

# **EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DETECTADAS EN LA ESTRUCTURA DE Ho Ao DEL HOSPITAL DE CLINICAS UBICADO EN EL PREDIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN. CAUSAS Y EVOLUCIÓN**

Ing.Sergio Gavilán <sup>1</sup>,

1. Profesor Cátedra Patología y Terapia de las Construcciones. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción. Campus Universitario (San Lorenzo-Paraguay).

## **RESUMEN**

Se trata de una construcción de 2000 m<sup>2</sup> en cuatro niveles, construida en el año 2002. En el mes de abril del 2.003 al dar inicio a los trabajos de albañilería, se detectaron, importantes fisuras en diversos niveles, lo que alerto a las autoridades del Hospital, y por lo cual solicitaron a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción, la realización de un estudio para establecer las causas de los problemas, su gravedad y posible evolución.

El trabajo consistió en el relevamiento detallado de todos los daños encontrados, la realización de ensayos de esclerometría, ultrasonido, pachometría y finalmente extracción de testigos de hormigón, determinándose así: profundidad de fisuras, posición y recubrimientos de armaduras que resisten momentos, grado de compactación y resistencia a la compresión del Hormigón.

Con los datos obtenidos fue posible realizar un recálculo de la estructura con las características que presenta y de esa forma se pudo establecer las causas probables que originaron las patologías encontradas.

## INTRODUCCIÓN

En el mes de abril del año 2003, se pretende dar inicio a trabajos de albañilería en la estructura de hormigón armado del futuro Hospital de Clínicas ubicado en el Campus Universitario de la ciudad de San Lorenzo, cuya conclusión fue en el año 2002. En esa ocasión la empresa destinada a realizar los trabajos de albañilería detectó una cantidad importante de fisuras en los cuatro niveles de la estructura de hormigón armado.

Ante tal situación, la Facultad de Medicina solicitó un trabajo de evaluación de los daños, causas y posibles consecuencias a la Facultad de Ingeniería.

### Descripción del modelo Estructural

La estructura analizada es una estructura de 4 niveles con 2.000 metros cuadrados por nivel constituido por un sistema de losas de 8x8 m apoyadas en pilares con vigas perimetrales. La estructura está fundada sobre tubulones. El fck del proyecto era de 240 Kgr/cm<sup>P2</sup>

A continuación se presenta una vista de la estructura a estudiar.



Foto 1- Vista general edificio de estudio

## 2.Desarrollo de los Trabajos

Dentro del marco de esta prestación de servicios, se realizaron las siguientes actividades.

### Relevamiento de datos

#### 2.1 Fisuras

Se procedió en primer lugar a hacer un relevamiento detallado de todas las fisuras encontradas en la estructura, las mismas fueron relevadas piso por piso, en los 2000 m<sup>2</sup> de la estructura, encontrándose una fisuración típica en todos los pisos, los espesores de las fisuras fueron medidos con ayuda de un fisurómetro y se encontraron fisuras que variaban del orden 0.3

a 1.6 mm. El total de metros lineales de fisuras relevadas fue de 994 m.

A continuación se presenta un plano de una planta donde se muestran las fisuras en uno de los bloques de la estructura de hormigón armado, así como también fotografías ilustrativa de algunas de las principales fisuras y la planilla de relevamiento de uno de los bloques.

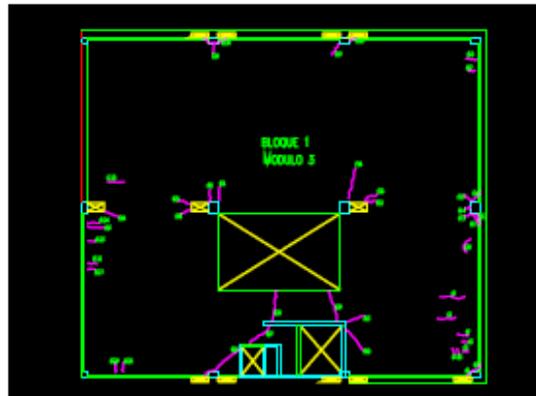


Fig 1 – Fisuras en Bloque 1



Foto 2 – Fisura en losa



Foto 3- Fisura en losa



Foto 4-Fisura en losa

Identificación de fisuras MODULO 2

Fisura N°	Espesor Mayor (mm)	Espesor Menor (mm)	Longitud (cm)
36	0,80	0,08	83
37	0,30	0,05	96
38	0,70	0,09	74
39	0,65	0,12	78
40	1,35	0,15	190
41	1,85	0,12	64
42	0,30	0,10	109
43	0,35	0,05	60
44	0,35	0,05	140
45	0,45	0,11	66
46	0,95	0,05	68
47	1,00	0,07	150
48	2,55	0,15	123
49	2,60	0,07	92
50	0,80	0,40	134
51	0,95	0,30	109
52	1,70	0,30	220
53	0,65	0,07	105
54	3,10	0,06	104
55	1,55	0,06	60
56	0,70	0,05	110
57	1,85	0,11	84
58	1,75	0,40	30
59	0,95	0,40	21
60	1,55	0,11	60
61	0,65	0,15	60
62	1,70	0,09	167
63	0,65	0,10	103
64	2,30	0,65	104
65	0,70	0,07	105
66	0,70	0,05	99
67	1,60	0,05	210
68	1,75	0,05	107
69	1,50	0,05	40
70	3,20	0,05	218
71	0,95	0,05	140
72	0,40	0,05	107
73	0,95	0,07	97
74	0,95	0,05	120
75	1,85	0,55	100
76	1,90	0,06	79
77	0,25	0,06	86
78	3,05	0,10	83
79	0,95	0,05	111
131	0,95	0,05	70
132	0,85	0,06	34
133	0,40	0,05	28
134	1,30	0,05	47

Planilla de Relevamiento de Fisuras – Modulo 2

2.2 Deformaciones

A fin de determinar si lo que aparentaba como una deformación de la losa, era una deformación o era solamente una deformación del encofrado dibujado por la losa, se realizaron las mediciones de las mismas con ayuda de un nivel en distintos puntos de la losa, a saber el centro y los cuatro extremos de la losa según se muestra en el esquema a continuación.

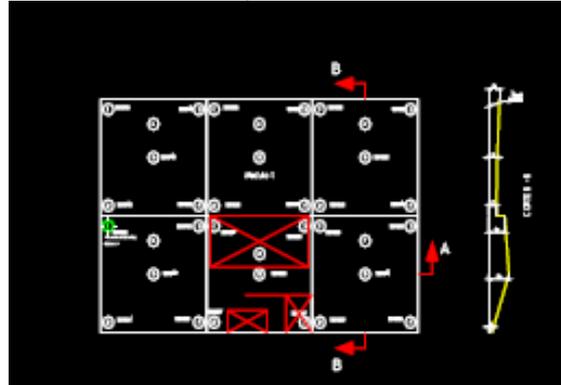


Fig 2. Esquema de Medición para la Nivelación de la Losa

Los resultados de la medición topográfica para verificar la nivelación, indico que no existía deformación de la misma, sino imperfecciones del encofrado utilizado que se reflejaba en la losa.

2.4 Resistencia del Hormigón

Con el objeto de poder determinar la resistencia a compresión del hormigón se realizaron ensayos de esclerometría, ultrasonido y extracción de testigos. En la planta que se encuentra a continuación se indican los lugares donde se realizaron los ensayos.



2.4.1 Esclerometria

Se realizaron ensayos de esclerometría en los lugares indicados en los planos con el objetivo principal de verificar la uniformidad del hormigón en los tres bloques de la estructura.

2.4.2 Ultrasonido

Se realizaron ensayos de ultrasonido, por un lado, para verificar la calidad de la

compactación del hormigón, y por otro lado, para verificar la profundidad de las fisuras que se encontraron.

Los resultados que arrojaron ambos ensayos son los siguientes:

**Ensayos en Losas**

Modulo	Cantidad de Zonas de Ensayo		Resultados	
	Esclerometría	Ultrasonido	N	V (km/s)
1	6	6	40	3,73
2	5	5	43	3,59
3	6	6	43	3,68

**Ensayos en Pilares**

Modulo	Cantidad de Zonas de Ensayo		Resultados	
	Esclerometría	Ultrasonido	N	V (km/s)
1	1	1	40	4,0
2	1	1	39	3,9
3	1	1	39	3,6

Tabla 1 – Resultados ensayos no destructivos

Las fisuras ensayadas para conocer su profundidad fueron las siguientes:

**ENSAYO DE ULTRASONIDO PARA MEDICION DE LA PROFUNDIDAD DE LAS FISURAS**

Modulo	Fisura Nro	Distancia cm	Tiempo en Zona (us)		Profundidad de la Fisura cm
			Sana	Fisurada	
3	13	7	37,7	109,1	10,1
3	16	7	41,2	155,1	13,2
3	24	7	54,4	82	4,0
3	26	7	40,4	123,1	10,7
3	28	7	28,1	175,4	21,8
3	29	7	32,3	147,2	16,0
3	30	7	37,2	102,3	9,6
3	31	7	41,6	96,4	8,1
3	34	7	37,8	78,5	7,1
3	123	7	47,8	65,7	4,8

**2.4.3 Extracción de Testigos**

Se realizaron cinco extracciones de testigos para conocer la resistencia in situ del hormigón a esa edad determinada, que entregan los siguientes valores:

ZONA	TESTIGO Nro	TENSION CORREGIDA Kgr/cm <sup>2</sup>
Modulo 1	1	189,55
Modulo 1	2	185,10
Modulo 2	4	193,50
Modulo 3	5	220,70
Modulo 3	6	228,60

**2.5 Pachometría**

Atendiendo al esquema estructural de trabajo de las losas de la estructura, las dimensiones (8x8m) y que se producen esfuerzos importantes en las zonas de los pilares, la determinación de las posiciones de las armaduras es fundamental en lo referido a las posiciones y direcciones de las armaduras. Con la ayuda del pachómetro se realizaron esas verificaciones encontrándose la siguiente situación en las armaduras positivas y en las zonas de armaduras negativas, así como en la zona de los agujeros próximos a los pilares que

se indican en la planta, para verificar la posición de los perfiles.

Modulo	Armaduras Positivas	Recubrimiento cm	Armaduras Negativas	Recubrimiento cm	Observaciones
1 y 3	Conforme al plano	2	Conforme al plano	7 y 8	Se detecta la presencia del perfil solo en la zona de ductos. Sin armadura negativa que apoye. El perfil tiene un recubrimiento de 4 cm.
2	Conforme al plano	2	Conforme al plano	7 y 8	No se detecta perfiles

**3. Procesamiento de datos**

Los resultados del ensayo de esclerometría nos indican que el hormigón es uniforme en los 3 bloques. Atendiendo que la norma ASTM T 805 establece que hasta una diferencia de 2.5 en el índice esclerométrico se puede considerar que estamos hablando de un mismo hormigón.

Conforme a los valores obtenidos mediante el ensayo de ultrasonido, se verifica que el hormigón posee una calidad aceptable.

Los resultados de ensayo de ultrasonido con relación a la profundidad de las fisuras, nos indican que las fisuras, tienen una profundidad importante ya que varían de 4 a 23 cm de profundidad.

Los valores de resistencia del hormigón procedente de los testigos, nos indican que la resistencia del hormigón a los efectos de verificar el cumplimiento del Fck es del orden de...208 Kgr/cm<sup>2</sup> (Modulo 1), 227 Kgr/cm<sup>2</sup> (Modulo 2) y 265 Kgr/cm<sup>2</sup> (Modulo 3)

**3. 1 Evaluación Estructural**

Dentro del equipo de trabajo, conformado en la facultad de Ingeniería, el Prof. Ing. Vidal Galeano fue el responsable de realizar la evaluación estructural, con toda la información proveída con los datos relevados procesados. Tal es así, que al realizar una evaluación con la resistencia del hormigón encontrada y las secciones de acero halladas, además de las secciones geométricas, se comprobó que la estructura presentaba una situación que no era satisfactoria para las condiciones de uso para la que fue proyectada. Prueba de ello eran todas las fisuras encontradas, que coincidían con los sectores donde se producían los esfuerzos máximos en cada losa. A saber las zonas de punzonamiento próximo a los pilares y las zonas de momento máximos de empotramiento en las losas.

**4 . Conclusión final**

- o La estructura analizada presenta una resistencia de hormigón inferior a la especificada en el proyecto.

- Las secciones de acero encontradas en la losa se corresponden con las secciones estipuladas en el proyecto ejecutivo de la estructura, sin embargo, la posición de las armaduras negativas en la zona de los pilares de apoyo de las vigas se encontraban a 7 cm por debajo del lugar donde estaban especificadas. Por lo tanto la colaboración para la sección resistente en dicha zona es prácticamente nula.

En las actuales condiciones, la estructura no puede ser utilizada.

De no realizarse una reparación de la estructura, los daños conforme transcurra el tiempo irán avanzando, puesto que la gran cantidad de fisuras existentes y las profundidades de muchas de ellas estarán facilitando un camino de acceso al oxígeno para el contacto directo con las armaduras lo que provocará la corrosión de armaduras con el tiempo.

Deberá elaborarse un proyecto de refuerzo de la estructura en donde en un primer paso deberá realizarse la reparación integral de todas las fisuras encontradas.