

Defensa de Tesis Doctoral
“Evaluación de la respuesta al impacto del hormigón reforzado con fibras”
Ing. Juan Carlos Vivas

El 13 de marzo del presente año, en el Aula Fernández de la Facultad de Ingeniería de la UNLP, el Ing. Juan Carlos Vivas defendió su tesis doctoral titulada: “Evaluación de la respuesta al impacto del hormigón reforzado con fibras”. Obtuvo la máxima calificación 10 (diez), por decisión unánime. La parte experimental se desarrolló, casi en su totalidad, en el **Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT)**, bajo la dirección del Dr. Ing. Raúl Zerbino, con el apoyo de los demás miembros del Área Estudios Especiales.



En la investigación se evaluó la respuesta del Hormigón Reforzado con Fibras (HRF) frente a impacto, considerando el efecto de impactos sucesivos sobre el inicio y crecimiento del ancho de la fisura generada. A su vez, estudiar el vínculo de la respuesta al impacto con las propiedades residuales del material medidas a partir de ensayos cuasi estáticos. Para ello se diseñó un método de ensayo original por caída libre de un proyectil, que evalúa el desempeño del material antes de la fisuración y en estado fisurado. El método se validó de forma experimental, estadística y numéricamente. Adicionalmente se compararon los resultados obtenidos con el propuesto por el comité ACI-544. Mediante la aplicación del método, además, se evaluó el efecto del tipo y contenido de fibras, y de características del hormigón tales como resistencia, y características de los agregados que lo componen.

El interés de los resultados obtenidos en esta tesis es claro como lo demuestra su aplicación a casos particulares y a su evaluación por pares al haberse publicado los principales resultados en revistas indexadas de alto impacto en la temática.

RESUMEN: El Hormigón Reforzado con Fibras (HRF) es un material de alto desempeño con capacidad de sobrellevar acciones en estado fisurado, particularmente eficiente frente a sollicitaciones dinámicas, como los impactos. El HRF se ha aplicado en diversas estructuras expuestas a cargas de impacto como pisos industriales, barreras viales, cerramientos de seguridad, columnas de puentes, entre otros. Aunque se han propuesto varios métodos para evaluar la resistencia al impacto del HRF, no existe una prueba ampliamente aceptada. Además de la clase del HRF, la caracterización del comportamiento al impacto debería ser un criterio importante para seleccionar el tipo de fibra más adecuado para cada estructura y condiciones de carga. La caracterización del comportamiento de impacto también podría usarse para estimar la respuesta de diferentes HRF expuestos a explosiones u otros tipos de cargas extremas.

En esta tesis se evalúa la respuesta del HRF frente a impactos, considerando el efecto de impactos sucesivos sobre el crecimiento del ancho de fisura. Para ello, en primera instancia, se diseñó una metodología de ensayo, sencilla y económica, basada en la caída libre de un proyectil, que evalúa el desempeño del material antes de la fisuración y en estado fisurado.

Numéricamente se estudió la distribución de esfuerzos en los especímenes. Se determinó estadísticamente el número mínimo de ensayos recomendables y se propuso un método de corrección de los resultados, a partir de un estudio paramétrico, en que se evaluó la influencia de la geometría de la probeta y la masa del proyectil sobre los resultados obtenidos.

En la fase de implementación, se compararon los resultados obtenidos con este método, frente a los resultantes de aplicar el método más popular y difundido: el método del comité ACI-544; y luego empleando la nueva metodología de ensayo, se comparó la respuesta en impacto de hormigones reforzados con distintos tipos y contenidos de fibras, con diversas resistencias a la compresión del hormigón de base y con varias formas y tipo del agregado. Finalmente, se analizó la vinculación entre los resultados del ensayo de impacto propuesto y los parámetros de clasificación de los ensayos estáticos, se enfocó especialmente en la correlación con los parámetros empleados en el proceso clasificatorio propuesta en el *fib* Model Code 2010 en base al ensayo de flexión estática EN 14651.

El ensayo propuesto (GIL) es sencillo, de rápida implementación y económico; permite valorar la resistencia a la fisuración del hormigón por impacto como así también su capacidad residual en impacto en estado fisurado. Se requieren pocas pruebas para obtener resultados con un alto nivel de confianza. Los parámetros del ensayo GIL de mayor potencial son la energía total (E_T) y la tasa de apertura de fisura (V_C).

Luego de evaluar HRF que contenían fibras de acero, poliméricas y vidrio, se concluyó que la incorporación de fibras aumenta la capacidad del hormigón frente a cargas de impacto, dicha mejora depende del tipo y contenido de fibras, pero el desempeño en impacto se ve afectado por la resistencia a la compresión, la forma y tamaño de los agregados. Se observaron incrementos en la tenacidad del hormigón principalmente después de la fisuración de la matriz y en especial en HRF poliméricas y de acero. Para los hormigones estudiados en esta tesis, la dosis y el tipo de fibras (respectivamente) resultaron los factores de mayor influencia en el desempeño en impacto del HRF, en base al incremento porcentual de la E_T y V_C ; los otros factores tuvieron menor influencia, ordenados en forma decreciente, fueron: la forma, tamaño del agregado y la resistencia a la compresión de la matriz.

Se verifica la relación de tensiones residuales a 0,5 y 2,5 mm de abertura de fisura del ensayo de flexión estática EN14651 (f_{R3}/f_{R1}), como el parámetro de mejor correlación con los derivados del ensayo de impacto diseñado en esta tesis. Se encontró una buena correlación entre los valores de energía total (E_T) y la tasa de apertura de fisura (V_C) del ensayo de impacto.