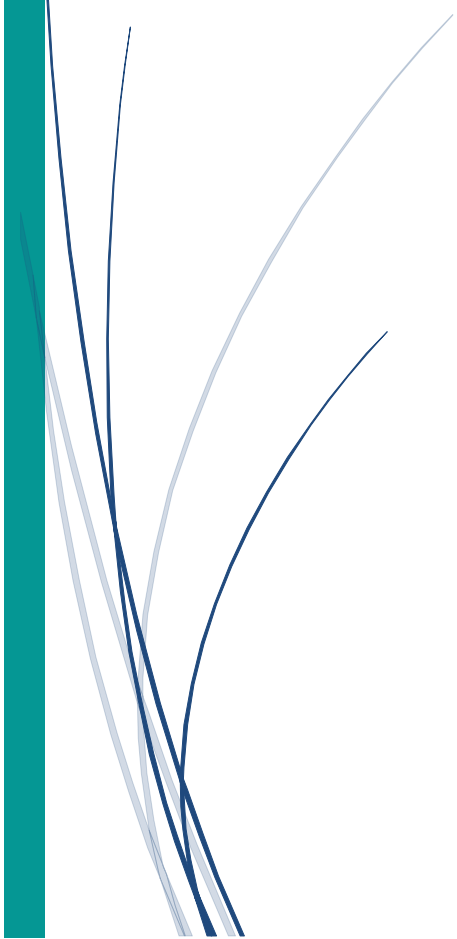


INFORME ESTUDIOS DE
PATOLOGIA EN PLACA
CONJUNTO RESIDENCIAL TORRES DE
HAYUELOS

11-12-2025



CONTENIDO

Introducción	1
OBJETIVO	2
ALCANCE DEL ESTUDIO	2
Inspección visual	4
Ensayos realizados	5
Ensayos destructivos – Extracción de núcleos	5
Ensayos no destructivos – Esclerometría	5
Ensayos de potencial de corrosión	6
Ensayos de carbonatación	6
Ensayos de ultrasonido	6
Análisis y diagnóstico estructural	12
1.1 Análisis del proceso de carbonatación del concreto	12
1.2 Análisis de la resistencia superficial del concreto – Ensayos de esclerometría	12
1.3 Análisis del estado del acero de refuerzo – Ensayos de potencial de corrosión	13
1.4 Análisis de la homogeneidad y calidad del concreto – Ensayos de ultrasonido	13
1.5 Análisis de la resistencia a compresión – Ensayo de falla de núcleos	13
1.6 Diagnóstico estructural general	14
Alternativas de rehabilitación	14
Alternativa 1 – Reforzamiento con fibras de carbono SikaWrap®-600	14
ALTERNATIVA 2- INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE LAMINADOS DE FIBRA DE CARBONO SIKA® CARBODUR®	19
ALTERNATIVA 3 – REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE VIGAS METÁLICAS TIPO IPE	20
Recomendación técnica	24
Conclusiones finales	25

INTRODUCCIÓN

El Conjunto Residencial Torres de Hayuelos presenta afectaciones en la placa estructural correspondiente al techo del sótano del segundo nivel, las cuales se manifiestan principalmente mediante filtraciones de agua provenientes de la piscina ubicada en el nivel superior. Dichas filtraciones han generado preocupación respecto al estado actual del concreto, y del acero, la posible pérdida de capacidad estructural y la durabilidad de los elementos constructivos afectados.

Ante esta situación, la administración del conjunto decide contratar a la firma JIP Topografía, con el fin de realizar los estudios técnicos y diagnósticos pertinentes que permitan evaluar de manera objetiva las condiciones actuales de la

placa de concreto. Estos estudios buscan identificar la dureza del concreto, la corrosión del concreto y del acero, estos estudios nos permiten determinar el grado de deterioro del concreto y de los elementos asociados, así como establecer si existen patologías estructurales o constructivas derivadas de la exposición prolongada a la humedad.

Como resultado de esta consultoría, se pretende contar con un diagnóstico técnico confiable que permita definir las alternativas constructivas más viables para la rehabilitación de la placa, garantizando criterios de seguridad estructural, funcionalidad, durabilidad y cumplimiento de la normativa técnica vigente. Asimismo, el estudio servirá como base para la toma de decisiones informadas respecto a las intervenciones necesarias, los métodos de reparación recomendados y las medidas preventivas que eviten la recurrencia de este tipo de patologías en el futuro.

OBJETIVO

Realizar un diagnóstico técnico integral del estado actual de la placa estructural correspondiente al techo del sótano del segundo nivel del Conjunto Residencial **Torres de Hayuelos**, afectada por filtraciones provenientes de la piscina ubicada en el nivel superior, mediante la evaluación de las condiciones del concreto y del acero de refuerzo, con el fin de determinar el grado de deterioro existente y definir las alternativas constructivas más viables para su rehabilitación, garantizando la seguridad estructural, la durabilidad y el cumplimiento de la normativa técnica vigente.

En particular, se busca:

1. Evaluar el estado actual de la placa estructural correspondiente al techo del sótano del segundo nivel, afectada por filtraciones de agua provenientes de la piscina ubicada en el nivel superior.
2. Determinar las propiedades mecánicas del concreto, en particular su dureza y condición general, mediante la aplicación de ensayos y metodologías técnicas apropiadas.
3. Identificar la presencia y el grado de deterioro del concreto asociado a la exposición prolongada a la humedad, incluyendo fisuración, segregación, pérdida de recubrimiento u otras patologías constructivas.
4. Evaluar el estado del acero de refuerzo, identificando posibles procesos de corrosión, pérdida de sección o disminución de su capacidad resistente.
5. Establecer la relación entre las filtraciones detectadas y los mecanismos de deterioro observados en la placa estructural y sus elementos asociados.
6. Determinar si las afectaciones identificadas comprometen la capacidad estructural, la funcionalidad o la durabilidad de la placa.
7. Proponer alternativas técnicas y constructivas viables para la rehabilitación de la placa estructural, de acuerdo con el nivel de deterioro identificado y las condiciones actuales del elemento.
8. Definir lineamientos generales de intervención y medidas preventivas que permitan mitigar la recurrencia de filtraciones y patologías similares en el futuro.
9. Garantizar que las recomendaciones técnicas y alternativas de rehabilitación propuestas cumplan con la normativa técnica vigente y con criterios de seguridad estructural.

ALCANCE DEL ESTUDIO

El alcance del presente estudio comprende la evaluación técnica de los elementos estructurales asociados al área afectada por filtraciones en la placa maciza correspondiente al segundo nivel del parqueadero del Conjunto Residencial

Torres de Hayuelos. La evaluación se concentró principalmente en las zonas donde se evidencian afectaciones visibles por humedad, así como en áreas adyacentes que no presentan deterioro aparente, con el fin de contar con elementos de comparación que permitan un análisis integral del estado de la estructura.

Dentro de los elementos evaluados se incluye la placa estructural del segundo nivel del parqueadero en las zonas directamente impactadas por las filtraciones provenientes de la piscina ubicada en el nivel superior. Adicionalmente, se evaluó una viga estructural localizada en el área del primer sótano, la cual aparentemente cumple la función de refuerzo de la misma placa maciza y presenta relación directa con la zona afectada.

Las áreas evaluadas contemplan tanto elementos estructurales con signos evidentes de deterioro como elementos considerados sanos, permitiendo realizar una comparación técnica entre las condiciones del concreto y del acero de refuerzo en distintas zonas de la estructura. Este enfoque comparativo facilita la identificación del grado de afectación, la extensión del deterioro y la influencia de las filtraciones sobre el desempeño estructural de los elementos analizados.

El estudio se limita a la evaluación visual y a la ejecución de los ensayos definidos en el alcance de la consultoría, sin incluir análisis de rediseño estructural, los cuales podrán ser definidos en etapas posteriores con base en los resultados obtenidos.



Imagen de elementos a intervenir.

INSPECCIÓN VISUAL

Como primera etapa de la metodología de evaluación, se realizó una inspección visual detallada de los elementos estructurales objeto del estudio, la cual permitió identificar de manera preliminar las patologías presentes en la placa maciza del segundo nivel del parqueadero y en la viga de refuerzo ubicada en el primer sótano.

Durante esta inspección se evidenció que la placa presenta signos visibles de deterioro, tales como desprendimiento superficial de material, desagregación del concreto y presencia de corrosión tanto en la matriz del concreto como en el acero de refuerzo expuesto. Al contacto manual se constató la pérdida de material, evidenciando una disminución de la cohesión superficial del concreto y un estado avanzado de oxidación en el acero en las zonas afectadas.

Adicionalmente, en las áreas donde se identifican filtraciones activas se observaron manchas de eflorescencia, las cuales indican la acumulación prolongada de humedad y la migración de sales solubles a la superficie del concreto. Estas manifestaciones patológicas son indicativas de procesos de deterioro asociados a la presencia constante de agua y a la posible pérdida de las propiedades de protección del recubrimiento del acero.

Las patologías descritas se evidenciaron tanto en la losa de la placa estructural como en la viga que actúa como elemento de refuerzo, lo cual sugiere que las filtraciones no afectan únicamente un elemento puntual, sino que tienen incidencia directa sobre el conjunto estructural evaluado.

La información obtenida durante la inspección visual sirvió como base para la definición de los puntos de ensayo, la selección de las metodologías de evaluación posteriores y el análisis integral del estado actual de los elementos estructurales.

ENSAYOS REALIZADOS

Con el fin de obtener un diagnóstico integral y confiable del estado de la placa estructural y de la viga asociada, se realizaron ensayos destructivos y no destructivos tanto en la placa maciza del segundo nivel del parqueadero como en la viga de refuerzo ubicada en el primer sótano. La selección de los ensayos y de los puntos de intervención se definió con base en los resultados de la inspección visual, considerando zonas afectadas y zonas sanas para efectos comparativos.

ENSAYOS DESTRUCTIVOS – EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS

Se realizó la extracción de **dos núcleos de concreto**, uno en la viga estructural y otro en la placa, con el objetivo de determinar de manera directa las propiedades mecánicas del material y evaluar su condición interna. Los núcleos extraídos fueron debidamente rotulados y enviados a un laboratorio certificado por el **Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC)**, específicamente al laboratorio **IDICOL**, donde se efectuaron los ensayos de resistencia a la compresión conforme a la normativa técnica aplicable.

Los resultados obtenidos a partir del fallo de los núcleos permitieron establecer valores reales de resistencia del concreto y comparar el comportamiento del material en relación con las condiciones observadas en campo.

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS – ESCLEROMETRÍA

Se realizaron **cuatro (4) ensayos de esclerometría** con el propósito de evaluar la dureza superficial del concreto y su uniformidad en diferentes zonas de los elementos estructurales. Los puntos de medición fueron los siguientes:

- Un ensayo en el área sana de la viga, denominada **V-S.N.**
- Un ensayo en el área afectada de la viga con pérdida de sección.
- Un ensayo en el área de la losa con pérdida de sección.
- Un ensayo en el área de la losa con filtración localizada.

Estos ensayos permitieron identificar variaciones en la calidad superficial del concreto y establecer comparaciones entre zonas afectadas y no afectadas por procesos de deterioro.

ENSAYOS DE POTENCIAL DE CORROSIÓN

Con el fin de evaluar la probabilidad de corrosión del acero de refuerzo, se realizaron **cuatro (4) ensayos de potencial de corrosión**, distribuidos de la siguiente manera:

- Dos ensayos en la viga estructural:
 - Uno en el área afectada, denominada **V-A.F.**
 - Uno en el área sana, denominada **V-S.N.**
- Dos ensayos en la losa:
 - Uno en el área con pérdida de sección, correspondiente a la zona de mayor afectación.
 - Uno en el área con filtración localizada.

Los resultados obtenidos permitieron analizar la relación entre la presencia de humedad, la pérdida de recubrimiento y el avance de los procesos corrosivos del acero de refuerzo.

ENSAYOS DE CARBONATACIÓN

Se realizaron **cuatro (4) ensayos de carbonatación**, con el objetivo de determinar la profundidad de carbonatación del concreto y evaluar la pérdida de alcalinidad del material, factor directamente asociado a la corrosión del acero. La distribución de los ensayos fue la siguiente:

- Dos ensayos realizados sobre los núcleos extraídos (un ensayo por cada núcleo).
- Un ensayo en el área de la viga con pérdida de sección.
- Un ensayo en el área de la losa con pérdida de sección.

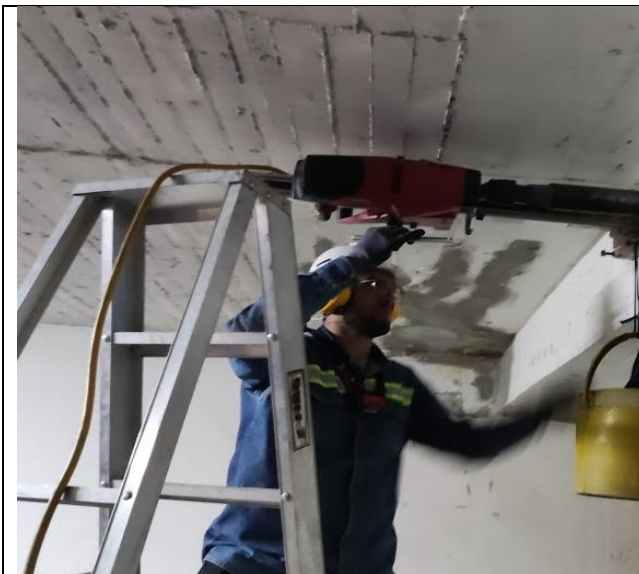
Estos ensayos permitieron establecer si el frente de carbonatación ha alcanzado o superado el recubrimiento del acero, incrementando el riesgo de corrosión.

ENSAYOS DE ULTRASONIDO

Finalmente, se ejecutaron **cuatro (4) pruebas de ultrasonido** para evaluar la homogeneidad, continuidad y calidad interna del concreto. Los ensayos se realizaron en los siguientes puntos:

- Dos ensayos en las áreas donde se efectuó la extracción de núcleos.
- Un ensayo en el área de la losa con filtración localizada.
- Un ensayo en el área afectada de la viga.

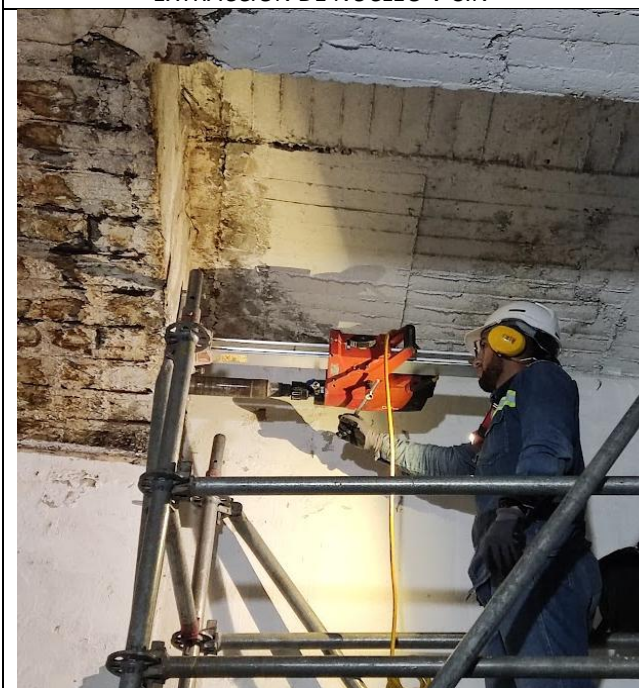
Los resultados del ultrasonido permitieron identificar posibles discontinuidades internas, fisuración no visible y variaciones en la calidad del concreto, complementando la información obtenida mediante los ensayos destructivos y demás ensayos no destructivos.



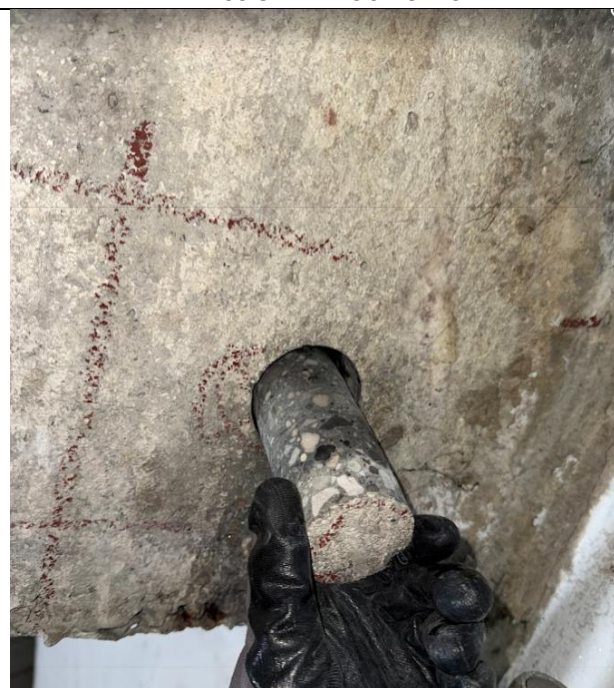
EXTRACCION DE NUCLEO V-S.N



EXTRACCION DE NUCLEO V-S.N



EXTRACCION DE NUCLEO EN LOSA



EXTRACCION DE NUCLEO EN LOSA



PRUEBA DE CARBONATACION V-A.F



PRUEBA DE CARBONATACION V-S.N



PRUEBA DE CARBONATACION AREA CON PERDIDA DE SECCION EN LOSA



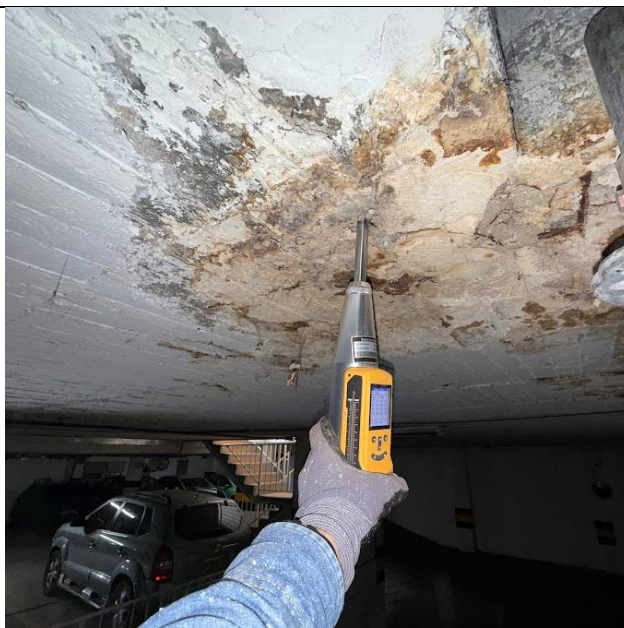
PRUEBA DE CARBONATACION SEGUNDA MUESTRA DE NUCLEO



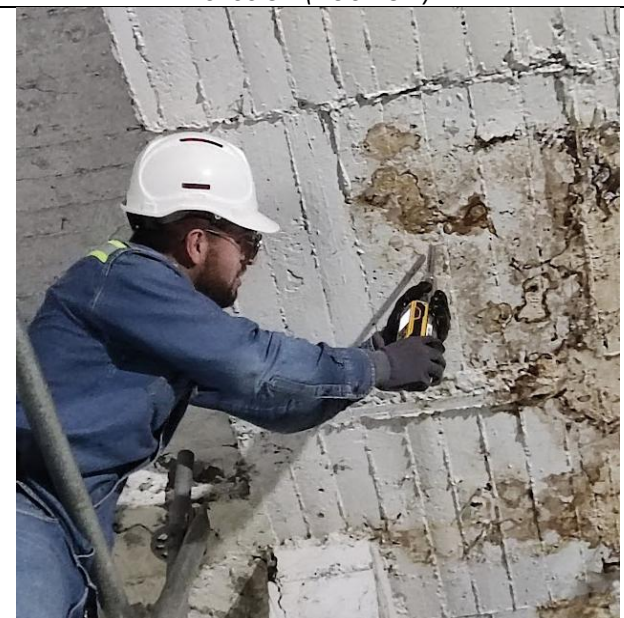
PRUEBA DE ESCLEROMETRIA V-S.N (NUCLEO 1)



PRUEBA DE ESCLEROMETRIA AREA CON PERDIDA DE SECCION (NUCLEO 2)



PRUEBA DE ESCLEROMETRIA AREA CON PERDIDA DE SECCION ZONA INFERIOR DE LA LOSA



PRUEBA DE ESCLEROMETRIA AREA DE LOSA CON HUMEDAD LOCALIZADA



PRUEBA DE POTENCIAL DE CORROSION V-A.F



PRUEBA DE POTENCIAL DE CORROSION V-S.N



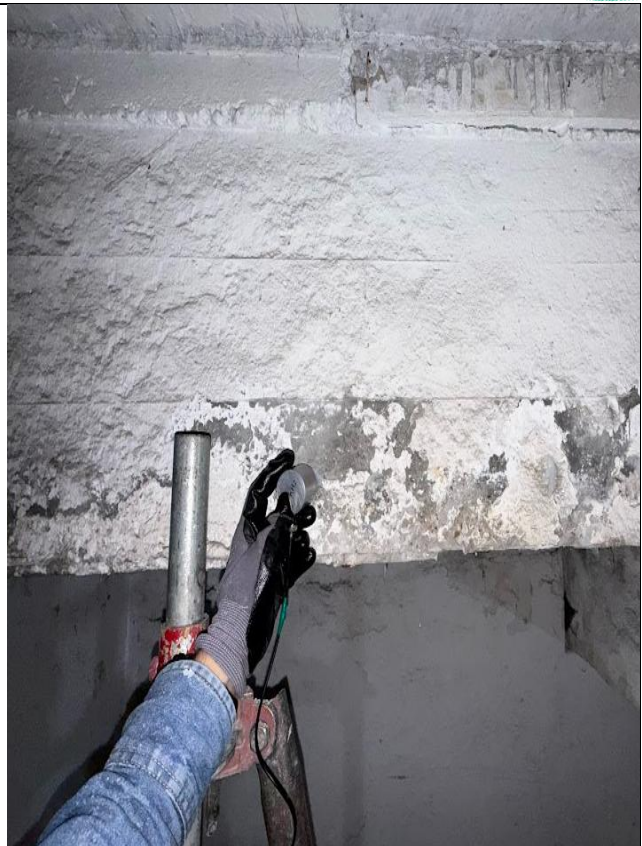
*PRUEBA DE POTENCIAL DE CORROSION AREA CON
PERDIDA DE SECCION*



*PRUEBA DE POTENCIAL DE CORROSION AREA DE LOSA
CON HUMEDAD LOCALIZADA*



PRUEBA DE ULTRASONIDO EN V-A.F



PRUEBA DE ULTRASONIDO AREA DE LOSA CON FILTRACION LOCALIZADA



PRUEBA DE ULTRASONIDO AREA CON PERDIDA DE SECCION



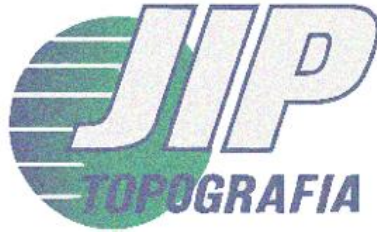
PRUEBA DE ULTRASONIDO AREA CON PERDIDA DE SECCION

Bogotá, Colombia

PROYECTO: *Torres de Hayuelos I (Bogotá – Cundinamarca)*

PROYECTO:
Torres de Hayuelos I
Cra. 92 # 17B - 35
(Bogotá – Cundinamarca)

CARBONATACIONES



**DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551**

PROYECTO: Torres de Hayuelos I - Cra. 92 #17B - 35 (Bogotá)

Muestra: C-1

Descripción: V-S.N

Localización: **Fecha de Ensayo:** 4/12/25



Pofundidad de carbonatación (cm):	1,6	1,4	1,3
Promedio de Afectación (cm):	1,4		

OBSERVACIONES: _____

Carlos A. Mora S.
Ejecutó:

Nicolás A. Correa
Revisó:



DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551

PROYECTO: Torres de Hayuelos I - Cra. 92 #17B - 35 (Bogotá)

Muestra: C-2

Descripción: V-A.F

Localización: **Fecha de Ensayo:** 4/12/25



Pofundidad de carbonatación (cm):			
Promedio de Afectación (cm):			

OBSERVACIONES: El elemento se encuentra totalmente afectado

Carlos A. Mora S.
Ejecutó:

Nicolás A. Correa
Revisó:



**DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551**

PROYECTO: Torres de Hayuelos I - Cra. 92 #17B - 35 (Bogotá)

Muestra: C-3

Descripción: Área con pérdida de sección

Localización: **Fecha de Ensayo:** 4/12/25



Pofundidad de carbonatación (cm):	2,4	2,8	2,6
Promedio de Afectación (cm):	2,6		

OBSERVACIONES: _____

Carlos A. Mora S.
Ejecutó:

Nicolás A. Correa
Revisó:



DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551

PROYECTO: Torres de Hayuelos I - Cra. 92 #17B - 35 (Bogotá)

Muestra: C-4

Descripción: Área con pérdida de sección

Localización: **Fecha de Ensayo:** 4/12/25



Pofundidad de carbonatación (cm):			
Promedio de Afectación (cm):			

OBSERVACIONES: El elemento se encuentra totalmente afectado

Carlos A. Mora S.
Ejecutó:

Nicolás A. Correa
Revisó:

Bogotá, Colombia

PROYECTO: *Torres de Hayuelos I (Bogotá – Cundinamarca)*

PROYECTO:
Torres de Hayuelos I
Cra. 92 # 17B – 35
(Bogotá – Cundinamarca)

ESCLEROMETROS



MÉTODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO
NORMA DE ENSAYO NTC 3692

PROYECTO: Torres de Hayuelos I

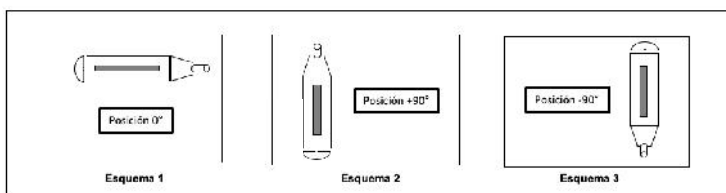
DIRECCIÓN: Cra. 92 # 17B-35

CIUDAD: Bogotá

FECHA DE ENSAYO: 04-11-2025

SERIAL EQUIPO: CT-320A

Ensayo	LOCALIZACION	LECTURAS				PROMEDIO BRUTO	DESVIACION ESTANDAR	RANGO		PROMEDIO AJUSTADO	RESISTENCIA DEDUCIDA (psi)	RESISTENCIA DEDUCIDA (kgf/cm ²)	RESISTENCIA DEDUCIDA (MPa)	ESQUEMA
		32	31	29	31									
1	V-S.N (Núcleo 1)	31	30	26	29	29,6	1,46	28,1	31,0	27,8	2860	201	19,7	1
		28	31	29	29									
		28	30	30	29									
		39	38	37	42									
2	Área con pérdida de sección (Núcleo 2)	37	38	35	35	39,1	2,73	36,3	41,8	36,8	4950	348	34,1	1
		42	41	36	37									
		44	41	41	42									
		22	21	28	32									
3	Área con pérdida de sección	32	31	28	24	27,4	4,55	22,8	31,9	25,8	1500	105	10,3	2
		19	26	24	29									
		24	30	33	35									
		29	36	40	32									
4	Área de losa con humedad localizada	45	34	38	28	36,0	4,87	31,1	40,9	33,9	3225	227	22,2	2
		37	41	40	34									
		29	43	35	35									



Carlos A. Mora S.
Ejecutó

Nicolás A. Correa
Revisó

Bogotá, Colombia

PROYECTO: *Torres de Hayuelos I (Bogotá – Cundinamarca)*

PROYECTO:
Torres de Hayuelos I
Cra. 92 # 17B – 35
(Bogotá – Cundinamarca)

POTENCIAL DE CORROSIÓN



POTENCIAL DE CORROSIÓN DE BARRA DE ACERO

Project	Torres de Hayuelos I - (Bogotá)			Amount of object	1
Structure type	Viga	Entrusting date	4/12/25	Amount of valid object	1
Examiner	V-A.F				
Model	ZBL-C310A	Serial number	C22105007E	Sample	P-1

Object No.:1																		
(cm)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340
0	-488	-487	-494	-487	-496	-489	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5	-494	-506	-499	-485	-493	-497	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10	-496	-498	-498	-499	-496	-496	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15	-505	-523	-501	-498	-503	-500	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20	-496	-499	-511	-521	-506	-505	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
25	-492	-490	-506	-538	-521	-525	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
30	-515	-525	-510	-539	-532	-550	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
35	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
45	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
55	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Datos de Detección						
(cm)	0	20	40	60	80	100
0	-488	-487	-494	-487	-496	-489
5	-494	-506	-499	-485	-493	-497
10	-496	-498	-498	-499	-496	-496
15	-505	-523	-501	-498	-503	-500
20	-496	-499	-511	-521	-506	-505
25	-492	-490	-506	-538	-521	-525
30	-515	-525	-510	-539	-532	-550

Carlos A. Mora S.
Ejecutó

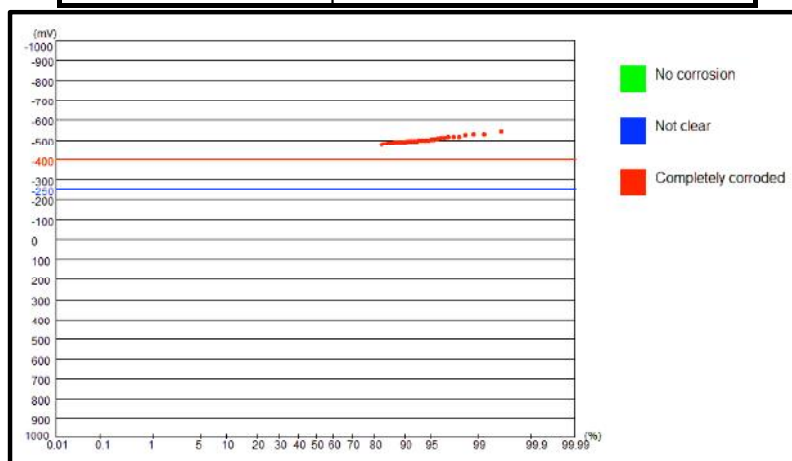
Nicolas A. Correa
Revisó



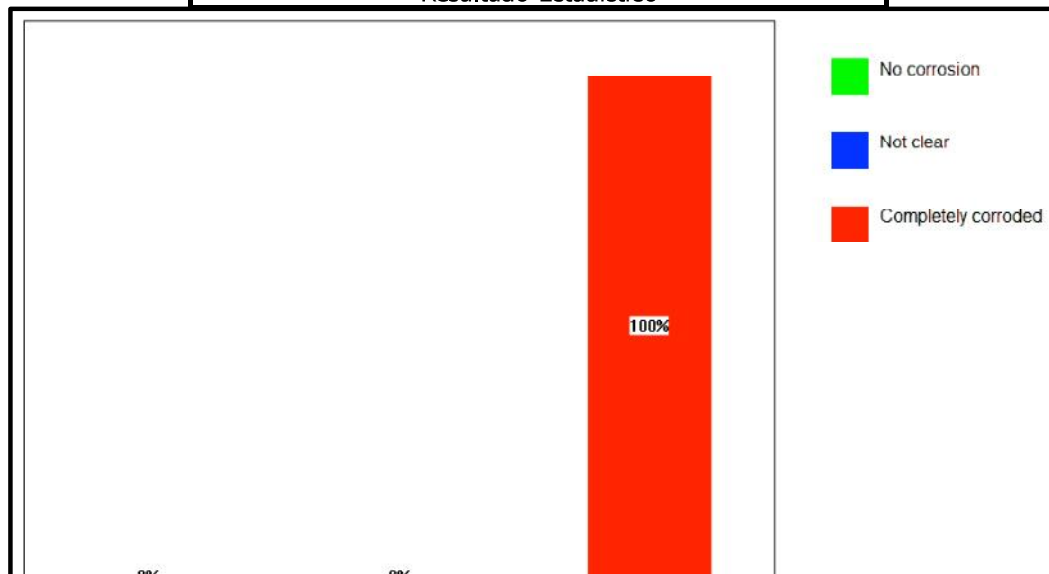
POTENCIAL DE CORROSIÓN DE BARRA DE ACERO

Project	Torres de Hayuelos I - (Bogotá)			Amount of object	1
Structure type	Viga	Entrusting date	4/12/25	Amount of valid object	1
Examiner	V-A.F				
Model	ZBL-C310A	Serial number	C22105007E	Sample	P-1

Mapa de Frecuencia



Resultado Estadístico



Carlos A. Mora S.
Ejecutó

Nicolas A. Correa
Revisó



POTENCIAL DE CORROSIÓN DE BARRA DE ACERO

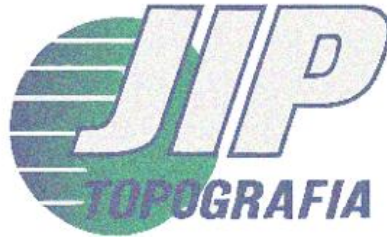
Project	Torres de Hayuelos I - (Bogotá)			Amount of object	2
Structure type	Viga	Entrusting date	4/12/25	Amount of valid object	2
Examiner	V-S.N				
Model	ZBL-C310A	Serial number	C22105007E	Sample	P-2

Object No.:2																		
(cm)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340
0	-209	-203	-216	-242	-214	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5	-220	-222	-247	-295	-224	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10	-214	-216	-216	-210	-309	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15	-206	-205	-227	-219	-324	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20	-215	-308	-226	-321	-321	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
25	-213	-315	-311	-322	-316	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
30	-395	-211	-209	-333	-319	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
35	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
45	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
55	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Datos de Detección					
(cm)	0	20	40	60	80
0	-209	-203	-216	-242	-214
5	-220	-222	-247	-295	-224
10	-214	-216	-216	-210	-309
15	-206	-205	-227	-219	-324
20	-215	-308	-226	-321	-321
25	-213	-315	-311	-322	-316
30	-395	-211	-209	-333	-319

Carlos A. Mora S.
Ejecutó

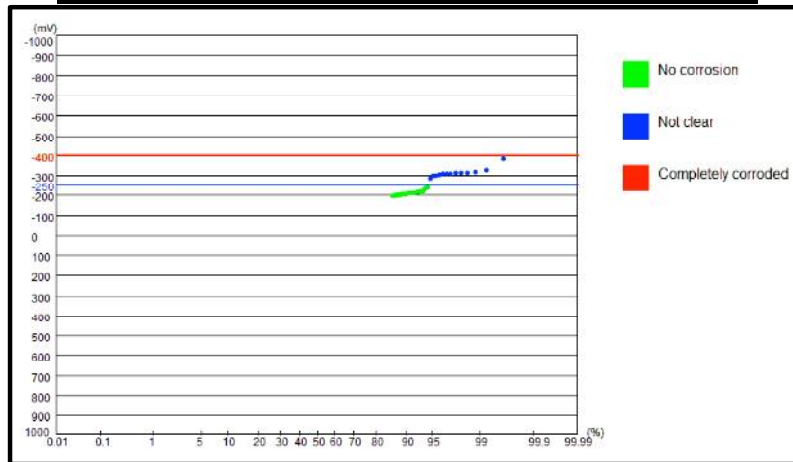
Nicolas A. Correa
Revisó



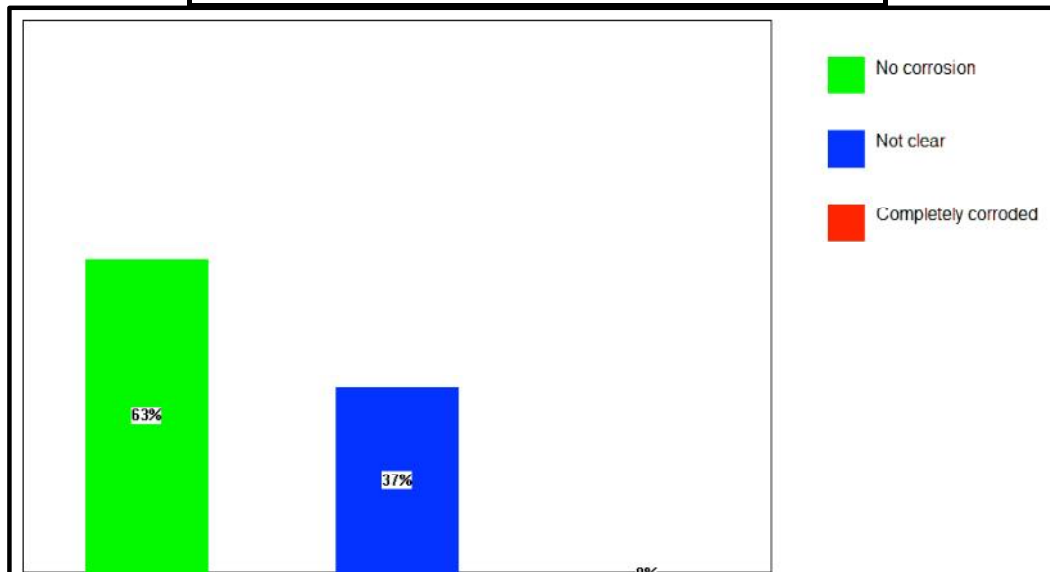
POTENCIAL DE CORROSIÓN DE BARRA DE ACERO

Project	Torres de Hayuelos I - (Bogotá)			Amount of object	2
Structure type	Viga	Entrusting date	4/12/25	Amount of valid object	2
Examiner	V-S.N				
Model	ZBL-C310A	Serial number	C22105007E	Sample	P-2

Mapa de Frecuencia



Resultado Estadístico



Carlos A. Mora S.
Ejecutó

Nicolas A. Correa
Revisó



POTENCIAL DE CORROSIÓN DE BARRA DE ACERO

Project	Torres de Hayuelos I - (Bogotá)			Amount of object	3
Structure type	Losa	Entrusting date	4/12/25	Amount of valid object	3
Examiner	Área con perdida de sección				
Model	ZBL-C310A	Serial number	C22105007E	Sample	P-3

Object No.:3																		
(cm)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340
0	-476	-467	-469	-470	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5	-471	-473	-470	-475	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10	-476	-464	-477	-476	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15	-477	-474	-476	-476	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20	-475	-476	-474	-477	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
25	-476	-474	-473	-474	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
30	-475	-471	-474	-473	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
35	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
45	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
55	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Datos de Detección					
(cm)	0	20	40	60	80
0	-476	-467	-469	-470	
5	-471	-473	-470	-475	
10	-476	-464	-477	-476	
15	-477	-474	-476	-476	
20	-475	-476	-474	-477	
25	-476	-474	-473	-474	
30	-475	-471	-474	-473	

Carlos A. Mora S.
Ejecutó

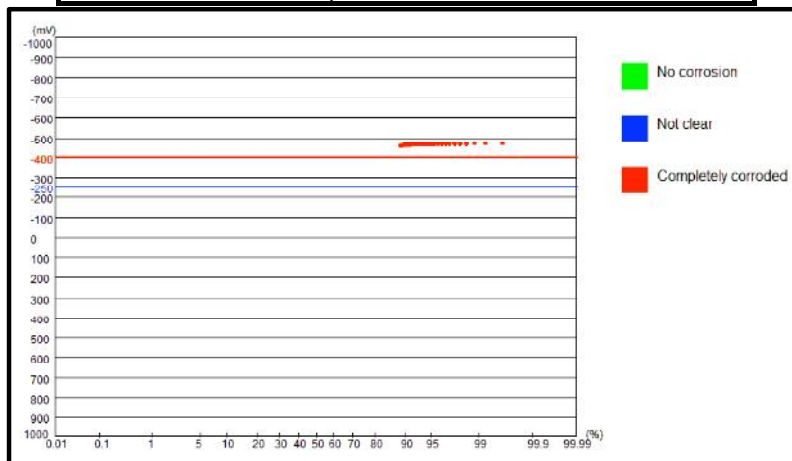
Nicolas A. Correa
Revisó



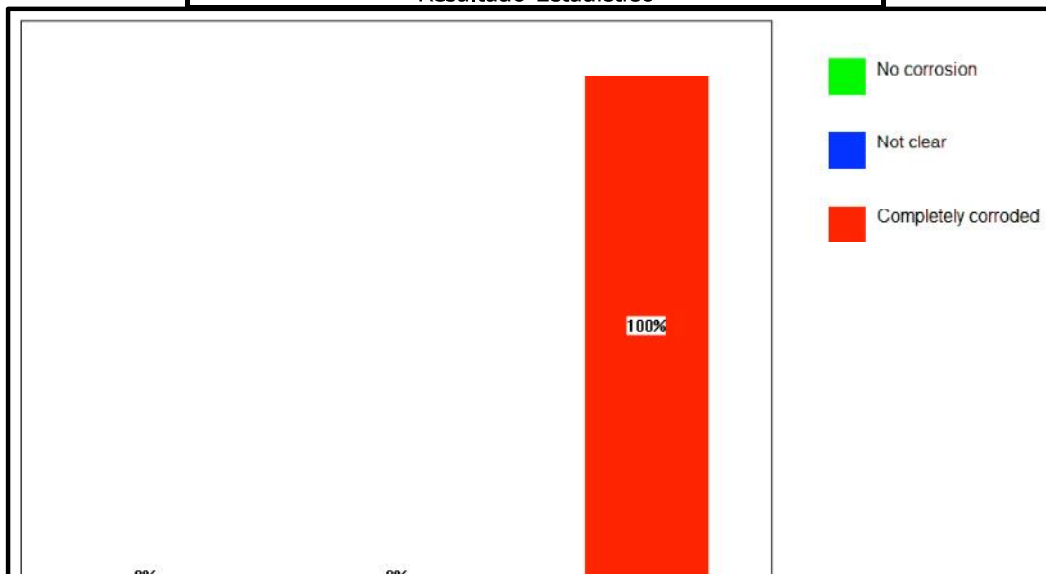
POTENCIAL DE CORROSIÓN DE BARRA DE ACERO

Project	Torres de Hayuelos I - (Bogotá)			Amount of object	3
Structure type	Losa	Entrusting date	4/12/25	Amount of valid object	3
Examiner	Área con pérdida de sección				
Model	ZBL-C310A	Serial number	C22105007E	Sample	P-3

Mapa de Frecuencia



Resultado Estadístico



Carlos A. Mora S.
Ejecutó

Nicolas A. Correa
Revisó



POTENCIAL DE CORROSIÓN DE BARRA DE ACERO

Project	Torres de Hayuelos I - (Bogotá)			Amount of object	4
Structure type	Losa	Entrusting date	4/12/25	Amount of valid object	4
Examiner	Área de losa con humedad localizada				
Model	ZBL-C310A	Serial number	C22105007E	Sample	P-4

Object No.:4																		
(cm)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340
0	-185	-184	-296	-185	-282	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5	-185	-194	-182	-176	-286	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10	-288	-293	-181	-102	-385	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15	-386	-289	-282	-186	-383	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20	-388	-386	-382	-382	-381	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
25	-385	-388	-383	-387	-384	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
30	-396	-385	-383	-384	-386	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
35	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
45	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
55	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Datos de Detección					
(cm)	0	20	40	60	80
0	-185	-184	-296	-185	-282
5	-185	-194	-182	-176	-286
10	-288	-293	-181	-102	-385
15	-386	-289	-282	-186	-383
20	-388	-386	-382	-382	-381
25	-385	-388	-383	-387	-384
30	-396	-385	-383	-384	-386

Carlos A. Mora S.
Ejecutó

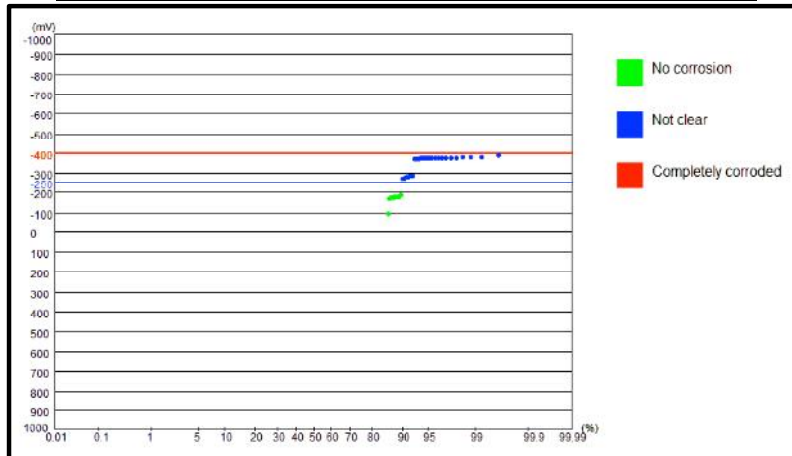
Nicolas A. Correa
Revisó



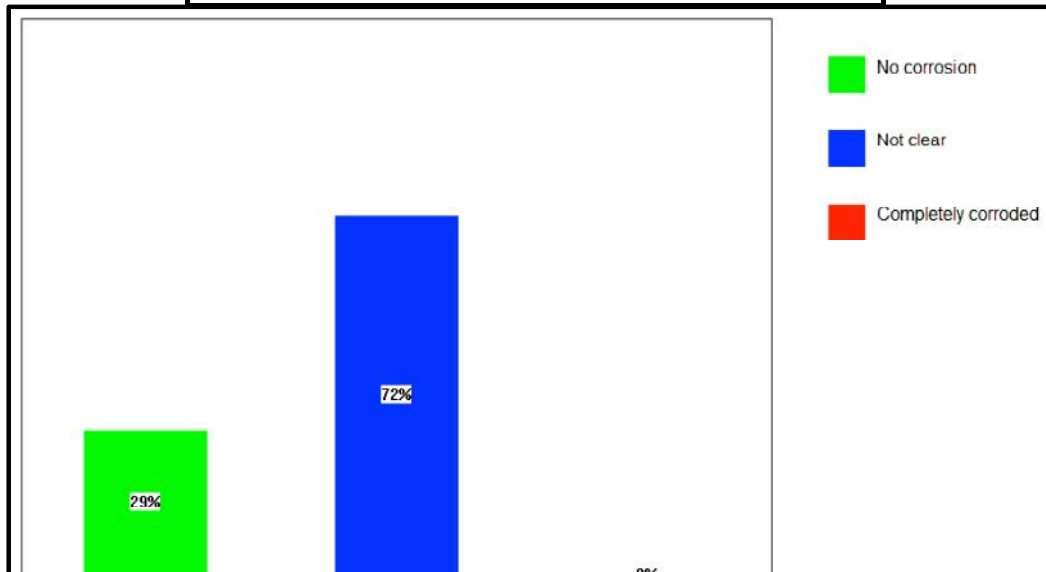
POTENCIAL DE CORROSIÓN DE BARRA DE ACERO

Project	Torres de Hayuelos I - (Bogotá)			Amount of object	4
Structure type	Losa	Entrusting date	4/12/25	Amount of valid object	4
Examiner	Área de losa con humedad localizada				
Model	ZBL-C310A	Serial number	C22105007E	Sample	P-4

Mapa de Frecuencia



Resultado Estadístico



Carlos A. Mora S.
Ejecutó

Nicolas A. Correa
Revisó

Bogotá, Colombia

PROYECTO: *Torres de Hayuelos I (Bogotá – Cundinamarca)*

PROYECTO:
Torres de Hayuelos I
Cra. 92 # 17B – 35
(Bogotá – Cundinamarca)

ULTRASONIDOS



PROYECTO: Torres de Hayuelos
Cra. 92 # 17B-35 (Bogotá)

Fecha: 18/11/25

DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE ONDA DE ULTRASONIDO

NORMA DE ENSAYO ASTM - 597

ELEMENTO: V-S.N (Núcleo 1)

Ensayo: U-1

Lectura	Distancia [m]	Tiempo [μs]	Ubicación Lectura	Velocidad m/s
1	0,13	66,1	Semirecta - Toma 1	1937,97
2	0,11	33,7	Semirecta - Toma 2	3356,08
3	0,12	25,3	Semirecta - Toma 3	4758,89
4	0,12	27,1	Semirecta - Toma 4	4442,80
Promedio				3623,94
Clasificación del concreto según su velocidad ultrasónica				Cuestionable

DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE ONDA DE ULTRASONIDO

NORMA DE ENSAYO ASTM - 597

ELEMENTO: V-A.F

Ensayo: U-2

Lectura	Distancia [m]	Tiempo [μs]	Ubicación Lectura	Velocidad m/s
1	0,14	46,7	Semirecta - Toma 1	3027,84
2	0,14	41,9	Semirecta - Toma 2	3374,70
3	0,14	47,5	Semirecta - Toma 3	2976,84
4	0,14	48,1	Semirecta - Toma 4	2939,71
PROMEDIO				3079,77
Clasificación del concreto según su velocidad ultrasónica				Cuestionable

DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE ONDA DE ULTRASONIDO

NORMA DE ENSAYO ASTM - 597

ELEMENTO: Área con perdida de sección (Núcleo 2)

Ensayo: U-3

Lectura	Distancia [m]	Tiempo [μs]	Ubicación Lectura	Velocidad m/s
1	0,12	28,8	Semirecta - Toma 1	4239,58
2	0,12	43,3	Semirecta - Toma 2	2819,86
3	0,12	29,1	Semirecta - Toma 3	4195,88
4	0,12	54,5	Semirecta - Toma 4	2240,37
PROMEDIO				3373,92
Clasificación del concreto según su velocidad ultrasónica				Cuestionable

Observaciones:

Carlos A. Mora V.
EJECUTO:

Nicolas A. Correa
REVISÓ:



PROYECTO: Torres de Hayuelos
Cra. 92 # 17B-35 (Bogotá)

Fecha: 18/11/25

DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE ONDA DE ULTRASONIDO

NORMA DE ENSAYO ASTM - 597

ELEMENTO: Área de losa con humedad localizada

Ensayo: U-4

Lectura	Distancia [m]	Tiempo [μs]	Ubicación Lectura	Velocidad m/s
1	0,11	31,2	Semirecta - Toma 1	3407,05
2	0,10	34,3	Semirecta - Toma 2	2915,45
3	0,09	31,8	Semirecta - Toma 3	2899,37
4	0,11	32,4	Semirecta - Toma 4	3518,52
Promedio				3185,10
Clasificación del concreto según su velocidad ultrasónica				Cuestionable

Observaciones:

Carlos A. Mora V.
EJECUTO:

Nicolas A. Correa
REVISÓ:

Bogotá, 11 de diciembre del 2025
ID Informe: I-0043451-2025

Señores:
JIP TOPOGRAFÍA S.A.S.

OBRA: CONJUNTO REIDENCIAL TORRES DE HAYUELOS

ID Obra: **OB-003791**

BOGOTÁ D.C

Apreciados:

El informe que presentamos a continuación muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de núcleos de concreto, las muestras extraídas corresponden a especímenes cilíndricos de concreto, en las páginas siguientes se describen los procedimientos utilizados para la ejecución de las actividades y los resultados de las pruebas.



Cordialmente



Firmado
digitalmente por
**JOHN
ALEXANDER
RODRIGUEZ**
Fecha: 2025.12.11
09:56:05 -05'00'



ING. JOHN ALEXANDER RODRÍGUEZ
Director de Ingeniería

1. MARCO CONCEPTUAL

Cuando se tienen dudas en cuanto a resistencia del concreto usado en una estructura, ya sea porque no se tomaron las respectivas muestras de control (cilindros), porque las muestras arrojan resultados inferiores a los esperados o porque el concreto muestra signos de deterioro o un aspecto que pone en duda la resistencia del concreto utilizado en la estructura, se procede a realizar ensayos sobre el concreto de la estructura que permiten determinar la resistencia del concreto utilizado.

En la norma NSR-10 título (C) parágrafo C.5.6.5, se plantea como posibilidad la extracción de núcleos y posterior ensayo de compresión para determinar un valor de resistencia muy próximo al real del concreto usado en la estructura.

Cuando se toma esta alternativa debemos entender inicialmente que los núcleos que se tomen no tendrán resistencias iguales a la expresada teóricamente, para el concreto que inicialmente fue vaciado en los elementos estructurales. Los métodos de curado, tamaños de la muestra y condiciones de obtención de estas, afectan directamente los resultados.

Si se tienen dudas y esta es la última opción, se toman núcleos de concreto, de los elementos en duda, teniendo en cuenta que, si el concreto fue utilizado en varios elementos estructurales, podemos dividir la toma de los núcleos en los elementos que considere la obra. Esto será representativo.

Los núcleos no deberían tomarse hasta tanto el concreto no haya endurecido totalmente, permitiéndonos obtener una muestra que no afecte el entramamiento entre el mortero y el agregado grueso. Usualmente 14 días, es el límite mínimo que se debería contemplar para la extracción.

El número mínimo de núcleos a tomar es tres, y estos deben representar fielmente al concreto en duda. Desde el momento de la extracción se deben tener los cuidados necesarios para la misma: Se debe contar con personal profesional en estos temas, ya que desde ahí la prueba tendrá menos condiciones que puedan afectar el resultado final.

Los diámetros de estos especímenes usualmente deben estar por encima de 55 mm; o que su diámetro sea mínimo tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso utilizado en el concreto. La longitud corresponde a dos veces el diámetro del núcleo.

Debemos decir que la longitud siempre debe estar ajustada a la medida del diámetro, sin embargo, alturas inferiores a 100 mm, pueden no ser recomendables, ya que al momento de la extracción el núcleo puede fracturarse con una longitud que no cumple la relación longitud / diámetro.

Es importante orientar al profesional que efectúe la extracción sobre las características en cuanto al acero presente en la estructura, ya que núcleos con presencia de acero en su conformación, no deben ser ensayados. Si lo vemos con una mirada crítica, el elemento en duda por resistencia no puede ser afectado adicionalmente cortando el acero de este.

Luego de la extracción del núcleo, el mismo debe ser introducido en una bolsa hermética, que no permita alteraciones de ningún tipo. Debe ser llevado al laboratorio y almacenado en las mismas condiciones que estará el elemento estructural en duda. Deben estar a temperatura ambiente, no hay que suministrarle ningún tipo de curado ya que estas condiciones pueden afectar el resultado final. Cuando el elemento en duda vaya a estar sometido a condiciones de humedad permanente, el núcleo se mantiene a temperatura ambiente, y antes del ensayo, se sumerge en agua con cal por lo menos durante 40 horas.

Cuando se toma la alternativa de utilizar este tipo de metodología para solucionar dudas de resistencia en una obra, el tratamiento que se dé a esta muestra es importante en términos generales. Luego de la extracción cortar el núcleo a la longitud requerida es una actividad que requiere toda la atención posible para no alterar el espécimen por este proceso.

Preparar la muestra para el ensayo en este caso de compresión, significa colocar una película de recubrimiento sobre las caras del núcleo, que deje perfecta el área de exposición del esfuerzo que aplicará la máquina de ensayo. El recubrimiento es un mortero no adherido o en muchos casos azufre, que puede llegar a tener la resistencia adecuada para el ensayo. Este proceso es conocido como capinado. Se debe tener en cuenta que luego de colocar esta película, el ensayo se debe realizar después de mínimo una hora. Sobra decir que la máquina de ensayo debe garantizar una velocidad constante al espécimen, en un tiempo determinado, la ruptura no debe ser inmediata y la velocidad de ensayo depende del área transversal del espécimen.

Los resultados finales son calculados con base en factores de corrección del espécimen que son conocidos como factores de esbeltez. Estos dependen básicamente de la longitud con la cual quedaron luego del corte y capinado.¹

¹ Blog 360° en concreto, examinando y tomando muestras de concreto endurecido.

2. CORTE Y COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO

El ensayo permite la evaluación de la resistencia del concreto a partir de especímenes representativos obtenidos por extracción. Esta evaluación se realiza cuando se desea conocer la resistencia a la compresión del concreto en una estructura existente.

2.1 Corte: Una vez los núcleos llegan al laboratorio son cortados con una relación longitud / diámetro de 2, se cuida que las bases del núcleo (zonas de corte) queden totalmente lisas y perpendiculares al eje longitudinal del núcleo.

2.4 Acondicionamiento a la humedad: Luego de cortados, los especímenes de concreto son almacenados durante un periodo mínimo de 5 días.

2.5 Refrentado: Antes de realizar el ensayo de compresión en los núcleos extraídos se realizó el proceso de Refrentado siguiendo los parámetros establecidos en la norma NTC 504, esto con el propósito de garantizar una adecuada distribución de los esfuerzos de la aplicación de carga.

2.6 Mediciones: Una vez fueron refrentados los núcleos estos se miden tanto en longitud como en diámetro, estas medidas se utilizan para realizar los cálculos de relación longitud/diámetro.

También se toman medidas de masa con el propósito de hacer cálculos de densidad para los diferentes especímenes objeto de ensayo.

2.7 Ensayo de resistencia a la compresión: Una vez los núcleos son refrentados y medidos, se procede a realizar el ensayo de compresión siguiendo las indicaciones establecidas en la norma NTC 673.

3. RESULTADOS DE COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO

3.1 Patrón de Fractura:

La norma técnica NTC 673 establece un modelo para caracterizar el patrón de fractura de los elementos que son sometidos a rotura por compresión, se establecen 6 tipos de patrón de fractura los cuales son los más comunes y dentro de estos encajan la mayoría de las fracturas, a continuación, se presenta el esquema planteado por la norma:

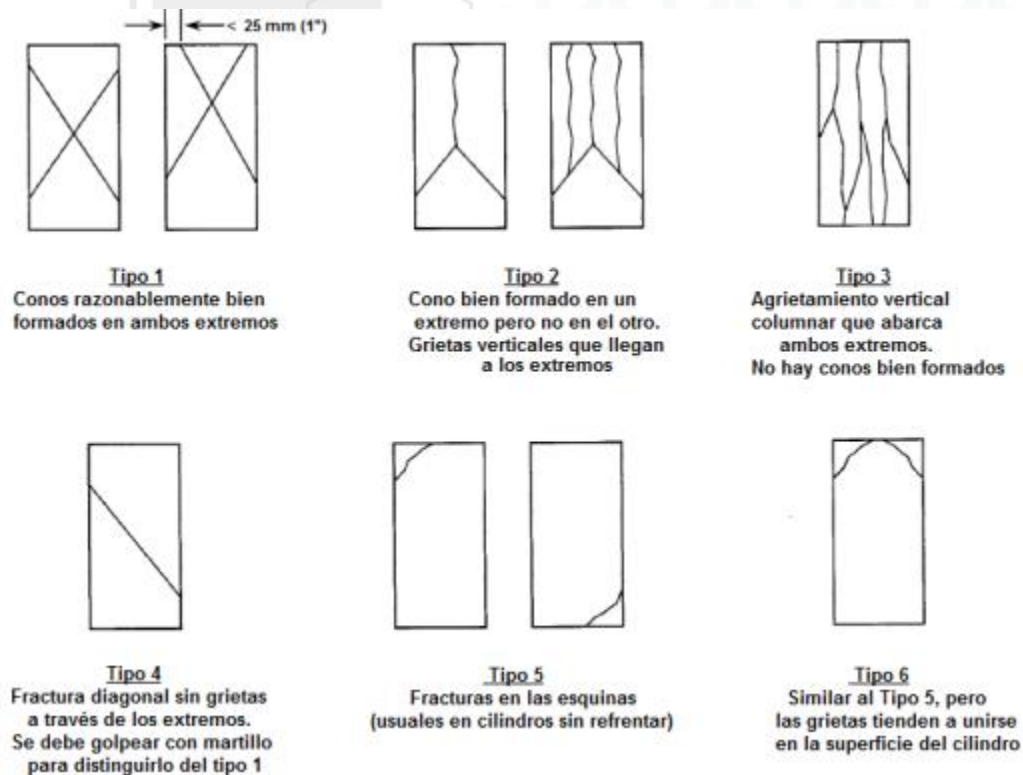


Figura 1: Núcleos luego de la falla. Fuente: NTC 673

En el reporte de resultados se describe el tipo de fractura de los elementos.

4. BIBLIOGRAFÍA

Blog 360° en concreto, examinando y tomando muestras de concreto endurecido.

Calavera J. (2005). Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado. Madrid: INTEMAC.

Casas J. (2009). Inspección, mantenimiento, evolución y reparación de estructuras. Apuntes de clases, Universidad Politécnica de Cataluña.

GEHO (1993). Durabilidad de estructuras de hormigón - Guía de diseño C.E.B. Grupo Español del Hormigón, Boletín Nº 12.

Genescà R. (1977). Apuntes de patología y terapéutica del hormigón. Barcelona: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Cataluña.



Rodríguez C.; Gandullo J. (1989). Patología de las estructuras de hormigón armado. Barcelona: autor.





ANEXO
RESULTADOS DE COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO

OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS DE CONCRETO ENDURECIDO		 Idicol <small>Ingeniería, Infraestructura y laboratorio</small>			
INV E 418-13		ISO/IEC 17025:2017 20-LAB-019			
Código:	FI - GI - 128	Versión:	03	Actualización:	2025-07-11
			Página:	1 de 2	
ID Informe:	I-0043451-2025 - 1	Orden de ingreso:	GMD-0002555	Versión de Informe:	1
Fecha Recepción:	2025-12-06	Fecha inicio ensayo:	2025-12-09	Fecha fin ensayo:	2025-12-10
		Fecha de Informe:	2025-12-11		
* Cliente:	JIP TOPOGRAFÍA S.A.S.				
* Dirección:	CI 83 a # 114-99 In 101	* Ciudad	BOGOTÁ	* Departamento	BOGOTÁ
		* País	COLOMBIA		
ID Obra:	OB-003791	* Obra	CONJUNTO REIDENCIAL TORRES DE HAYUELOS		
* Procedencia:	NO APLICA				

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

*Fecha de toma	-	*Resistencia nominal (Mpa)	-	*Resistencia nominal (Psi)	-	*Edad de falla (días)	-
-----------------------	---	-----------------------------------	---	-----------------------------------	---	------------------------------	---

ID de muestra	*Localización
2	MUESTRA EN PLACA
-	-
-	-
-	-
-	-

Tipo de material	OTRO
------------------	------



ID de la muestra	2	-	-	-	-
Fecha de obtención del núcleo	-	-	-	-	-
Hora de obtención del núcleo	-	-	-	-	-
Fecha de colocación en el recipiente sellado	-	-	-	-	-
Hora de colocación en el recipiente sellado	-	-	-	-	-
Fecha de colocación del concreto en la obra	-	-	-	-	-
Fecha del ensayo	2025-12-09	-	-	-	-
Hora del ensayo	8:20:00	-	-	-	-
Tamaño máximo nominal del agregado	-	-	-	-	-

El Laboratorio IDICOL SAS no es responsable de la información suministrada por el cliente, la cual está identificada con un asterisco * en el presente Informe
 Los resultados reportados corresponden exclusivamente a las muestras de ensayo entregadas al laboratorio y analizadas
 El Laboratorio IDICOL SAS no realiza muestreo. Los resultados se aplican a la muestra como se recibió
 Se prohíbe la reproducción del informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita del laboratorio

www.idicol.com / Email: contactenos@idicol.com

IDICOL S.A.S - Calle 70 A No 52 - 27, Bogotá D.C., Colombia / PBX: 7551341 - Cel: 3114853234

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO

OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS DE CONCRETO ENDURECIDO		 Ingeniería, infraestructura y laboratorio	 ISO/IEC 17025:2017 20-LAB-019
INV E 418-13			
Código: FI - GI - 128	Versión: 03	Actualización: 2025-07-11	Página: 2 de 2
ID Informe: I-0043451-2025 - 1	Orden de ingreso: GMD-0002555	Versión de Informe: 1	
Fecha Recepción: 2025-12-06	Fecha inicio ensayo: 2025-12-09	Fecha fin ensayo: 2025-12-10	Fecha de Informe: 2025-12-11
* Cliente:	JIP TOPOGRAFIA S.A.S.		
* Dirección:	CI 83 a # 114-99 In 101	* Ciudad: BOGOTÁ	* Departamento: BOGOTÁ * País: COLOMBIA
ID Obra:	OB-003791	* Obra:	CONJUNTO REIDENCIAL TORRES DE HAYUELOS
* Procedencia:	NO APLICA		

DIMENSIONES Y PROPIEDADES DE LA MUESTRA						
ID de la muestra	#	2	-	-	-	-
Longitud total del núcleo	mm	120	-	-	-	-
Longitud del espécimen antes de refrentado	mm	108	-	-	-	-
Longitud del espécimen despues de refrentado	mm	110	-	-	-	-
Diámetro (Ø)	mm	54.4	-	-	-	-
Masa	g	585.5	-	-	-	-
Relación Longitud / Diámetro (L/Ø)	-	2.02	-	-	-	-
Área de la sección transversal	mm²	2324	-	-	-	-
Densidad	Kg/m³	2300	-	-	-	-

CÁLCULOS DE RESISTENCIA						
Dirección de aplicación de la carga con respecto al plano horizontal de colocación de concreto en obra	-	Perpendicular	-	-	-	-
Carga máxima	kN	73.35	-	-	-	-
Factor de corrección	-	1.0	-	-	-	-
Resistencia a la compresión	Mpa	31.6	-	-	-	-
Resistencia a la compresión	Psi	4582	-	-	-	-
Resistencia a la compresión	%	-	-	-	-	-
Patrón de fractura	-	3	-	-	-	-


RESISTENCIA PROMEDIO	(MPa)	31.6
	%	-

Nota: La resistencia a la compresión se determina de acuerdo con la norma de ensayo INV E 410-13

ID Equipos utilizados: EQ-0137 Flexómetro, EQ-0222 Flexómetro, EQ-0003 Balanza 30.000 g, EQ-0055 Prensa compresión 1000 kN, EQ-0198 Pie de rey

Sitio de ejecución del ensayo: Instalaciones laboratorio IDICOL SAS, Calle 70 A # 52 - 27

Observaciones:


ING. JOHN ALEXANDER RODRIGUEZ
 Director de ingeniería
 Aprobó

FIN DEL INFORME DE ENSAYO



El Laboratorio IDICOL SAS no es responsable de la información suministrada por el cliente, la cual está identificada con un asterisco * en el presente Informe
 Los resultados reportados corresponden exclusivamente a las muestras de ensayo entregadas al laboratorio y analizadas
 El Laboratorio IDICOL SAS no realiza muestreo. Los resultados se aplican a la muestra como se recibió
 Se prohíbe la reproducción del informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita del laboratorio

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS ACTIVIDADES ADELANTAS

COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO



Código	GMD-0002555	Versión	1.0	Actualización	2022-01-17	Página	1
ID Informe	I-0043451-2025	Fecha Inicio	2025-12-09	Fecha Informe	2025-12-11	Ingeniero	JOHN RODRÍGUEZ
Cliente	JIP TOPOGRAFÍA S.A.S.						
Dirección	Cl 83 a # 114-99 In 101	Ciudad	BOGOTA	Dpto	BOGOTA	País	COLOMBIA
ID Obra	OB-003791	Obra	CONJUNTO REIDENCIAL TORRES DE HAYUELOS				
Descripción	COMPRESIÓN NÚCLEOS DE CONCRETO						

FECHA	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
No especifica	MUESTRA EN PLACA	
No especifica	MUESTRA EN PLACA	

ING. JOHN ALEXANDER RODRÍGUEZ

Director de ingeniería

Autorizó

Bogotá, 11 de diciembre del 2025
ID Informe: I-0043450-2025

Señores:
JIP TOPOGRAFÍA S.A.S.

OBRA: CONJUNTO REIDENCIAL TORRES DE HAYUELOS

ID Obra: **OB-003791**

BOGOTÁ D.C

Apreciados:

El informe que presentamos a continuación muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de núcleos de concreto, las muestras extraídas corresponden a especímenes cilíndricos de concreto, en las páginas siguientes se describen los procedimientos utilizados para la ejecución de las actividades y los resultados de las pruebas.

Cordialmente



Firmado
digitalmente por
**JOHN
ALEXANDER
RODRIGUEZ**
Fecha: 2025.12.11
09:53:44 -05'00'



ING. JOHN ALEXANDER RODRÍGUEZ
Director de Ingeniería

1. MARCO CONCEPTUAL

Cuando se tienen dudas en cuanto a resistencia del concreto usado en una estructura, ya sea porque no se tomaron las respectivas muestras de control (cilindros), porque las muestras arrojan resultados inferiores a los esperados o porque el concreto muestra signos de deterioro o un aspecto que pone en duda la resistencia del concreto utilizado en la estructura, se procede a realizar ensayos sobre el concreto de la estructura que permiten determinar la resistencia del concreto utilizado.

En la norma NSR-10 título (C) parágrafo C.5.6.5, se plantea como posibilidad la extracción de núcleos y posterior ensayo de compresión para determinar un valor de resistencia muy próximo al real del concreto usado en la estructura.

Cuando se toma esta alternativa debemos entender inicialmente que los núcleos que se tomen no tendrán resistencias iguales a la expresada teóricamente, para el concreto que inicialmente fue vaciado en los elementos estructurales. Los métodos de curado, tamaños de la muestra y condiciones de obtención de estas, afectan directamente los resultados.

Si se tienen dudas y esta es la última opción, se toman núcleos de concreto, de los elementos en duda, teniendo en cuenta que, si el concreto fue utilizado en varios elementos estructurales, podemos dividir la toma de los núcleos en los elementos que considere la obra. Esto será representativo.

Los núcleos no deberían tomarse hasta tanto el concreto no haya endurecido totalmente, permitiéndonos obtener una muestra que no afecte el entramamiento entre el mortero y el agregado grueso. Usualmente 14 días, es el límite mínimo que se debería contemplar para la extracción.

El número mínimo de núcleos a tomar es tres, y estos deben representar fielmente al concreto en duda. Desde el momento de la extracción se deben tener los cuidados necesarios para la misma: Se debe contar con personal profesional en estos temas, ya que desde ahí la prueba tendrá menos condiciones que puedan afectar el resultado final.

Los diámetros de estos especímenes usualmente deben estar por encima de 55 mm; o que su diámetro sea mínimo tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso utilizado en el concreto. La longitud corresponde a dos veces el diámetro del núcleo.

Debemos decir que la longitud siempre debe estar ajustada a la medida del diámetro, sin embargo, alturas inferiores a 100 mm, pueden no ser recomendables, ya que al momento de la extracción el núcleo puede fracturarse con una longitud que no cumple la relación longitud / diámetro.

Es importante orientar al profesional que efectúe la extracción sobre las características en cuanto al acero presente en la estructura, ya que núcleos con presencia de acero en su conformación, no deben ser ensayados. Si lo vemos con una mirada crítica, el elemento en duda por resistencia no puede ser afectado adicionalmente cortando el acero de este.

Luego de la extracción del núcleo, el mismo debe ser introducido en una bolsa hermética, que no permita alteraciones de ningún tipo. Debe ser llevado al laboratorio y almacenado en las mismas condiciones que estará el elemento estructural en duda. Deben estar a temperatura ambiente, no hay que suministrarle ningún tipo de curado ya que estas condiciones pueden afectar el resultado final. Cuando el elemento en duda vaya a estar sometido a condiciones de humedad permanente, el núcleo se mantiene a temperatura ambiente, y antes del ensayo, se sumerge en agua con cal por lo menos durante 40 horas.

Cuando se toma la alternativa de utilizar este tipo de metodología para solucionar dudas de resistencia en una obra, el tratamiento que se dé a esta muestra es importante en términos generales. Luego de la extracción cortar el núcleo a la longitud requerida es una actividad que requiere toda la atención posible para no alterar el espécimen por este proceso.

Preparar la muestra para el ensayo en este caso de compresión, significa colocar una película de recubrimiento sobre las caras del núcleo, que deje perfecta el área de exposición del esfuerzo que aplicará la máquina de ensayo. El recubrimiento es un mortero no adherido o en muchos casos azufre, que puede llegar a tener la resistencia adecuada para el ensayo. Este proceso es conocido como capinado. Se debe tener en cuenta que luego de colocar esta película, el ensayo se debe realizar después de mínimo una hora. Sobra decir que la máquina de ensayo debe garantizar una velocidad constante al espécimen, en un tiempo determinado, la ruptura no debe ser inmediata y la velocidad de ensayo depende del área transversal del espécimen.

Los resultados finales son calculados con base en factores de corrección del espécimen que son conocidos como factores de esbeltez. Estos dependen básicamente de la longitud con la cual quedaron luego del corte y capinado.¹

¹ Blog 360° en concreto, examinando y tomando muestras de concreto endurecido.

2. CORTE Y COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO

El ensayo permite la evaluación de la resistencia del concreto a partir de especímenes representativos obtenidos por extracción. Esta evaluación se realiza cuando se desea conocer la resistencia a la compresión del concreto en una estructura existente.

2.1 Corte: Una vez los núcleos llegan al laboratorio son cortados con una relación longitud / diámetro de 2, se cuida que las bases del núcleo (zonas de corte) queden totalmente lisas y perpendiculares al eje longitudinal del núcleo.

2.4 Acondicionamiento a la humedad: Luego de cortados, los especímenes de concreto son almacenados durante un periodo mínimo de 5 días.

2.5 Refrentado: Antes de realizar el ensayo de compresión en los núcleos extraídos se realizó el proceso de Refrentado siguiendo los parámetros establecidos en la norma NTC 504, esto con el propósito de garantizar una adecuada distribución de los esfuerzos de la aplicación de carga.

2.6 Mediciones: Una vez fueron refrentados los núcleos estos se miden tanto en longitud como en diámetro, estas medidas se utilizan para realizar los cálculos de relación longitud/diámetro.

También se toman medidas de masa con el propósito de hacer cálculos de densidad para los diferentes especímenes objeto de ensayo.

2.7 Ensayo de resistencia a la compresión: Una vez los núcleos son refrentados y medidos, se procede a realizar el ensayo de compresión siguiendo las indicaciones establecidas en la norma NTC 673.

3. RESULTADOS DE COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO

3.1 Patrón de Fractura:

La norma técnica NTC 673 establece un modelo para caracterizar el patrón de fractura de los elementos que son sometidos a rotura por compresión, se establecen 6 tipos de patrón de fractura los cuales son los más comunes y dentro de estos encajan la mayoría de las fracturas, a continuación, se presenta el esquema planteado por la norma:

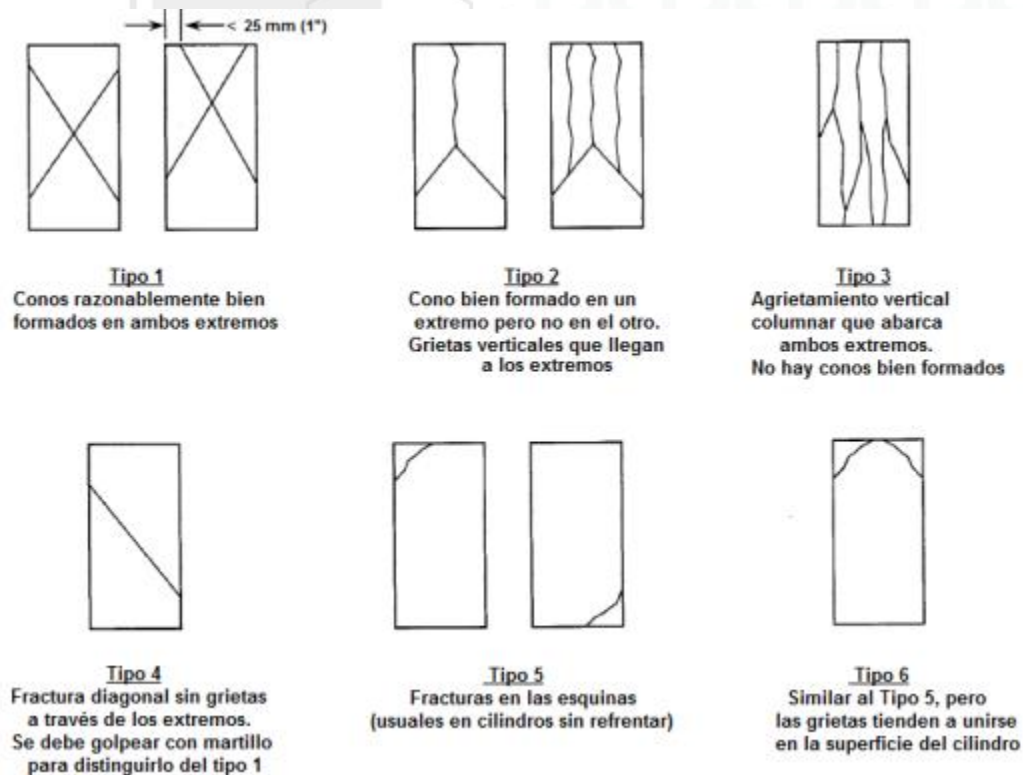


Figura 1: Núcleos luego de la falla. Fuente: NTC 673

En el reporte de resultados se describe el tipo de fractura de los elementos.

4. BIBLIOGRAFÍA

Blog 360° en concreto, examinando y tomando muestras de concreto endurecido.

Calavera J. (2005). Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado. Madrid: INTEMAC.

Casas J. (2009). Inspección, mantenimiento, evolución y reparación de estructuras. Apuntes de clases, Universidad Politécnica de Cataluña.

GEHO (1993). Durabilidad de estructuras de hormigón - Guía de diseño C.E.B. Grupo Español del Hormigón, Boletín Nº 12.

Genescà R. (1977). Apuntes de patología y terapéutica del hormigón. Barcelona: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Cataluña.



Rodríguez C.; Gandullo J. (1989). Patología de las estructuras de hormigón armado. Barcelona: autor.





ANEXO
RESULTADOS DE COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO

OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS DE CONCRETO ENDURECIDO		 	
INV E 418-13		ISO/IEC 17025:2017 20-LAB-019	
Código: FI - GI - 128	Versión: 03	Actualización: 2025-07-11	Página: 1 de 2
ID Informe: I-0043450-2025 - 1	Orden de ingreso: GMD-0002555	Versión de Informe: 1	
Fecha Recepción: 2025-12-06	Fecha inicio ensayo: 2025-12-09	Fecha fin ensayo: 2025-12-10	Fecha de Informe: 2025-12-11
* Cliente:	JIP TOPOGRAFÍA S.A.S.		
* Dirección: CI 83 a # 114-99 In 101	* Ciudad: BOGOTÁ	* Departamento: BOGOTÁ	* País: COLOMBIA
ID Obra: OB-003791	* Obra:	CONJUNTO REIDENCIAL TORRES DE HAYUELOS	
* Procedencia:	NO APLICA		

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

*Fecha de toma	-	*Resistencia nominal (Mpa)	-	*Resistencia nominal (Psi)	-	*Edad de falla (días)	-
-----------------------	---	-----------------------------------	---	-----------------------------------	---	------------------------------	---

ID de muestra	*Localización
1	MUESTRA V-1
-	-
-	-
-	-
-	-

Tipo de material	OTRO
-------------------------	------



ID de la muestra	1	-	-	-	-
Fecha de obtención del núcleo	-	-	-	-	-
Hora de obtención del núcleo	-	-	-	-	-
Fecha de colocación en el recipiente sellado	-	-	-	-	-
Hora de colocación en el recipiente sellado	-	-	-	-	-
Fecha de colocación del concreto en la obra	-	-	-	-	-
Fecha del ensayo	2025-12-09	-	-	-	-
Hora del ensayo	8:00am	-	-	-	-
Tamaño máximo nominal del agregado	-	-	-	-	-

El Laboratorio IDICOL SAS no es responsable de la información suministrada por el cliente, la cual está identificada con un asterisco * en el presente Informe
 Los resultados reportados corresponden exclusivamente a las muestras de ensayo entregadas al laboratorio y analizadas
 El Laboratorio IDICOL SAS no realiza muestreo. Los resultados se aplican a la muestra como se recibió
 Se prohíbe la reproducción del informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita del laboratorio

www.idicol.com / Email: contactenos@idicol.com

IDICOL S.A.S - Calle 70 A No 52 - 27, Bogotá D.C., Colombia / PBX: 7551341 - Cel: 3114853234

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO

OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS DE CONCRETO ENDURECIDO		 Ingeniería, infraestructura y laboratorio	 ISO/IEC 17025:2017 20-LAB-019				
				INV E 418-13			
Código:	FI - GI - 128	Versión:	03	Actualización:	2025-07-11	Página:	2 de 2
ID Informe:	I-0043450-2025 - 1	Orden de ingreso:	GMD-0002555	Versión de Informe:	1		
Fecha Recepción:	2025-12-06	Fecha inicio ensayo:	2025-12-09	Fecha fin ensayo:	2025-12-10	Fecha de Informe:	2025-12-11
* Cliente:	JIP TOPOGRAFIA S.A.S.						
* Dirección:	CI 83 a # 114-99 In 101	* Ciudad	BOGOTÁ	* Departamento	BOGOTÁ	* País	COLOMBIA
ID Obra:	OB-003791	* Obra	CONJUNTO REIDENCIAL TORRES DE HAYUELOS				
* Procedencia:	NO APLICA						

DIMENSIONES Y PROPIEDADES DE LA MUESTRA						
ID de la muestra	#	1	-	-	-	-
Longitud total del núcleo	mm	150	-	-	-	-
Longitud del espécimen antes de refrentado	mm	107	-	-	-	-
Longitud del espécimen despues de refrentado	mm	112	-	-	-	-
Diámetro (Ø)	mm	54.6	-	-	-	-
Masa	g	532.8	-	-	-	-
Relación Longitud / Diámetro (L/Ø)	-	2.06	-	-	-	-
Área de la sección transversal	mm ²	2341	-	-	-	-
Densidad	Kg/m ³	2020	-	-	-	-

CÁLCULOS DE RESISTENCIA						
Dirección de aplicación de la carga con respecto al plano horizontal de colocación de concreto en obra	-	Perpendicular	-	-	-	-
Carga máxima	kN	42.52	-	-	-	-
Factor de corrección	-	1.0	-	-	-	-
Resistencia a la compresión	Mpa	18.2	-	-	-	-
Resistencia a la compresión	Psi	2646	-	-	-	-
Resistencia a la compresión	%	-	-	-	-	-
Patrón de fractura	-	3	-	-	-	-

RESISTENCIA PROMEDIO	(MPa)	18.2
	%	-

Nota: La resistencia a la compresión se determina de acuerdo con la norma de ensayo INV E 410-13

ID Equipos utilizados: EQ-0137 Flexómetro, EQ-0222 Flexómetro, EQ-0003 Balanza 30.000 g, EQ-0055 Prensa compresión 1000 kN, EQ-0198 Pie de rey

Sitio de ejecución del ensayo: Instalaciones laboratorio IDICOL SAS, Calle 70 A # 52 - 27

Observaciones:


ING. JOHN ALEXANDER RODRIGUEZ
 Director de ingeniería
 Aprobó

FIN DEL INFORME DE ENSAYO



El Laboratorio IDICOL SAS no es responsable de la información suministrada por el cliente, la cual está identificada con un asterisco * en el presente Informe
 Los resultados reportados corresponden exclusivamente a las muestras de ensayo entregadas al laboratorio y analizadas
 El Laboratorio IDICOL SAS no realiza muestreo. Los resultados se aplican a la muestra como se recibió
 Se prohíbe la reproducción del informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita del laboratorio

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS ACTIVIDADES ADELANTAS

COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO



Código	GMD-0002555	Versión	1.0	Actualización	2022-01-17	Página	1
ID Informe	I-0043450-2025	Fecha Inicio	2025-12-09	Fecha Informe	2025-12-11	Ingeniero	JOHN RODRÍGUEZ
Cliente	JIP TOPOGRAFÍA S.A.S.						
Dirección	Cl 83 a # 114-99 In 101	Ciudad	BOGOTA	Dpto	BOGOTA	País	COLOMBIA
ID Obra	OB-003791	Obra	CONJUNTO REIDENCIAL TORRES DE HAYUELOS				
Descripción	COMPRESIÓN NÚCLEOS DE CONCRETO						

FECHA	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
NO ESECIFICA	MUESTRA V-1	
NO ESECIFICA	MUESTRA V-1	

ING. JOHN ALEXANDER RODRÍGUEZ

Director de ingeniería

Autorizó

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL

El análisis y diagnóstico estructural de la placa maciza del segundo nivel del parqueadero y de la viga de refuerzo asociada se desarrolló a partir de la interpretación integral de los resultados obtenidos en laboratorio y en campo, considerando los ensayos destructivos y no destructivos ejecutados, así como las observaciones realizadas durante la inspección visual. Este enfoque permitió evaluar el estado del concreto y del acero de refuerzo, identificar los mecanismos de deterioro presentes y establecer su incidencia sobre la durabilidad y el desempeño estructural de los elementos evaluados.

1.1 ANÁLISIS DEL PROCESO DE CARBONATACIÓN DEL CONCRETO

De acuerdo con los resultados de los ensayos de carbonatación realizados mediante la aplicación de fenolftaleína, se identificó un comportamiento diferenciado entre las zonas afectadas y los núcleos extraídos. En las áreas de la losa donde se presenta pérdida de material y deterioro visible, no se evidenció decoloración alguna al aplicar el reactivo, lo cual indica una reducción significativa del pH del concreto y, por ende, la pérdida de su alcalinidad natural en dichas zonas.

En el caso de los núcleos extraídos, se observó que la carbonatación se presenta de manera superficial, dado que únicamente la parte externa de uno de los extremos del cilindro —correspondiente a la zona expuesta y visible— no presentó coloración al aplicar la fenolftaleína. El resto del núcleo mostró una coloración rosada, lo que indica que el concreto conserva su alcalinidad en las capas internas.

El ensayo de carbonatación con fenolftaleína se emplea para determinar la profundidad de carbonatación del concreto, evaluando la pérdida de alcalinidad del material y su posible incidencia en la corrosión del acero de refuerzo en elementos estructurales como placas y vigas. El principio del ensayo se basa en el uso de la fenolftaleína como indicador de pH: cuando el pH del concreto es superior a aproximadamente 9, el reactivo adquiere una coloración rosada o violeta; en cambio, en las zonas donde el pH ha disminuido debido al avance del proceso de carbonatación, el reactivo permanece incoloro.

La profundidad de carbonatación se determina midiendo la distancia entre la superficie del concreto y el límite visible entre la zona coloreada y la zona incolora. Los resultados obtenidos indican que, si bien el proceso de carbonatación no ha avanzado de manera profunda en los núcleos evaluados, en las zonas con pérdida de sección el concreto ha perdido completamente su capacidad de protección alcalina, lo cual favorece la despasivación del acero de refuerzo y la activación de procesos corrosivos.

Desde el punto de vista de durabilidad, este comportamiento confirma que el deterioro observado está directamente relacionado con la exposición prolongada a la humedad producto de las filtraciones, acelerando los procesos de degradación del concreto en las zonas más vulnerables.

1.2 ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA SUPERFICIAL DEL CONCRETO – ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

Los resultados de los ensayos de esclerometría permiten establecer diferencias claras entre las zonas sanas y las zonas afectadas de los elementos estructurales evaluados. En las áreas que no presentan pérdida de sección, tanto en la viga como en la losa, los valores obtenidos indican resistencias superficiales que no han sufrido una degradación abrupta, manteniéndose dentro de rangos aceptables para concreto en servicio.

No obstante, en el área de la losa donde se presenta pérdida de sección, los valores esclerométricos obtenidos reflejan una resistencia significativamente baja, lo que evidencia un estado avanzado de degradación del concreto. Esta reducción de la dureza superficial es consistente con los daños observados durante la inspección visual y con los efectos de la exposición constante a la humedad.

El ensayo de esclerometría es un método no destructivo utilizado para estimar de manera indirecta la resistencia superficial del concreto, así como su uniformidad y homogeneidad. Su principio de funcionamiento se basa en la medición del índice de rebote de una masa impulsada contra la superficie del concreto mediante un mecanismo de resorte. Superficies más duras generan mayores valores de rebote, mientras que concretos deteriorados o de menor calidad producen valores más bajos.

Los resultados obtenidos, analizados en conjunto con los ensayos destructivos, permiten concluir que el deterioro del concreto no es uniforme y que las zonas con pérdida de sección presentan una afectación severa, mientras que las áreas sanas conservan condiciones mecánicas relativamente estables.

1.3 ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ACERO DE REFUERZO – ENSAYOS DE POTENCIAL DE CORROSIÓN

Los ensayos de potencial de corrosión arrojaron resultados concluyentes respecto al estado del acero de refuerzo. En las áreas con pérdida de material, tanto en la viga como en la placa, se registraron valores que indican una **probabilidad del 100 % de corrosión activa** en las zonas analizadas. Estos resultados confirman la presencia de procesos corrosivos en curso, coherentes con la exposición del acero, la pérdida de recubrimiento y la disminución de la alcalinidad del concreto.

Por el contrario, en las áreas aparentemente sanas de la viga y de la losa, los valores obtenidos no evidencian riesgo significativo de corrosión, lo cual indica que en dichas zonas el acero aún se encuentra protegido por el recubrimiento de concreto y por un entorno alcalino adecuado.

El ensayo de potencial de corrosión se basa en la medición del potencial electroquímico entre el acero de refuerzo y un electrodo de referencia, comúnmente de cobre/sulfato de cobre (Cu/CuSO_4). Potenciales más negativos indican una alta probabilidad de corrosión activa, mientras que valores menos negativos sugieren una baja probabilidad de que el proceso corrosivo esté ocurriendo.

Este ensayo, aunque no cuantifica la velocidad de corrosión, permite identificar zonas críticas, delimitar áreas con riesgo elevado y establecer una relación directa entre las filtraciones, la pérdida de protección del concreto y el deterioro del acero de refuerzo.

1.4 ANÁLISIS DE LA HOMOGENEIDAD Y CALIDAD DEL CONCRETO – ENSAYOS DE ULTRASONIDO

Los resultados de las pruebas de ultrasonido indican que la calidad del concreto en todas las muestras evaluadas puede clasificarse como **cuestionable**, lo cual refleja una deficiente homogeneidad del material. Las velocidades de propagación obtenidas sugieren la presencia de discontinuidades internas, fisuración, vacíos o zonas con deterioro avanzado.

El ensayo de ultrasonido, también conocido como ensayo de velocidad de pulso ultrasónico, permite evaluar la calidad, integridad interna y uniformidad del concreto mediante la transmisión de ondas ultrasónicas entre un emisor y un receptor. Concretos densos y homogéneos permiten mayores velocidades de propagación, mientras que la presencia de defectos internos reduce significativamente dichos valores.

Este comportamiento es consistente con los resultados de los demás ensayos y con la inspección visual, indicando que el concreto ha sido afectado tanto en su superficie como en su estructura interna, especialmente en las zonas expuestas a filtraciones continuas.

1.5 ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN – ENSAYO DE FALLA DE NÚCLEOS

Los ensayos de compresión realizados sobre los núcleos extraídos y ensayados en laboratorio certificado ONAC (IDICOL) muestran valores de resistencia a la compresión coherentes con los obtenidos mediante los ensayos de esclerometría.

Esta correlación permite validar los resultados no destructivos y confirmar que, desde el punto de vista resistente, el concreto presenta valores adecuados para los elementos evaluados.

El ensayo de compresión de cilindros es el método de referencia para determinar la resistencia real del concreto. Se ejecuta aplicando carga axial controlada hasta el fallo del espécimen, registrando la carga máxima soportada y observando el modo de falla, lo cual proporciona información adicional sobre la calidad del material.

Si bien los valores de resistencia a compresión son adecuados, es importante destacar que la capacidad resistente por sí sola no garantiza un buen desempeño estructural a largo plazo. La presencia de corrosión activa, pérdida de sección y deterioro del recubrimiento compromete de manera significativa la durabilidad y la vida útil de los elementos estructurales.

1.6 DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL GENERAL

A partir del análisis integral de los resultados, se concluye que la estructura presenta un **deterioro localizado pero severo**, principalmente asociado a la acción prolongada del agua proveniente de filtraciones de la piscina ubicada en el nivel superior. Este fenómeno ha generado pérdida de alcalinidad del concreto, activación de procesos corrosivos en el acero de refuerzo, degradación del recubrimiento y disminución de la homogeneidad del material.

Aunque la resistencia a compresión del concreto aún se encuentra dentro de rangos aceptables, el avance de las patologías identificadas compromete la durabilidad de la estructura y podría afectar su desempeño estructural si no se implementan medidas correctivas oportunas. En consecuencia, se considera técnicamente viable la rehabilitación de los elementos evaluados, siempre que se intervenga de manera integral tanto la causa del deterioro (filtraciones) como sus efectos sobre el concreto y el acero de refuerzo.

ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN

ALTERNATIVA 1 – REFORZAMIENTO CON FIBRAS DE CARBONO SIKAWRAP®-600

Esta alternativa consiste en el reforzamiento estructural de la placa maciza del segundo nivel del parqueadero y de la viga de refuerzo asociada mediante la aplicación de un sistema de fibras de carbono SikaWrap®-600, adherido externamente al concreto con resinas epóxicas estructurales. El sistema permite incrementar la capacidad resistente del elemento, principalmente frente a esfuerzos de flexión y, dependiendo de la disposición, cortante, sin generar un aumento significativo del peso propio ni modificar de manera relevante la geometría existente.

La solución está orientada a recuperar la capacidad estructural afectada por la pérdida de sección, la degradación del concreto y la corrosión del acero de refuerzo, siempre y cuando se controlen previamente las causas de deterioro asociadas a las filtraciones de agua.

El uso de fibras de carbono tiene como objetivos principales:

- Incrementar la resistencia a tracción del sistema estructural.
- Reducir la demanda de esfuerzos sobre el acero de refuerzo existente.
- Controlar la fisuración y limitar deformaciones excesivas.
- Mejorar la capacidad de carga residual del elemento.

- Prolongar la vida útil de la estructura mediante un sistema no corrosivo.

PREPARACIÓN PREVIA DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

Eliminación de concreto deteriorado

- Retiro total del concreto suelto, fisurado, carbonatado o con pérdida de adherencia.
- Demolición localizada hasta alcanzar concreto sano, firme y competente.
- Conformación de bordes regulares que permitan una adecuada reparación posterior.

Fin de esta etapa: garantizar que el sistema de refuerzo se adhiera a un sustrato estructuralmente confiable.

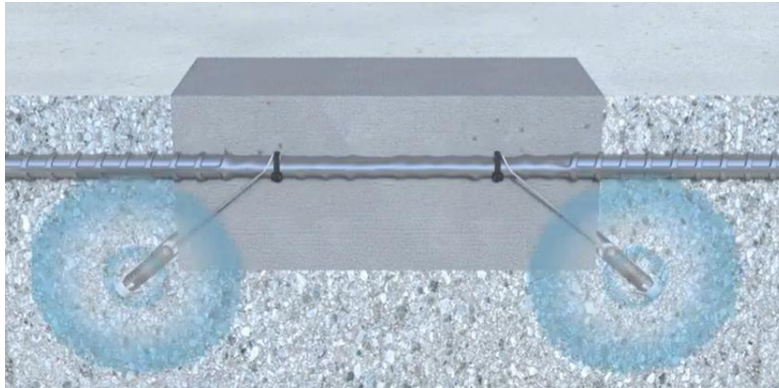


Imagen de concreto escarificado hasta encontrar un área sana

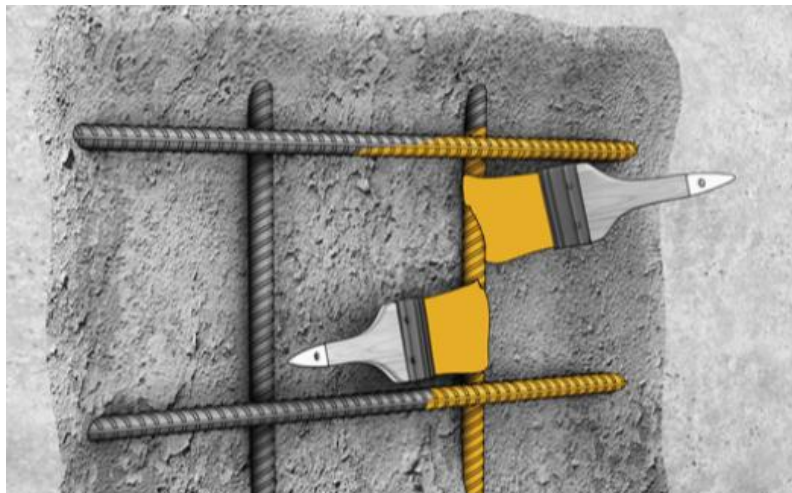
Limpieza y pasivación del acero de refuerzo

- Limpieza mecánica del acero expuesto mediante cepillo metálico o métodos abrasivos.
- Eliminación completa de productos de corrosión.
- Aplicación de un pasivador de armaduras compatible, como:
 - **Sika MonoTop®-1010 ES** o producto equivalente.
 - **Sika® FerroGard®-903**

Fin de esta etapa: detener o retardar el proceso de corrosión y restablecer la protección del acero de refuerzo.



Método de pasivador de armadura con FerroGard



Método de pasivador de armadura Sika MonoTop®-1010

Reparación del concreto y restitución del recubrimiento

- Aplicación de mortero estructural de reparación de alta adherencia y retracción compensada.
- Reconfiguración del elemento estructural a su geometría original.
- Curado adecuado del mortero de reparación.

Fin de esta etapa: restituir la sección del elemento y proporcionar un soporte continuo para el sistema de refuerzo con fibras.

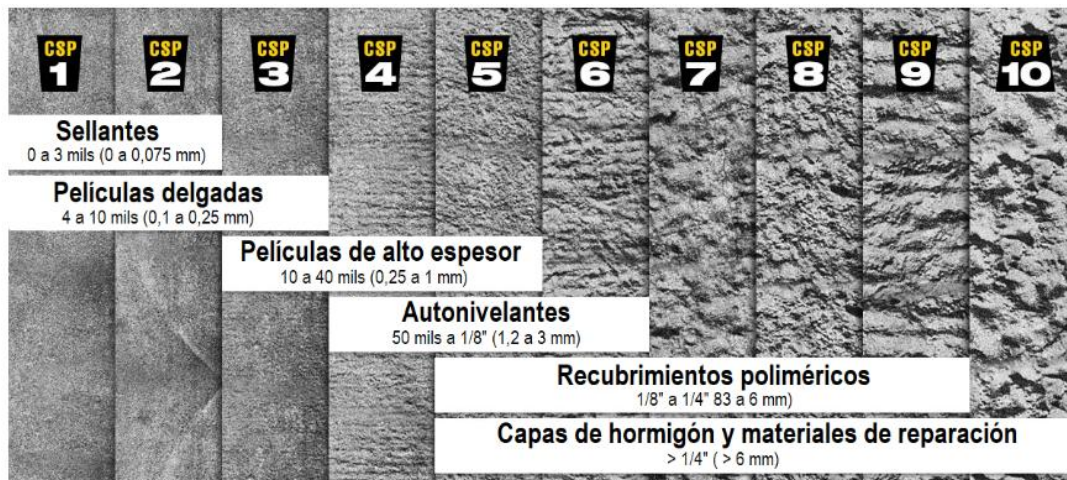


Reparación de elemento en concreto, con mortero de reparación tipo grouting

Preparación superficial para el sistema de fibras de carbono

- Lijado o granallado de la superficie reparada para eliminar lechadas, contaminantes o irregularidades.
- Obtención de una superficie limpia, seca y con rugosidad adecuada.
- Eliminación de polvo y partículas sueltas mediante aire comprimido o limpieza mecánica.

Fin de esta etapa: asegurar una correcta adherencia entre el concreto y la resina epóxica del sistema.



ICRI (INTERNATIONAL CONCRETE REPAIR INSTITUTE)

Aplicación del sistema SikaWrap®-600

Imprimación del sustrato

- Aplicación de una capa de resina epóxica estructural compatible (por ejemplo, Sikadur®-300 o Sikadur®-330), utilizando brocha o rodillo.
- La imprimación debe cubrir uniformemente toda el área a reforzar.

Fin de esta etapa: sellar el sustrato, mejorar la adherencia y garantizar una correcta transferencia de esfuerzos.



Aplicación de Sikadur®-300

Colocación de la fibra de carbono SikaWrap®-600

- Corte previo de las láminas de fibra según la longitud y orientación definida en el diseño.
- Colocación de la fibra sobre la resina aún fresca.
- Presión manual o con rodillo especial para eliminar burbujas de aire y asegurar impregnación total.

Orientación típica de las fibras:

- Longitudinal para refuerzo a flexión.
- Transversal o en forma de estribos para refuerzo a cortante (si aplica).

Fin de esta etapa: aportar capacidad resistente adicional al elemento mediante un material de alta resistencia a tracción



Instalación de SikaWrap®-600

Saturación y sellado de la fibra

- Aplicación de una segunda capa de resina epóxica sobre la fibra instalada.
- Asegurar la completa impregnación del tejido.

Fin de esta etapa: proteger la fibra, garantizar su anclaje y permitir la adecuada transferencia de cargas entre el concreto y el refuerzo externo.

Protección final del sistema

- En ambientes interiores, se puede aplicar un mortero de protección o pintura compatible.

Fin de esta etapa: proteger el sistema de refuerzo frente a agentes ambientales y prolongar su vida útil.

ALTERNATIVA 2- INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE LAMINADOS DE FIBRA DE CARBONO SIKA® CARBODUR®

Las actividades preliminares asociadas a esta alternativa, tales como la eliminación del concreto deteriorado, la limpieza y pasivación del acero de refuerzo, la reparación del recubrimiento y la preparación superficial del sustrato, son **equivalentes a las descritas en la Alternativa 1**. Sin embargo, el método de reforzamiento difiere sustancialmente en la forma de instalación y en el comportamiento estructural del sistema, dado que en este caso se emplean **laminados pultruidos de fibra de carbono** en lugar de tejidos flexibles.

El sistema Sika® CarboDur® se instala mediante la **adhesión de láminas rígidas de fibra de carbono a lo largo de la sección que se desea reforzar**, generalmente en la cara inferior de la losa o en la zona traccionada de la viga. La orientación de las láminas se define de acuerdo con el análisis estructural, siendo típicamente **paralela al eje longitudinal del elemento**, con el fin de incrementar la capacidad a flexión y reducir la demanda de esfuerzos en el acero de refuerzo existente.

Previo a la instalación, la superficie del concreto debe presentar una **planicidad adecuada**, sin irregularidades que generen concentraciones de esfuerzos o pérdidas de adherencia. En caso de ser necesario, se realiza un afinado

superficial mediante morteros de nivelación compatibles. Posteriormente, se aplica un **adhesivo epóxico estructural** (como Sikadur®-30) sobre el concreto, garantizando un espesor uniforme que permita la correcta transferencia de esfuerzos entre el sustrato y el laminado.

Las láminas Sika® CarboDur® se colocan presionándolas firmemente contra el adhesivo fresco, asegurando su correcta alineación y continuidad a lo largo de toda la longitud de refuerzo definida en el diseño. La presión aplicada durante la instalación permite la expulsión del aire atrapado y garantiza el contacto completo entre el laminado y el adhesivo. El exceso de material epóxico se retira en los bordes, logrando un acabado continuo y uniforme.

En elementos donde se requiere una mayor capacidad resistente, se pueden instalar **múltiples láminas en paralelo**, respetando las separaciones mínimas establecidas por el fabricante y los criterios de diseño estructural. Asimismo, se debe asegurar un adecuado anclaje del sistema, evitando terminaciones abruptas que puedan generar concentraciones de esfuerzos en los extremos del laminado.

Una vez instaladas las láminas, se debe permitir el **curado completo del adhesivo** conforme a los tiempos recomendados por el fabricante, garantizando que el sistema alcance su desempeño estructural previsto. En caso de que las láminas queden expuestas, se recomienda aplicar un sistema de protección superficial que las resguarde frente a la humedad, radiación ultravioleta o posibles impactos.

Esta metodología de instalación permite un **reforzamiento eficiente, controlado y de alta durabilidad**, especialmente adecuado para zonas donde se requiere incrementar la capacidad a flexión sin afectar significativamente la geometría ni la funcionalidad de la estructura existente.



instalación de laminas de SIKA CARBODURE

ALTERNATIVA 3 – REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE VIGAS METÁLICAS TIPO IPE

1. Descripción general de la solución

Esta alternativa consiste en el reforzamiento estructural de la placa maciza del segundo nivel del parqueadero mediante la instalación de **vigas metálicas tipo IPE**, las cuales trabajan de manera solidaria con la estructura existente para redistribuir las cargas y reducir las solicitaciones actuantes sobre el concreto deteriorado. Las vigas metálicas se disponen por la cara inferior de la losa y se anclan a elementos estructurales existentes de concreto mediante **placas base y sistemas de anclaje**, conformando un sistema mixto acero–concreto.

Esta solución se considera de carácter **robusto y tradicional**, adecuada para escenarios donde se requiere un incremento significativo de la capacidad estructural y una mejora en la rigidez global del sistema.

2. Evaluación y diseño estructural previo

Antes de la implementación de esta alternativa, es indispensable realizar un **diseño estructural detallado**, el cual debe contemplar:

- Evaluación de las cargas actuales y futuras que actúan sobre la losa y las vigas existentes.
- Definición de la función estructural de las vigas IPE
- Selección del perfil IPE adecuado (altura, peso y propiedades mecánicas).
- Verificación de estados límite últimos y de servicio.
- Revisión de compatibilidad de deformaciones entre la estructura existente y el refuerzo metálico.

El diseño debe realizarse conforme a la **normativa estructural vigente (NSR-10, AISC, ACI)** y considerar factores de seguridad adecuados.

3. Preparación de la estructura existente

3.1 Inspección y adecuación del concreto

- Verificación de la resistencia y condición del concreto en las zonas donde se instalarán las placas base.
- Reparación previa de zonas con concreto deteriorado o con pérdida de sección.
- Asegurar que el sustrato de concreto presente resistencia suficiente para recibir los esfuerzos transmitidos por las nuevas vigas.

Fin de esta etapa: garantizar una base estructural confiable para el anclaje del refuerzo metálico.

4. Instalación del sistema de conexión concreto-acero

4.1 Colocación de placas base

- Fabricación e instalación de **placas base de acero estructural**, diseñadas para distribuir adecuadamente las cargas transmitidas por las vigas IPE hacia el concreto.
- Las placas base deben dimensionarse considerando:
 - Esfuerzos de compresión, corte y momento.
 - Capacidad portante del concreto.
 - Espesor suficiente para evitar deformaciones excesivas.
- La superficie de contacto entre la placa base y el concreto debe estar nivelada y limpia.

Fin de esta etapa: lograr una transferencia eficiente de cargas del acero al concreto sin concentraciones de esfuerzo.



Imagen de soporte de placa base

4.2 Anclaje de la placa base al concreto

- Fijación de las placas base al concreto mediante **pernos de anclaje**, los cuales pueden ser:
 - Pernos postinstalados (anclajes químicos).
- El diseño de los pernos debe considerar:
 - Resistencia a tracción y corte.
 - Distancias mínimas a bordes.
 - Separación entre anclajes.
 - Profundidad de empotramiento.
- Se recomienda el uso de **anclajes químicos certificados** para garantizar una adecuada adherencia y desempeño en concreto existente.

Fin de esta etapa: asegurar la estabilidad y el anclaje efectivo del sistema al elemento de concreto.

5. Instalación de las vigas metálicas tipo IPE

- Izaje y posicionamiento de las vigas IPE conforme a la geometría definida en el diseño.
- Alineación precisa de las vigas con respecto a la losa y a los elementos de apoyo.
- Unión de las vigas IPE a las placas base mediante **conexiones atornilladas**, utilizando pernos estructurales de alta resistencia.
- Apriete controlado de los pernos conforme a especificaciones técnicas.

Fin de esta etapa: conformar un sistema estructural continuo y estable entre el refuerzo metálico y la estructura existente.



Imagen de soporte izaje de viga

6. Integración estructural y transferencia de cargas

- Verificación del contacto adecuado entre la losa y las vigas IPE, cuando el diseño lo requiera.
- En caso de ser necesario, se pueden implementar:
 - Elementos de relleno o morteros de alta resistencia.
 - Sistemas de conectores para mejorar la interacción entre el acero y el concreto.
- Comprobación de que las vigas metálicas comienzan a participar estructuralmente conforme a lo previsto en el diseño.

Fin de esta etapa: asegurar el correcto trabajo conjunto del sistema acero–concreto.

7. Protección anticorrosiva y acabados

- Aplicación de sistemas de protección anticorrosiva sobre las vigas IPE, placas base y pernos, tales como:
 - Imprimantes anticorrosivos.
 - Pinturas epóxicas o poliuretánicas.
- Protección frente a humedad, agentes químicos y ambientes agresivos.
- Ajuste de acabados para no afectar la funcionalidad del parqueadero.

Fin de esta etapa: garantizar la durabilidad del refuerzo metálico en el tiempo.

8. Consideraciones técnicas y limitaciones

- Incremento del peso propio de la estructura.
- Posible reducción de la altura libre del parqueadero.

- Mayor tiempo de ejecución y mayor impacto operativo.
- Requiere coordinación precisa entre diseño, fabricación e instalación.
- Alto control de calidad durante la ejecución.

9. Aplicabilidad de la alternativa

Esta alternativa es especialmente recomendable cuando:

- El deterioro estructural es severo.
- Se requiere un aumento significativo de la capacidad portante.
- Las soluciones con materiales compuestos no son suficientes.
- Se dispone de espacio para la instalación del refuerzo metálico.

RECOMENDACIÓN TÉCNICA

Con base en el análisis y diagnóstico estructural realizado, en los resultados de los ensayos destructivos y no destructivos, y en la evaluación comparativa de las alternativas de rehabilitación propuestas, se concluye que el deterioro identificado en la placa maciza del segundo nivel del parqueadero y en la viga de refuerzo asociada es de carácter **localizado pero avanzado**, principalmente asociado a la acción prolongada de filtraciones provenientes de la piscina ubicada en el nivel superior.

Los ensayos de laboratorio evidencian que, si bien la resistencia a compresión del concreto aún se encuentra dentro de rangos aceptables, existen patologías relevantes relacionadas con la pérdida de recubrimiento, la carbonatación superficial, la activación de procesos corrosivos en el acero de refuerzo y la disminución de la homogeneidad del concreto. Estas condiciones comprometen principalmente la **durabilidad** de la estructura y, de no ser atendidas oportunamente, podrían afectar su desempeño estructural a mediano y largo plazo.

En este contexto, se considera técnicamente viable la **rehabilitación de los elementos estructurales evaluados**, siempre y cuando la intervención contemple de manera integral el control definitivo de las filtraciones, la reparación del concreto deteriorado, la pasivación del acero de refuerzo y la implementación de un sistema de reforzamiento estructural adecuado.

Desde el punto de vista técnico, funcional y constructivo, se **recomienda prioritariamente la implementación de una solución de reforzamiento mediante materiales compuestos de fibra de carbono**, específicamente mediante los sistemas **SikaWrap®-600 o Sika® CarboDur®**, debido a las siguientes razones:

- Permiten incrementar la capacidad estructural requerida sin generar aumentos significativos en el peso propio de la estructura.
- Presentan alta durabilidad y resistencia frente a ambientes húmedos y agresivos.
- Requieren intervenciones poco invasivas, con mínima afectación a la operación del parqueadero.
- No reducen de manera significativa la altura libre disponible.

- Ofrecen tiempos de ejecución más cortos en comparación con soluciones tradicionales en acero.

Entre estas dos alternativas, la selección final entre **SikaWrap®-600** y **Sika® CarboDur®** deberá definirse a partir de un **diseño estructural detallado**, que determine con precisión el nivel de refuerzo requerido, la orientación de los esfuerzos predominantes y la geometría de los elementos a intervenir. En general, el sistema Sika® CarboDur® resulta más adecuado cuando se requiere un refuerzo controlado y eficiente a flexión, mientras que SikaWrap®-600 ofrece mayor versatilidad en geometrías complejas y refuerzos combinados.

La alternativa de reforzamiento mediante **vigas metálicas tipo IPE** se considera técnicamente viable, pero se recomienda únicamente para escenarios donde el análisis estructural evidencie una necesidad de incremento significativo de rigidez o capacidad portante que no pueda ser satisfecha mediante sistemas de refuerzo con materiales compuestos. Esta solución implica mayores impactos constructivos, aumento del peso propio y afectación de la altura libre, por lo cual debe considerarse como una opción de último recurso o complementaria.

Finalmente, se enfatiza que **ninguna de las alternativas de reforzamiento será efectiva si no se corrige previamente la causa raíz del deterioro**, es decir, las filtraciones de agua provenientes de la piscina. Por lo tanto, se recomienda ejecutar de manera prioritaria un sistema adecuado de impermeabilización y control de humedad, así como establecer un plan de mantenimiento periódico que permita monitorear el comportamiento de la estructura rehabilitada y garantizar su desempeño a largo plazo.

CONCLUSIONES FINALES

1. El Conjunto Residencial **Torres de Hayuelos** presenta afectaciones estructurales localizadas en la placa maciza correspondiente al techo del segundo nivel del parqueadero y en la viga de refuerzo asociada, originadas principalmente por filtraciones prolongadas de agua provenientes de la piscina ubicada en el nivel superior.
2. La inspección visual permitió identificar patologías relevantes, tales como desprendimiento del recubrimiento de concreto, pérdida de sección, presencia de eflorescencias, exposición del acero de refuerzo y evidencias claras de corrosión, tanto en la losa como en la viga evaluada.
3. Los ensayos destructivos y no destructivos realizados proporcionaron información consistente y complementaria sobre el estado de los materiales. En particular, los ensayos de carbonatación evidenciaron pérdida de alcalinidad del concreto en las zonas con mayor deterioro, mientras que los ensayos de potencial de corrosión confirmaron la presencia de corrosión activa del acero de refuerzo en las áreas afectadas.
4. Los ensayos de esclerometría y ultrasonido permitieron identificar una disminución significativa de la calidad superficial y de la homogeneidad del concreto en las zonas con pérdida de sección, en contraste con las áreas consideradas sanas, donde los valores obtenidos se mantienen dentro de rangos aceptables.
5. Los ensayos de resistencia a compresión realizados sobre núcleos extraídos y ensayados en laboratorio certificado demostraron que el concreto aún presenta valores de resistencia adecuados desde el punto de vista resistente. No obstante, se concluye que la capacidad resistente por sí sola no es suficiente para garantizar el desempeño estructural a largo plazo, debido a los procesos de deterioro identificados.
6. El diagnóstico estructural indica que el deterioro observado es de carácter **localizado pero avanzado**, afectando principalmente la durabilidad de los elementos estructurales y representando un riesgo potencial para su desempeño futuro si no se implementan medidas correctivas oportunas.
7. Las alternativas de rehabilitación analizadas demuestran que es técnicamente viable la recuperación de la capacidad estructural y de la durabilidad de los elementos evaluados, siempre que la intervención contemple

de manera integral la reparación del concreto, la pasivación del acero de refuerzo y la implementación de un sistema de reforzamiento estructural adecuado.

8. Los sistemas de reforzamiento con **fibras de carbono** (SikaWrap®-600 y Sika® CarboDur®) se presentan como soluciones eficientes, durables y poco invasivas, adecuadas para las condiciones actuales de la estructura, mientras que el reforzamiento mediante **vigas metálicas tipo IPE** constituye una alternativa viable en escenarios de mayor exigencia estructural, aunque con mayores impactos constructivos.
9. Se concluye que la efectividad de cualquier solución de rehabilitación depende de manera crítica de la **corrección previa y definitiva de las filtraciones** provenientes de la piscina, así como de la implementación de medidas de impermeabilización y control de humedad que eviten la recurrencia de las patologías identificadas.
10. Finalmente, se resalta la importancia de establecer un **plan de mantenimiento y monitoreo periódico**, que permita evaluar el comportamiento de la estructura rehabilitada, detectar de manera temprana posibles nuevas afectaciones y garantizar la seguridad, funcionalidad y durabilidad de la edificación a lo largo del tiempo.