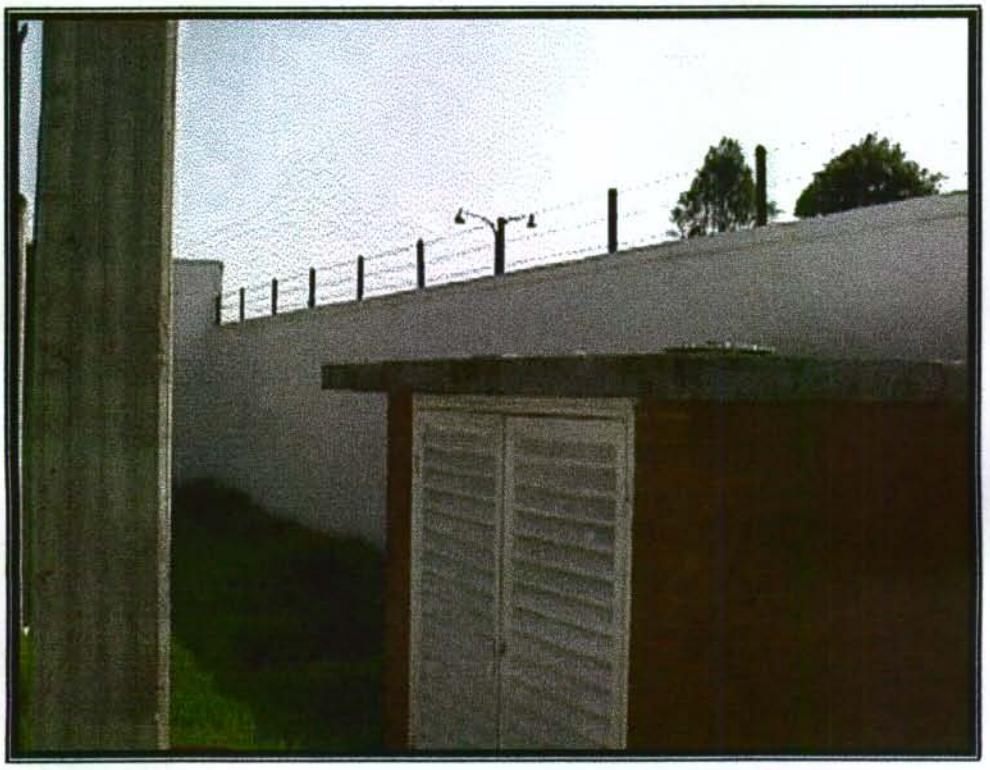


Foto 25. MURO DE CERRAMEINTO POSTERIOR SIN CONFINAMIENTO



Foto 26. MURO DE CERRAMEINTO POSTERIOR CON CONFINAMIENTO

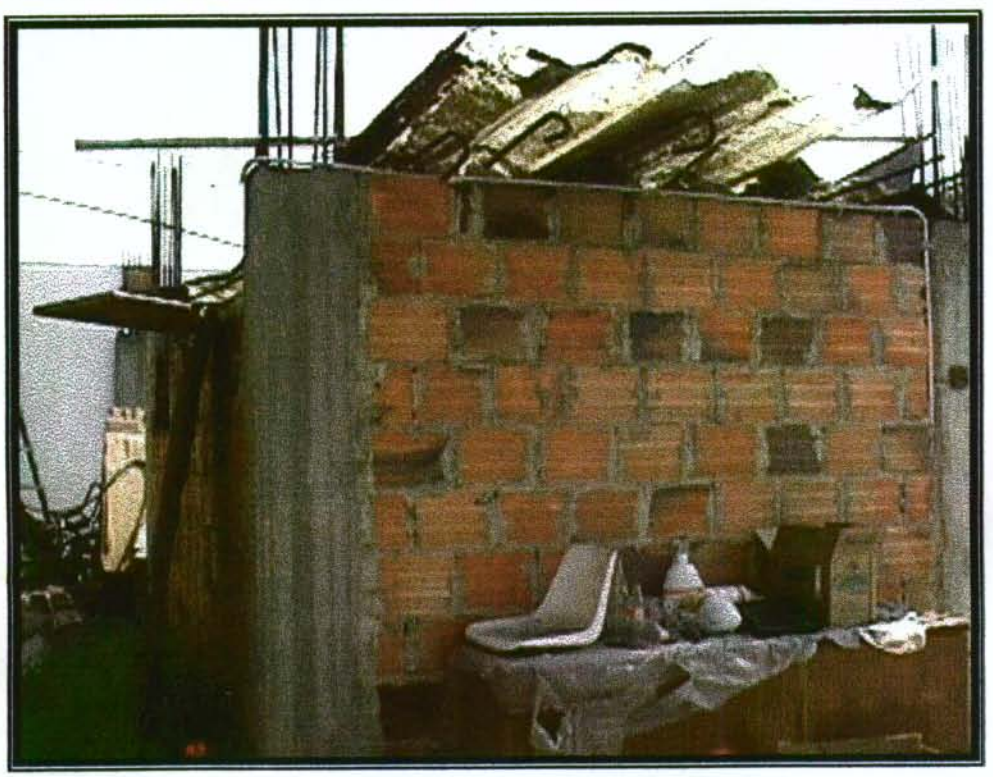


Foto 27. ZONA POSTERIOR ESTRUCTURA INCOCLUSA

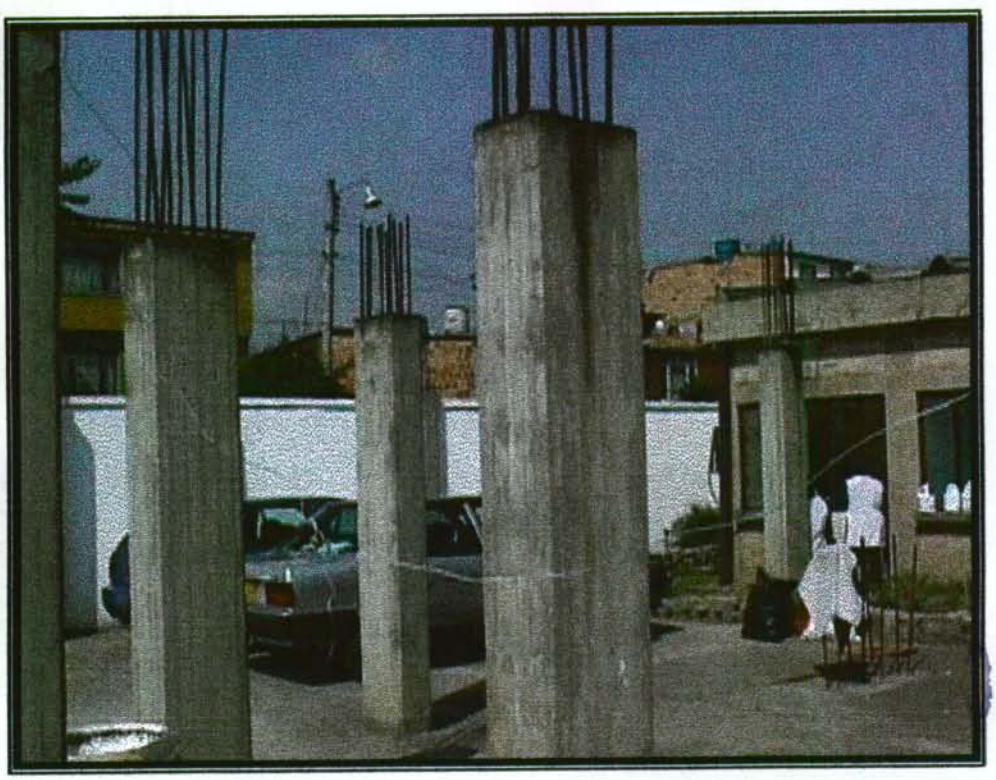


Foto 28. ZONA POSTERIOR CON ESTRUCTURA INCOCLUSA (PARQUEADERO)