Maturity: Monitoreo de la resistencia del hormigón en tiempo real a través del cálculo de la madurez.

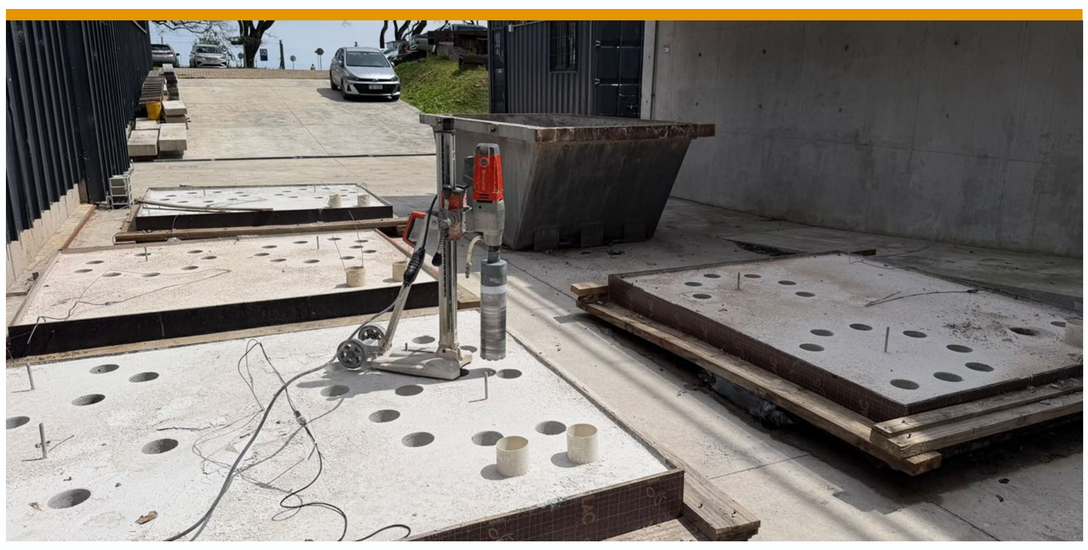
Ingeniería deMuestra

Juan M. Cabrera, M. Paula Codina, Mauro Fernandes,
Patricia E. Vila, María Noel Pereyra.
Instituto de Estructuras y Transporte, FIng-UdelaR

¿Qué es la madurez del hormigón?

Es una técnica no destructiva que permite estimar la resistencia a compresión del hormigón a edades tempranas, en función de su historial de temperaturas.

En Uruguay su uso es aún escaso. Este proyecto busca generar la base técnica local para su aplicación y su futura incorporación a la normativa nacional.



Calibración y validación para hormigones de uso local

Esta investigación se enmarca en el proyecto Maturity, financiado por la ANII y desarrollado en conjunto con RDA Ingeniería. En él se estudiaron cuatro dosificaciones de uso habitual en el medio, con dos niveles de resistencia (30 y 40 MPa) y dos tipos de cemento (CPN50 y CPC40), siguiendo la norma ASTM C1074.

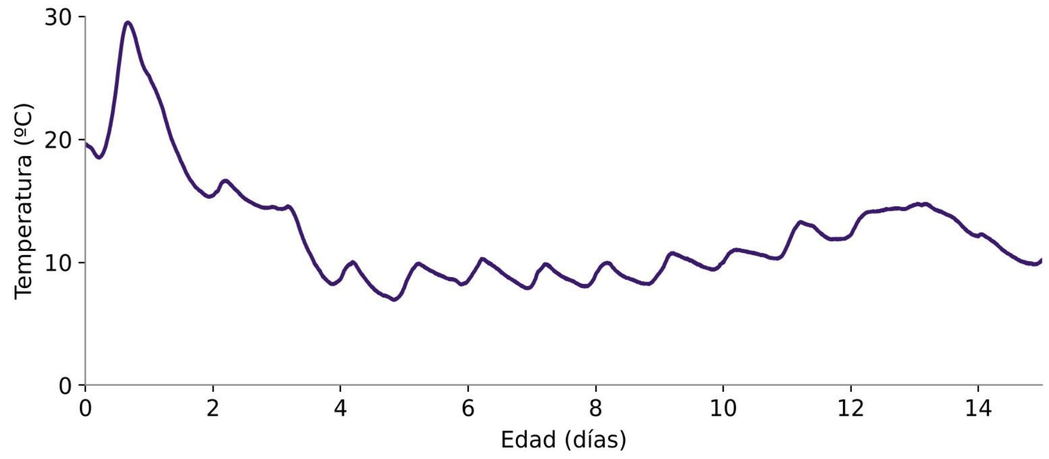
Determinación de parámetros: la ganancia de resistencia del hormigón depende de su dosificación y, a su vez, de la temperatura a la que se expone. Para caracterizar esta relación se ensayaron a compresión cubos de mortero equivalentes curados a 5, 20 y 40 ºC, a partir de los cuales se obtuvieron los parámetros propios de cada mezcla: la temperatura datum (T_0) y la energía de activación (Ea).

Curvas de calibración: para cada dosificación se elaboraron probetas de hormigón, en las que se registró la temperatura y se determinó la resistencia a compresión a distintas edades. Con los parámetros obtenidos en la etapa anterior se calcularon la madurez y la edad equivalente de cada probeta y se ajustó su relación con la resistencia. La curva resultante es la que permite estimar la resistencia en obra a partir de la temperatura medida.

Nurse-Saul (madurez)

$$M(t) = \sum (T_a - T_0)\,\Delta t$$

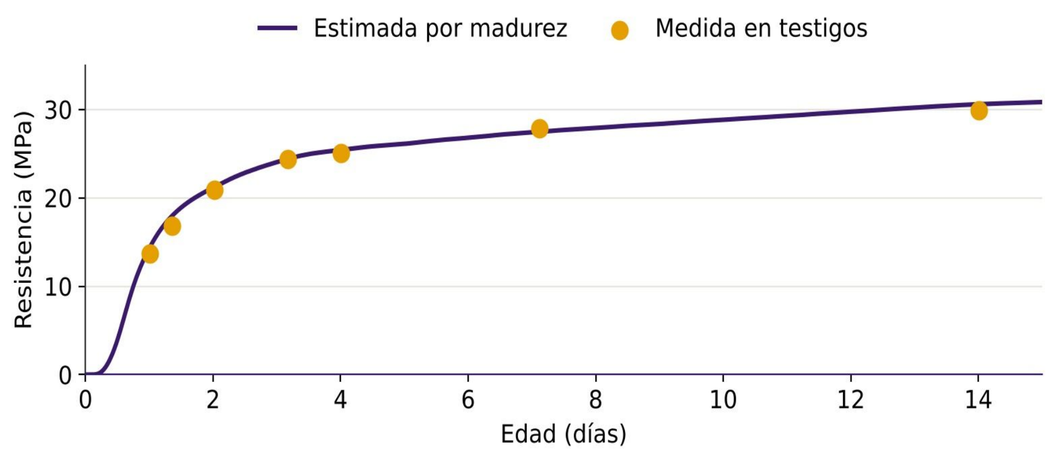
M: madurez (ºC·h); T_a*:* temperatura del hormigón; T_0*:* temperatura datum (ºC); Δt*:* intervalo de tiempo (h).



¿Para qué sirve?

A partir de la temperatura registrada por sensores, permite estimar en tiempo real cuándo el hormigón en obra alcanza la resistencia necesaria para ser desmoldado, tensado o habilitar un pavimento al tránsito. Así se reducen los tiempos de espera, se toman decisiones más seguras y se disminuye la cantidad de probetas, lo que también reduce costos e impacto ambiental.

No obstante, no reemplaza el control de recepción del hormigón, ya que no considera posibles deficiencias en su elaboración, colocación o curado.



Validación a escala real: se fabricaron cuatro losas de 2,20 × 1,90 × 0,25 m a la intemperie, con sensores de temperatura embebidos. A distintas edades se extrajeron testigos y se ensayaron a compresión, para comparar la resistencia real del elemento con la estimada a partir de su madurez y verificar la validez de las curvas de calibración en condiciones de obra.

Arrhenius (edad equivalente)

$$t_e = \sum \exp\left[-\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_r}\right)\right]\Delta t$$

t_e*:* edad equivalente (h); E_a*:* energía de activación aparente (J/mol); *R:* constante universal de los gases; T_r*:* temperatura de referencia (K).

Fundación Julio Ricaldoni
INGENIERÍA EN EL URUGUAY

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY