

EVALUACIÓN DE LA DURABILIDAD DE LA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN DE LA BIBLIOTECA NACIONAL MARIANO MORENO

A. Benítez⁽¹⁾, B. Jure⁽¹⁾, E. Köber⁽¹⁾, A. Ruiz⁽¹⁾, R. Torrent⁽²⁾

abenitez@inti.gov.ar

⁽¹⁾ Dirección Técnica de Tecnología del Hormigón y Aglomerantes-SOCel-GOSI-INTI,

⁽²⁾ Materials Advanced Services SRL (M-A-S), C1425ABV Ciudad de Buenos Aires, Argentina

Palabras Clave: hormigón; permeabilidad; carbonatación; recubrimiento; armaduras

INTRODUCCIÓN

La Biblioteca Nacional Mariano Moreno (BNMM), obra emblemática de Clorindo Testa, Francisco Bullrich y Alicia Cazzaniga, de diseño "Brutalista", construida entre 1968 y 1992, constituye un patrimonio arquitectónico del país y fue declarada Monumento Histórico Nacional.

A solicitud de la dirección de la BNMM y con el objeto de elaborar un plan de mantenimiento y reparación para prevenir su deterioro, el área de Tecnología del Hormigón y Aglomerantes, del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), realizó una evaluación de la estructura.

En el presente trabajo se describe la utilización de técnicas no destructivas in situ. Adicionalmente, se tomó una mínima cantidad de testigos en puntos no comprometidos de la estructura para estimar la calidad del hormigón de la época. Las conclusiones de los estudios permiten estimar el riesgo de corrosión de las armaduras, debida a carbonatación.

OBJETIVOS

Caracterizar el hormigón utilizado, evaluar el estado general de la estructura principal y el riesgo de corrosión de las armaduras, debida a carbonatación.

DESARROLLO

Se planificó una serie de verificaciones in situ y en laboratorio, priorizando la intervención mínima de la estructura. (Figuras 1 a 6). En la Tabla 1 se detallan los trabajos realizados.

RESULTADOS

En la Tabla 2, se observa el kT_5 "coeficiente de permeabilidad al aire compensado", para una humedad superficial del hormigón del 5%^[1] y los coeficientes de carbonatación K_c "esperados"^[2].

Los valores de densidad seca están en un rango entre 2070 y 2270 kg/m³, la absorción entre 4,8 y 7,2 %, el agregado es canto rodado de tamaño máximo 19 mm.

Los espesores de recubrimiento y pH estimados pueden observarse en la Tabla 4.

Tabla 1. Descripción de los ensayos realizados.

Ensayo
Determinación del coeficiente de permeabilidad al aire (kT) según norma IRAM 1892 in situ.
Determinación de espesor de recubrimiento del hormigón in situ.
Determinación de pH en coincidencia con los puntos de medición de kT. Extracción de muestras in situ.
Extracción de testigos in situ
Observación visual de los testigos para identificar agregados y homogeneidad en laboratorio
Determinación del perfil de carbonatación, relación cemento:agregado, contenido unitario de cemento, densidad y resistencia a compresión de los testigos en laboratorio (ver Tabla 3).



Figura 1. kT 1-6: Columna sobre Av Libertador. Estimación del espesor de recubrimiento y pH



Figura 2. kT 7-10: Barandas sobre calle Agüero



Figura 3. kT 11-16: Columna Av. Las Heras Austria. Estimación del espesor de recubrimiento y pH



Figura 4. kT 17-22: Bajo puente peatonal Agüero. Medición del espesor de recubrimiento y pH



Figura 5. Determinación kT 21



Figura 6. Determinaciones kT 23-27: Alero Piso 5°. Av. Libertador y Agüero

La constante de carbonatación natural fue calculada para los testigos T1 a T6 y los resultados se observan en la Tabla 5.

Tabla 2: Permeabilidad al aire y coeficiente de carbonatación “esperado”

Sector	Rango de kT_5 [1] [$10^{-16} m^2$]	Penetrab.	Rango de K_c esp. [$mm/año^{0,5}$]
Figura 1	0,057-0,850	Moderada	2,6-3,4
Figura 2	1,46-14,0	Alta	3,7-4,2
Figura 3	0,037-0,853	Moderada	3,1-3,8
Figura 4	0,154-3,81	Moderada	2,9-4,1
	0,069	Moderada	3,4
	78,8-87,9	Muy Alta	4,8
	1,66	Moderada	4,3
Figura 6	0,020-2,10	Moderada	2,5-4,2
Alero 5° P - Las Heras y Agüero	0,059-2,146	Moderada	2,5-3,9
Base tanque terraza	0,035-3,62	Moderada	2,4-4,3

Tabla 3: Testigos de hormigón

Lugar de extrac.	Res. Comp. [MPa]	Agl: Agr	CUC [kg/m^3]	X_{CO_2} [mm]
T1-T2	22,0	1 : 5,8	300	21
	8,6	--	--	23
T3	37,6	1 : 6,3	286	11
T4	34,4	--	--	15
T5	--	1 : 5,8	287	7
T6	--	--	--	22

T1-T2: Vigas barandas PB calle Agüero / T3: Tabique curvo entrada Av. Las Heras / T4: Zona puente peatonal calle Austria / T5: Viga circular escalera calle Austria / T6: Zona bajo puente peatonal a calle Austria

Tabla 4: Espesores de recubrimiento y pH medido.

Determinac. kT	Esp.rec. [mm]	Tipo de medición	Prof. [mm]	pH
AU 11 a 16	≈50 a ≈25	Indirecta	0 - 20 20 - 40	12,5 12,5
L 1 a 6	≈30 a ≈52	Indirecta	0 - 10 10 - 20 20 - 40	11,9 12,2 12,5
AG 20	17,5 / ≈16	Directa / Indirecta	0 - 20 20 - 40	12,4 12,5

AU 11 a 16: Columna Av. Las Heras y Austria / L 1 a 6: Columna Av. Libertador y Agüero / AG 20: Base puente peatonal Agüero

Tabla 5. Constante de carbonatación natural (K_N)

Testigo	Prof. de carb. X_{CO_2} [mm]	K_N (1968) desde 1968 [$mm/a^{0,5}$]	K_N (1990) desde 1990 [$mm/a^{0,5}$]
T1	21	2,8	3,7
T2	23	3,1	4,1
T3	11	1,5	1,9
T4	15	2,0	2,6
T5	7	0,9	1,2
T6	22	3,0	3,9
Muestra L	10	1,4	1,8

La constante de carbonatación se calculó, teniendo en cuenta el período de vida de servicio, entre 53 y 31 años.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las zonas de las cuales se extrajeron los testigos ensayados no tendrían compromiso

estructural relevante y pueden ser reemplazadas o reparadas en forma independiente sin afectar a la estructura principal.

Los contenidos de cemento y los valores de densidad corresponden a los niveles habituales para los hormigones de peso normal, de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 201:2005.

Los resultados de resistencia a compresión de los testigos ensayados resultarían compatibles con hormigones utilizados en el período de construcción. El Testigo T2 sería una excepción dado que se tomó de una baranda sobre el puente peatonal de la calle Agüero, cuyo deterioro a simple vista es importante y las mediciones de kT elevadas, coincidiendo con la lixiviación avanzada debajo del mismo (Figura 10). Se recomienda realizar un análisis del estado de la corrosión de las armaduras.

Las determinaciones de permeabilidad al aire (kT) no coinciden con los puntos de extracción de testigos por restricciones establecidas por el solicitante. Para analizar el grado de carbonatación de algunos puntos críticos de la estructura se determinó el valor pH.

Si bien las determinaciones de kT , en la parte superior de los aleros en 5° piso, indican una penetrabilidad moderada, hay que considerar que el espesor de recubrimiento inferior sería escaso y, sumado a las condiciones de exposición a los vientos del río, habría provocado el desprendimiento mayoritario del mismo, dejando expuestas las armaduras con corrosión avanzada a simple vista (Figuras 8-9). El resto de los aleros sobre las calles Austria, Agüero y Av. Las Heras, no presentan daños.

Los valores de K_N (obtenidos de mediciones directas de profundidad de carbonatación) y de K_c (“esperados” en función de los valores de kT_5 registrados) no superan los límites descriptos en la norma EN 206:2013+A1, por lo que se puede inferir que la carbonatación no sería significativa excepto para los testigos T1, T2 y T6 que no son representativos de la estructura principal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bueno, V., Nakarai, K., Nguyen, M.H., Torrent, R.J., Ujike, I. “Effect of surface moisture on air-permeability kT and its correction”. *Materials and Structures* (2021) 54:89.
- [2] Neves, R., Torrent, R. and Imamoto, K., "Residual service life of carbonated structures based on site non-destructive tests", *Cement and Concrete Research* 109 (2018) 10–18.