

# CARRERA DEL INVESTIGADOR CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

## Informe Científico<sup>1</sup>

PERIODO <sup>2</sup>: 2015-2016

### 1. DATOS PERSONALES

*APELLIDO: Giaccio*

*NOMBRES: Graciela Marta*

*Dirección Particular: Calle:*

*Localidad: La Plata CP: 1900 Tel: Dirección*

*electrónica (donde desea recibir información, que no sea "Hotmail"):  
ggiaccio@ing.unlp.edu.ar*

### 2. TEMA DE INVESTIGACION

Estructura y comportamiento del hormigón

**PALABRAS CLAVE (HASTA 3)** Hormigón Fisuración Fibras

### 3. DATOS RELATIVOS A INGRESO Y PROMOCIONES EN LA CARRERA

*INGRESO: Categoría: Asistente Fecha: Abril 1986*

*ACTUAL: Categoría: Independiente desde fecha: Mayo 1996*

### 4. INSTITUCION DONDE DESARROLLA LA TAREA

*Universidad y/o Centro: a- LEMIT - CIC*

*b-UNLP*

*Facultad:*

*b-Ingeniería*

*Departamento:*

*b-Construcciones*

*Cátedra:*

*Otros:*

*Dirección: Calle: 52 e/ 121 y 122 N°: s/n*

*Localidad: La Plata CP: 1900 Tel: 483-1142*

*Cargo que ocupa: Investigador*

### 5. DIRECTOR DE TRABAJOS (En el caso que corresponda)

*Apellido y Nombres:*

*Dirección Particular: Calle: N°:*

*Localidad: CP: Tel:*

*Dirección electrónica:*

<sup>1</sup> Art. 11; Inc. "e"; Ley 9688 (Carrera del Investigador Científico y Tecnológico).

<sup>2</sup> El informe deberá referenciar a años calendarios completos. Ej.: en el año 2017 deberá informar sobre la actividad del período 1°-01-2015 al 31-12-2016, para las presentaciones bianuales. Para las presentaciones anuales será el año calendario anterior.

Firma del Director (si corresponde)

Firma del Investigador

## **6. RESUMEN DE LA LABOR QUE DESARROLLA**

*Descripción para el repositorio institucional. Máximo 150 palabras.*

La línea de investigación comprende el análisis de la estructura y los procesos de fisuración del hormigón vinculados con sus propiedades mecánicas y de transporte. Las actividades se centraron en el estudio de hormigones reforzados con fibras (HRF), incluyendo diferentes macrofibras de acero (bajo y alto carbono), sintéticas y de vidrio. Se evaluó el comportamiento postpico de HRF variando el tipo y contenido de fibras, como así también las condiciones de carga; se destaca el estudio de las deformaciones diferidas bajo cargas de larga duración de HRF fisurados. Otros trabajos analizan el efecto de las fibras en hormigones dañados, ya sea para controlar los procesos de generación de daño como para que el hormigón conserve sus prestaciones y el uso de HRF para la reparación de pavimentos. También se estudiaron aplicaciones de hormigones de muy alta resistencia y se inició un estudio sobre Hormigones de Ultra Alta Resistencia.

## **7. EXPOSICION SINTETICA DE LA LABOR DESARROLLADA EN EL PERIODO.**

*Debe exponerse, en no más de una página, la orientación impuesta a los trabajos, técnicas y métodos empleados, principales resultados obtenidos y dificultades encontradas en el plano científico y material. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.*

El hormigón es un material compuesto que presenta una estructura compleja, en la que suelen haber micro y macrofisuras de magnitud y localización variada, conforme el proceso que les dio origen. La vinculación de la respuesta mecánica y las propiedades de transporte con la estructura interna del material permite no sólo avanzar en su conocimiento sino también la solución de problemas tecnológicos, la extensión de la vida en servicio de las estructuras y el desarrollo de hormigones de altas prestaciones. Desde este enfoque de material compuesto se encararon los trabajos desarrollados.

La obtención de hormigones especiales sólo es posible a medida que se profundiza en el conocimiento de la estructura interna y de las variables que afectan los mecanismos de rotura del hormigón. La labor desarrollada en el período informado se orienta principalmente al diseño y caracterización de hormigones de altas prestaciones, en particular de alta resistencia y reforzados con fibras, y al estudio de los cambios de prestaciones cuando han sido expuestos a daño.

Se estudiaron los cambios en el comportamiento del hormigón producidos por la presencia de defectos generados por reacción álcalis-sílice (RAS) o por exposición a altas temperaturas tanto en hormigones convencionales, de alta resistencia y con fibras (HRF). Se publicó un artículo sobre el efecto de las fibras en las propiedades residuales de HRF afectado por RAS (8.1.1) y continuó la evaluación (expansiones, permeabilidad al aire, relevamiento de fisuras) de prototipos situados a la intemperie para analizar condiciones más reales y la incidencia del volumen de material involucrado en este proceso de daño. También se analizaron las propiedades de transporte del HRF en estado fisurado (8.1.3). Dentro de una cooperación con la UNTucumán, con quienes hace algunos años se desarrolló un modelo numérico para HRF, se abordó el estudio de las propiedades residuales del HRF expuesto a altas temperaturas (8.1.13).

En este período se desarrolló intensamente el estudio de los hormigones con fibras (incluidos los autocompactantes). Siendo las macrofibras de vidrio las de más reciente aparición, y considerando que presentan un comportamiento diferente a las fibras de acero o sintéticas, se evaluaron las propiedades en estado fresco y endurecido, se analizó la distribución y la orientación de las fibras en elementos estructurales y el comportamiento bajo cargas sostenidas en estado fisurado. En los artículos 8.1.5, 8.1.6 y 8.1.7 se discuten estos aspectos. Derivado de trabajos de transferencia a la industria se realizó una presentación sobre HRF sintéticas para pisos industriales (8.1.11).

El estudio del comportamiento bajo cargas de larga duración de HRF constituye un tema de gran interés a nivel internacional ya que una de las cualidades salientes del HRF es que trabaja en estado fisurado y es necesario verificar si sus propiedades residuales se ven afectadas en el tiempo, en particular para el caso de las fibras poliméricas. Continuó el estudio de HRF (acero, poliméricas, vidrio) sobre hormigones prefisurados, analizando las relaciones entre nivel de fisuración y niveles de sollicitación, propiedades de transporte y comportamiento residual. En 8.1.9, 8.1.14, y 8.1.15 se presentan algunos resultados.

Entre las aplicaciones de mayor potencialidad del HRF se encuentra el refuerzo y reparación de estructuras; un caso particular es su uso de como capa de refuerzo en pavimentos. Se estudió el comportamiento de reparaciones tipo overlay, realizadas con diferentes fibras, sobre sustratos de hormigón simple o de concreto asfáltico. En 8.1.2 y 8.1.8 se presentan los resultados, que además incluyen el ajuste de un modelo numérico y el análisis de las condiciones ambientales.

Los requerimientos de mayor sustentabilidad a las estructuras han promovido el desarrollo de hormigones de altas prestaciones. Un caso particular lo constituyen los hormigones de alta y ultra alta resistencia, en los que suelen incorporarse microfibras, y eventualmente macrofibras, de acero de alta resistencia. Dado su buen desempeño ante cargas dinámicas, una de sus potenciales aplicaciones es la reparación de estructuras y la protección ante cargas extremas. En este período se evaluó el comportamiento de hormigones de alta resistencia frente a cargas extremas y comenzó el desarrollo de mezclas de ultra alta resistencia. En 8.1.4, 8.1.10, 8.1.12 y 8.3.1 se vuelcan los resultados obtenidos.

Finalmente, continuó la participación en el proyecto interdisciplinario FITS MAyCC N° 27/2013 cuyo objetivo es el aprovechamiento de recursos minerales para el tratamiento de aguas subterráneas con contenidos excesivos de arsénico; se analizaron diversas alternativas de disposición de material arcilloso residual del tratamiento de remoción de arsénico del agua.

La línea de investigación desarrollada contribuye a los intereses de la Provincia a través del aporte de información para la resolución de problemas tecnológicos vinculados a la industria de la construcción y al empleo de hormigones convencionales y especiales para la realización de construcciones sustentables.

## **8. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS O PUBLICADOS EN ESTE PERIODO.**

**8.1 PUBLICACIONES.** *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellas publicaciones en las que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Toda publicación donde no figure dicha mención no debe ser adjuntada porque no será tomada en consideración. A cada publicación, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden que figuran en ella, lugar donde fue publicada, volumen, página y año. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparece en la publicación. La copia en papel de cada publicación se presentará por separado. Para cada publicación, el investigador deberá, además, aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del trabajo y, para aquellas en las que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación. Asimismo, para cada publicación deberá indicar si se encuentra depositada en el repositorio institucional CIC-Digital.*

8.1.1. Contribution of fiber reinforcement in concrete affected by alkali silica reaction  
Giaccio, G., Bossio, M.E., Torrijos, M.C. and Zerbino, R.

Cement and Concrete Research, V. 67, (2015), pp. 310–317.

Fiber reinforced concrete (FRC) is a high performance material that is frequently used for structures in contact with aggressive environments, because the fibers can control the propagation of cracks. This paper analyzes the residual properties of FRC after the alkali-silica reaction has taken place. The potential contribution of

different types of fibers for mitigating the degradation process and their effects on the mechanical and transport residual properties are discussed. The expansions, presence of cracks, compressive strength and modulus of elasticity, and the behavior under flexural loads were evaluated. Steel fibers were the most efficient for reducing the crack density, followed by synthetic macrofibers. The air permeability coefficient followed the same tendency, showing the positive effect of macrofibers in transport properties. Concretes incorporating steel or synthetic macrofibers conserve their original post-peak loading capacity when severe alkali-silica reaction damage has taken place.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

8.1.2. Mechanical response of fiber reinforced concrete overlays over asphalt concrete substrate: experimental results and numerical simulation.

Isla F., Luccioni B., Ruano G., Torrijos M.C., Morea, F., Giaccio, G., Zerbino R.

Construction and Building Materials 93 (2015) 1022–1033.

Fiber reinforced concrete overlays are nowadays an alternative for repairing and reinforcing pavements. The contribution of concrete overlays strongly depends on the bond with the substrate. The fibers help sewing contraction joints and eventual cracks and, in this way prevent the propagation of cracks along the substrate-overlay interface. The addition of fibers to the overlay allows reducing repair thickness, increasing service life and improving pavements general performance. This paper presents some experimental tests performed for the development of a method to assess different fibers efficiency in this type of applications. Substrate-overlay composite beams are tested under flexure. The beams consist of overlays of plain and fiber reinforced concretes, containing steel and macro-synthetic fibers, applied over an asphalt concrete substrate. The numerical simulation of the beams is also included in the paper. Fiber reinforced concrete is considered as a composite material, made of a concrete matrix and fibers, and its mechanical behavior is modeled with a simple homogenization approach based on modified mixture theory. The numerical simulation can accurately reproduce material characterization tests and predict the bearing capacity of the composite beams. Furthermore, other substrate/overlay alternatives are numerically studied. The numerical results could be useful to improve the design of these intervention techniques.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

8.1.3. Propiedades de transporte en estado fisurado de Hormigones Reforzados con Fibras de acero y macrofibras sintéticas

María C. Torrijos, Raúl Zerbino y Graciela Giaccio

Int. Conference on Sustainable Structural Concrete: Sustain Concrete 2015, Lat RILEM, 15-18 Sept 2015, La Plata, Argentina. ISBN 978-987-3838-02-6, Trabajo 421, pp. 590-600.

La incorporación de fibras confiere al hormigón capacidad de control en el inicio y propagación de fisuras y, al limitar el ancho de fisura, dan lugar a mejoras en la durabilidad del material y consecuentemente a la vida en servicio de las estructuras. Este trabajo analiza la relación entre el nivel de fisuración y las propiedades de transporte en un hormigón simple y en el mismo material reforzado con 40 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero de tipo hooked-end y con 4 kg/m<sup>3</sup> de macrofibras sintéticas. Para ello se aserraron muestras de 150x150x50 mm, donde se generaron fisuras de anchos variables entre 0,03 y 0,50 mm aplicando cargas de tracción por compresión diametral. Luego de caracterizar las fisuras se evaluaron la absorción capilar y la permeabilidad al agua como propiedades representativas de diferentes mecanismos de transporte. Asimismo, y como referencia, se ensayaron muestras sin dañar. Mientras los tres hormigones mostraron una respuesta similar en el ensayo de absorción capilar, el coeficiente de permeabilidad aumentó con el ancho

de fisura; para anchos de fisura mayores a 0,2 mm la permeabilidad del hormigón con fibras sintéticas aumentó más que la del hormigón con fibras de acero.

Participación: idea, análisis, redacción.

No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

#### 8.1.4. Hormigones de Altas y Ultra Altas Prestaciones Reforzados con Fibras

Zerbino R., Giaccio G., Torrijos M.C., Luccioni B., Isla F., Ambrosini D., Codina R. and Violini D.

Int. Conference on Sustainable Structural Concrete: Sustain Concrete 2015, Lat RILEM, 15-18 Sept 2015, La Plata, Argentina. ISBN 978-987-3838-02-6, Trabajo 431, pp. 620-628.

El Hormigón de Ultra Alta Resistencia Reforzado con Fibras (HUAPRF) puede ser considerado como un material compuesto formado por una matriz de elevada resistencia a compresión (mayor a 100 MPa) y fibras distribuidas y orientadas aleatoriamente dentro de la misma. Las fibras restringen el crecimiento de fisuras y transfieren carga a las partes no fisuradas de la matriz. Debido a su alta resistencia, ductilidad y capacidad de absorción de energía, con un diseño adecuado, el HUAPRF puede ser un material promisorio para la realización de estructuras de protección o estructuras que puedan resultar expuestas a acciones extremas. Este trabajo muestra el desarrollo a nivel material de HUAPRF y su aplicación para la construcción de pequeños elementos estructurales destinados a la valoración del comportamiento de este material frente a cargas extremas. Se incluyen sus proporciones, propiedades en estado fresco y la resistencia y tenacidad en estado endurecido medidas en ensayos de flexión sobre vigas y losas.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

#### 8.1.5. Hormigones reforzados con macrofibras de vidrio

Monetti Diego H., Torrijos María C., Giaccio Graciela M., Zerbino Raúl L.

Proc. Terceras jornadas de investigación y transferencia-FI. UNLP, 2015, e-book, ISBN 978-950-34-1189-6, pp. 198-203

El Hormigón Reforzado con Fibras (HRF) es un material de alto desempeño que se caracteriza por su capacidad de resistir cargas luego de la fisuración. En la actualidad existe una amplia variedad de fibras no metálicas con capacidad estructural (macrofibras sintéticas y macrofibras de vidrio) que se suman a las tradicionales fibras de acero. Es conocido que existe una estrecha relación entre el número de fibras en las superficies de fractura y los parámetros postpico del HRF; la eficiencia del refuerzo dependerá además del tipo de fibra y sus características geométricas, de la cantidad, distribución y orientación. En hormigones autocompactantes se reconoce la influencia de la velocidad de flujo y el efecto pared sobre la orientación de las fibras, sin embargo no existen mayores antecedentes sobre la orientación de las macrofibras de vidrio en mezclas de alta fluidez. Por otro lado las macrofibras de vidrio dan lugar a una respuesta residual diferente a otros tipos de fibras, con resistencias residuales significativas para pequeñas aperturas de fisuras que permiten la transferencia de carga en las juntas o en zonas fisuradas de elementos estructurales como losas sobre el piso. Ante esta aplicación resulta de interés el estudio del comportamiento de elementos fisurados ante cargas de larga duración. En este trabajo se analiza la tendencia a la orientación de este tipo de fibras y su vinculación con los parámetros de resistencia y tenacidad previstos en la norma EN 14651, como así también, la respuesta en el tiempo del HRF fisurado. Entre las conclusiones se destaca que la orientación de las fibras se debe principalmente a la influencia de las paredes del molde (0,58 x 2 x 0,08 m) y a la velocidad de flujo del hormigón. La orientación de las fibras se vincula directamente con la respuesta diferencial en los ensayos de flexión; las vigas horizontales presentan mejor respuesta post pico que las vigas en dirección vertical. Las tensiones residuales crecen con la densidad de fibras; pero los HRF

con macrofibras de vidrio muestran como característica distintiva un aumento de la tensión de primera fisura con la densidad de fibras. Frente a cargas de larga duración los HRF para aperturas de fisura iniciales de 0,2 mm se observa una respuesta estable para un nivel de sollicitación igual al 70 % de la tensión final alcanzada en el proceso de prefisuración.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis.

No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

#### 8.1.6. Las macrofibras de vidrio y su empleo para el refuerzo de elementos de hormigón

B.E. Barragán, G. Giaccio, D.H. Monetti, M.C. Torrijos, R. Zerbino

Ciencia y Tecnología de los Materiales, N6, ISSN 2250-5989, 2016, pp. 17-27.

La incorporación de fibras otorga al hormigón capacidad de transferencia de cargas y control de la fisuración, con beneficios directos en la durabilidad de las estructuras. Si bien el vidrio resistente a los álcalis es excelente en cuanto a su adherencia y rigidez, hasta hace poco sólo se utilizaban microfibras para el control de la fisuración en estado plástico. Las macrofibras de vidrio abren nuevas posibilidades de aplicación, proveen refuerzo frente a efectos de la contracción térmica o por secado e incluso pueden actuar como armadura primaria. Estas macrofibras se distribuyen fácilmente en la mezcla fresca y son afines a la matriz cementícea favoreciendo la adhesión, poseen excelente resistencia a las condiciones ambientales e incrementan ligeramente la resistencia de primera fisura en el hormigón. Este trabajo describe la respuesta postpico típica observada para diferentes contenidos de macrofibras de vidrio y presenta dos estudios recientes, el primero comprende hormigones autocompactantes reforzados con macrofibras de vidrio y analiza la orientación del refuerzo en paneles delgados por efecto del flujo y el segundo estudia la respuesta en estado fisurado bajo cargas de larga duración de prismas fabricados con el hormigón utilizado para la construcción de un piso industrial.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

#### 8.1.7. Orientación del refuerzo y anisotropía en hormigones con fibras

Torrijos, M.C., Giaccio, G., Zerbino, R.

en Proc. VII Congreso Internacional, 21ª Reunión Técnica, Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, AATH, Salta – Argentina, ISBN 978-987-21660-9-0, v1, T2-60. 2016, pp. 219-226.

El uso de hormigón reforzado con fibras ha crecido significativamente a nivel mundial, la gran variedad de fibras y los avances en el conocimiento han permitido un mejor aprovechamiento de este material de alta performance. Las fibras controlan la fisuración variando la eficiencia del refuerzo conforme el tipo, cantidad, distribución y orientación de las fibras; pero esto último también puede variar según las dimensiones de los elementos estructurales y las propiedades del hormigón fresco. Numerosos estudios confirman que las fibras se ubican en planos normales a la dirección de llenado, pero en mezclas autocompactantes o de elevada fluidez la velocidad de flujo y el efecto pared afectan su orientación en elementos delgados. En este trabajo se discuten los principales factores que inciden sobre la orientación de las fibras en hormigón vibrado y autocompactante, y se muestran ejemplos de su influencia en la respuesta post-fisuración.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

#### 8.1.8. Respuesta mecánica de elementos mixtos representativos del uso de hormigón con fibras como refuerzo tipo whitetopping

Torrijos, M.C., Morea, F., Giaccio, G., Zerbino, R.

en Proc. VII Congreso Internacional, 21<sup>a</sup> Reunión Técnica, Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, AATH, Salta – Argentina, ISBN 978-987-21660-9-0, v1, T2-61. 2016, pp. 227-234.

Una de las aplicaciones más importantes del hormigón con fibras es la construcción de losas, pisos industriales y pavimentos. En este último caso, una de las soluciones para restablecer su nivel de servicio una vez deteriorados, es el uso de “overlays”. Tanto en pavimentos dañados de concreto asfáltico como de hormigón de cemento portland, los hormigones con fibras permiten el uso efectivo de capas delgadas de refuerzo, conocidas como whitetopping. Las fibras ejercen una acción de costura tanto sobre las juntas de contracción como sobre eventuales fisuras, permitiendo reducir el espesor de refuerzo, incrementando así la vida en servicio y prestaciones generales del pavimento. Dado que las condiciones ambientales pueden variar significativamente, este trabajo estudia el efecto de la temperatura sobre la respuesta de probetas compuestas sustrato asfáltico-hormigón con fibras; los resultados evidencian cambios importantes en capacidad de carga residual, rigidez y adherencia entre capas.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

#### 8.1.9. Creep en estado fisurado en hormigones reforzados con fibras

Zerbino, R., Monetti, D.H., Giaccio, G., Gettu, R.

en Proc. VII Congreso Internacional, 21<sup>a</sup> Reunión Técnica, Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, AATH, Salta – Argentina, ISBN 978-987-21660-9-0, v1, T2-62. 2016, pp. 235-242.

El fib Model Code 2010 presenta avances significativos para uso de Hormigón Reforzado con Fibras ya que no sólo considera su clasificación en función de los niveles resistentes sino que brinda criterios para el diseño estructural de elementos como losas armadas, losas sin armadura convencional, uniones de columnas, paredes y muros. Sin embargo el documento no considera casos donde las cargas sostenidas den lugar a deformaciones diferidas (fluencia). Esto genera un interés particular para las macrofibras poliméricas y se ha formado un comité de la RILEM “Creep behavior on cracked sections in FRC”. Este trabajo analiza los mecanismos que provocan deformaciones diferidas en hormigones con fibras en estado fisurado y discute en qué casos tales deformaciones adquieren relevancia. Se sintetizan resultados sobre hormigones con fibras de acero y poliméricas.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

#### 8.1.10. Hormigones de Ultra Alta Resistencia Reforzados con Fibras

Zerbino, R., Giaccio, G., Torrijos, M.C.

en Proc. VII Congreso Internacional, 21<sup>a</sup> Reunión Técnica, Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, AATH, Salta – Argentina, ISBN 978-987-21660-9-0, v1, T2-65. 2016, pp. 259-266.

Los materiales de ultra alta resistencia con cemento portland revisten interés para el refuerzo y reparación de construcciones de hormigón; el uso para la extensión de la vida en servicio de estructuras de hormigón armado o en estructuras expuestas cotidiana o potencialmente a acciones extremas como sismos y explosiones se destacan como aplicaciones. Estos materiales poseen resistencia a compresión superior a 150 MPa e incorporan microfibras de acero que incrementan la resistencia y generan un cuadro de fisuración múltiple. Este trabajo trata sobre los criterios de diseño y propiedades de este tipo de mezclas y se muestran resultados que evidencian el efecto de la incorporación de microfibras en la respuesta mecánica de losas y placas de 20 mm de espesor.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

8.1.11. Estudio experimental de la respuesta mecánica de hormigones reforzados con macrofibras sintéticas para uso en pisos industriales

Zerbino, R., Giaccio, G., Pombo, R.

en Proc. VII Congreso Internacional, 21<sup>a</sup> Reunión Técnica, Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, AATH, Salta – Argentina, ISBN 978-987-21660-9-0, v1, T2-92. 2016, pp. 275-282.

El Hormigón Reforzado con Fibras es un material de alto desempeño; la incorporación de fibras incrementa la capacidad de transferencia de cargas y controla la fisuración dando lugar a una mayor durabilidad. Es un material especialmente ventajoso para construir estructuras hiperestáticas como pisos industriales y pavimentos, que constituyen típicos ejemplos de aplicación. En estos casos las fibras permiten reducir total o parcialmente la armadura convencional y aumentar el espaciamiento de juntas. Este trabajo muestra los resultados de un extenso estudio donde se evaluó la performance de dos macrofibras sintéticas diferentes incorporadas en dosis variables entre 1 y 5,5 kg/m<sup>3</sup>, sobre un mismo hormigón de base. Asimismo se analizaron hormigones similares que incorporan aditivo expansor. Para la caracterización se determinaron los parámetros residuales en flexión y la contracción por secado. En base a los resultados se discuten los criterios a considerar en la selección del tipo y contenido de fibras.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

8.1.12. Tenacidad y respuesta frente a cargas explosivas en Hormigones de muy Alta Resistencia Reforzados con Fibras

Giaccio, G., Zerbino, R., Torrijos, M.C. Luccioni, B., Isla, F., Codina, R., Ambrosini, D.

en Proc. VII Congreso Internacional, 21<sup>a</sup> Reunión Técnica, Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, AATH, Salta – Argentina, ISBN 978-987-21660-9-0, v1, T7-99. 2016, pp. 669-676.

El Hormigón de Muy Alta Resistencia Reforzado con Fibras aparece como un material promisorio para construir elementos de protección o estructuras expuestas a acciones extremas. Este trabajo muestra el efecto de la incorporación de fibras en un hormigón con una resistencia a compresión mayor a 100 MPa. Se comparan mezclas de hormigón simple y 4 hormigones que incorporan 40 u 80 kg/m<sup>3</sup> de dos fibras de acero de diferente longitud. Luego de describir la obtención del material y la caracterización en flexión y compresión, se muestra la respuesta bajo cargas estáticas y frente a explosiones de losas cuadradas de 500 mm de lado y 50 mm de espesor. Los resultados evidencian la potencialidad del material ante acciones extremas; el refuerzo con fibras mantuvo la integridad de las piezas con una reducción significativa del daño y un cuadro de fisuración que manifiesta gran capacidad de absorción de energía.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

8.1.13. Influencia de altas temperaturas en el comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibras

Gonzalo Ruano Facundo Isla, Bibiana Luccioni, Raúl Zerbino y Graciela Giaccio

Mecánica Computacional Vol XXXIV, (artículo completo), Eds: S. Giusti, M. Pucheta y M. Storti, Córdoba, 8-11 Noviembre 2016, págs. 2463-2481

La adición de fibras de acero permite mejorar la respuesta mecánica del hormigón. Los principales beneficios se obtienen en el comportamiento a tracción donde las fibras unen ambas caras de las fisuras, generando una mayor ductilidad que está relacionada con el deslizamiento de las fibras respecto de la matriz de hormigón. Algunos estudios muestran que las fibras de acero también mejoran las propiedades mecánicas residuales del hormigón luego de la exposición a altas temperaturas, situación que puede darse tanto en condiciones de servicio como

accidentales. En este trabajo se simula el comportamiento del hormigón reforzado con fibras (HRF) expuesto a altas temperaturas mediante un modelo termo-mecánico no lineal. Para modelar el material compuesto se utiliza una generalización de la teoría de mezclas extendida al campo térmico. Para la matriz de hormigón se utiliza un modelo termo-mecánico de plasticidad acoplada con daño térmico y para las fibras un modelo elastoplástico que simula la respuesta de arrancamiento dependiente de la temperatura. Para su calibración se tiene en cuenta la variación de la respuesta al arrancamiento de las fibras con la temperatura obtenida a partir de ensayos de arrancamiento luego de exposición a la temperatura y la degradación de las propiedades mecánicas que experimenta la matriz de hormigón en función de la temperatura máxima alcanzada. La parte térmica de los modelos, tanto en el caso del hormigón como en el caso de las fibras, es no lineal incorporando la variación de las propiedades térmicas a través de una variable interna dependiente de la historia térmica. Se describe el modelo utilizado y se presentan ejemplos de aplicación térmicos y otros en los que se reproducen ensayos de resistencia residual a flexión de vigas de HRF luego de exposición a altas temperaturas que muestran que la adición de fibras de acero mejora la resistencia residual de los hormigones expuestos a altas temperaturas. La comparación de los resultados numéricos con los experimentales permite validar la herramienta numérica.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis.

No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

#### 8.1.14. Effect of beam width on the creep behaviour of cracked fibre reinforced concrete

Zerbino, R.L., Giaccio G.M., Monetti D.H. and Torrijos M.C.

en Proc. International RILEM Workshop FRC-CREEP 2016, Eds: P. Serna, A. Llano-Torre, S.H.P. Cavalaro, RILEM Bookseries, Springer, V1, Valencia, 2016, pp. 169-178.

Many efforts have been made to develop a creep testing procedure for fibre concrete in cracked state. Among several proposals the use of a bending test seems a promissory alternative. The “creep testing procedure” includes pre-cracking process up to some established crack width, the creep test itself applying permanent loads and finally, a bending test to evaluate the residual strength properties after creep. This paper compares the results of creep tests performed on beams of different widths (50, 100 and 150 mm). The use of thin fibre reinforced concrete specimens should be of interest for applications such as the reparation of concrete structures or the protection of elements exposed to extreme actions. A conventional fibre concrete incorporating 40 kg/m<sup>3</sup> of hooked-end steel fibres with a 51.3 MPa compressive strength, class 4a, was used. The specimens were pre-cracked up to 0.5 mm and the sustained bending stress was equal to 60 % of the stress  $f_{R1}$  of each prism. The results show that the specimen width has a minor effect on the results of creep tests in cracked state but the variability increases when the width decreases

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

#### 8.1.15. Creep Behaviour of Cracked Steel and Macro-Synthetic Fibre Reinforced Concrete

Zerbino, R., Monetti, D.H. and Giaccio, G.

Materials and Structures (2016) 49 (8):3397–3410. (ISSN 1359-5997)

The study of creep behaviour of fibre concrete in cracked conditions is nowadays one of the main subjects of interest; many research groups in the world are working on this matter and the development of test methods and the definition of parameters for its characterization becomes an urgent necessity. This paper explores the use of different types and levels of long term bending loads and compares the creep rates

of fibre reinforced concretes (FRC) incorporating steel and two macro-synthetic fibres. Tests arrangements with central and third point loadings were used. An initial crack width of 0.5 mm was adopted. It was verified that the creep rate clearly increases in macro-synthetic FRC and that the application of loading-unloading cycles does not imply significant changes in the creep rate when compared to permanent loads of similar magnitude. After creep tests the remaining residual bending capacity of FRC is considerable. Similar creep behaviour was observed by using three or four point loading configuration.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.  
No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

**8.2 TRABAJOS EN PRENSA Y/O ACEPTADOS PARA SU PUBLICACIÓN.** *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellos trabajos en los que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Todo trabajo donde no figure dicha mención no debe ser adjuntado porque no será tomado en consideración. A cada trabajo, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden en que figurarán en la publicación y el lugar donde será publicado. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparecerá en la publicación. La versión completa de cada trabajo se presentará en papel, por separado, juntamente con la constancia de aceptación. En cada trabajo, el investigador deberá aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del mismo y, para aquellos en los que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.*

**8.3 TRABAJOS ENVIADOS Y AUN NO ACEPTADOS PARA SU PUBLICACION.** *Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo, indicando el lugar al que han sido enviados. Adjuntar copia de los manuscritos.*

8.3.1. Effect of Steel Fibers on Static and Blast Response of High Strength Concrete  
Luccioni B., Isla F., Codina R., Ambrosini D., Zerbino R., Giaccio G., Torrijos M.C.  
International Journal of Impact Engineering 107 (2017) 23-37.

Actualmente se encuentra disponible online.

The advantages of High Strength Fiber Reinforced Concrete (HSFRC) in static behavior highlighted by many researchers suggest it is a promising material to withstand dynamic loads. However, available experimental results regarding blast performance of HSFRC structural elements are still limited. The results of exploratory series of tests using a high strength concrete, over 100-MPa compressive strength, reinforced with long hooked-end steel fibers are presented in this paper. The results of static characterization tests performed on prisms and slabs and the results of blast tests on slabs are presented and analyzed. The improvements found in static flexure response with different fibers contents are compared with those found under blast loads. The effects of fibers controlling cracking, scabbing and spalling under close-in explosions are also addressed.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.  
No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

**8.4 TRABAJOS TERMINADOS Y AUN NO ENVIADOS PARA SU PUBLICACION.** *Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo.*

**8.5 COMUNICACIONES.** *Incluir únicamente un listado y acompañar copia en papel de cada una. (No consignar los trabajos anotados en los subtítulos anteriores).*

**8.6 INFORMES Y MEMORIAS TECNICAS.** *Incluir un listado y acompañar copia en papel de cada uno o referencia de la labor y del lugar de consulta cuando*

*corresponda. Indicar en cada caso si se encuentra depositado en el repositorio institucional CIC-Digital.*

**9. TRABAJOS DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS.**

**9.1 DESARROLLOS TECNOLÓGICOS.** *Describir la naturaleza de la innovación o mejora alcanzada, si se trata de una innovación a nivel regional, nacional o internacional, con qué financiamiento se ha realizado, su utilización potencial o actual por parte de empresas u otras entidades, incidencia en el mercado y niveles de facturación del respectivo producto o servicio y toda otra información conducente a demostrar la relevancia de la tecnología desarrollada.*

**9.2 PATENTES O EQUIVALENTES** *Indicar los datos del registro, si han sido vendidos o licenciados los derechos y todo otro dato que permita evaluar su relevancia.*

**9.3 PROYECTOS POTENCIALMENTE TRANSFERIBLES, NO CONCLUIDOS Y QUE ESTAN EN DESARROLLO.** *Describir objetivos perseguidos, breve reseña de la labor realizada y grado de avance. Detallar instituciones, empresas y/o organismos solicitantes.*

**9.4 OTRAS ACTIVIDADES TECNOLÓGICAS CUYOS RESULTADOS NO SEAN PUBLICABLES** *(desarrollo de equipamientos, montajes de laboratorios, etc.).*

**9.5 Sugiera nombres (e informe las direcciones) de las personas de la actividad privada y/o pública que conocen su trabajo y que pueden opinar sobre la relevancia y el impacto económico y/o social de la/s tecnología/s desarrollada/s.**

**10. SERVICIOS TECNOLÓGICOS.** *Indicar qué tipo de servicios ha realizado, el grado de complejidad de los mismos, qué porcentaje aproximado de su tiempo le demandan y los montos de facturación.*

Como integrante del laboratorio LEMIT-CIC he participado en algunos servicios de transferencia a terceros. No se trata de tareas rutinarias sino de actividades de desarrollo tecnológico con resultados de interés para la comunidad científico-tecnológica, que involucran evaluaciones no tradicionales, la implementación de técnicas de ensayo, estudios sobre hormigones especiales o la caracterización de nuevos materiales. Se pueden citar:

- Evaluación de grouts para inyección (Expe 57538/15)

Estudio de Grouts de inyección para el sellado de carcasas de turbinas. Contenido de álcalis según norma ASTM C114 y ASTM C311; Granulometría por vía seca y por vía húmeda. Demanda de agua. Resistencia a compresión según norma ASTM C1107-13. Cambio de altura a temprana edad previa al fraguado final siguiendo la norma ASTM C827 y cambio de altura de la mezcla endurecida, con curado húmedo siguiendo la norma ASTM C 1090. Evaluación de grouts preparados en obra. Monto \$ 250000

- Determinación de la resistencia a flexión de hormigones reforzados con fibras (Expe 57582/15)

Evaluación de la resistencia a flexión y residuales según norma ASTM C-1609 sobre prismas de hormigón con fibras. Las tareas corresponden al control de un piso industrial. Monto \$ 7200.

- Estudio de hormigones con macrofibras sintéticas (Expe LEMIT 57743/15)

Este trabajo incluye un extenso estudio sobre hormigones con macrofibras sintéticas. Comprende numerosos pastones con contenidos variables entre 1 y 5,5 kg/m<sup>3</sup> de dos

macrofibras sintéticas de diferentes características Las evaluaciones realizadas incluyen resistencia a compresión y a flexión según norma ASTM C1609, contracción restringida según ASTM C878, y contracción libre siguiendo la norma ASTM C157. Asimismo se realizan mediciones in situ de deformaciones sobre losas con macrofibras sintéticas fabricadas en la planta de la empresa. Monto \$ 97000.

- Ensayo de hormigones reforzados con fibras de vidrio (Expe 57809/16)  
Evaluación de la resistencia a compresión sobre cilindros de 100x200 mm a edades entre 8 y 90 días y del comportamiento en flexión sobre prismas de 150x150x600 mm, según el método establecido por la norma EN 14651, caracterización de la respuesta postpico del hormigón con fibras. Incluyen hormigones sin fibras y hormigones reforzados con macrofibras de vidrio. Monto \$ 7280.

- Evaluación de grouts para inyección (Expe 57842/16)  
Estudio de un Grout de inyección para el sellado de carcasas de turbinas. Específicamente se analizaron: Contenido de álcalis según norma ASTM C114 y ASTM C311; Granulometría por vía seca y por vía húmeda. Demanda de agua. Resistencia a compresión según norma ASTM C1107-13, para edades comprendidas entre 1 y 28 días. Cambio de altura a temprana edad previa al fraguado final siguiendo la norma ASTM C827 y cambio de altura de la mezcla endurecida, con curado húmedo, a las edades entre 1 y 28 días, siguiendo la norma ASTM C 1090. Para la evaluación de estos materiales fue necesario la implementación de numerosas metodologías de ensayo. Monto \$ 48360.

- Tiempo aproximado demandado: 10%.

## **11. PUBLICACIONES Y DESARROLLOS EN:**

### **11.1 DOCENCIA**

### **11.2 DIVULGACIÓN**

Hormigones reforzados con fibras: Desarrollo y Perspectivas

Raúl Zerbino y Graciela M. Giaccio

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA. En este documento se resumen los principales conceptos desarrollados durante la presentación del 30 de junio de 2016 con motivo del Premio "Ing. Luis A. Huergo" Edición 2015 (recibido por el trabajo "On the orientation of fibres in structural members fabricated with self compacting fibre reinforced concrete", Cement and Concrete Composites V 34,2012). En prensa. No se encuentra en el repositorio CIC-Digital.

En cada caso indicar si se encuentran depositados en el repositorio institucional CIC-Digital.

## **12. DIRECCION DE BECARIOS Y/O INVESTIGADORES. Indicar nombres de los dirigidos, Instituciones de dependencia, temas de investigación y períodos.**

González Arzac, María Belén. Beca CIC (en el marco del Proyecto FITS MAyCC N° 27/2013). Tema: Disposición de especies minerales agotadas empleadas en la remoción de arsénico. Tratamiento en base al empleo de cemento portland. 2016.

## **13. DIRECCION DE TESIS. Indicar nombres de los dirigidos y temas desarrollados y aclarar si las tesis son de maestría o de doctorado y si están en ejecución o han sido defendidas; en este último caso citar fecha.**

## **14. PARTICIPACION EN REUNIONES CIENTIFICAS. Indicar la denominación, lugar y fecha de realización, tipo de participación que le cupo, títulos de los trabajos o comunicaciones presentadas y autores de los mismos.**

- Terceras jornadas de investigación y transferencia de la Facultad de Ingeniería para la Facultad de Ingeniería, 20 al 22 de abril 2015, Facultad de Ingeniería UNLP. Participante y autor.
- Jornadas sobre adiciones minerales en materiales cementicios. "Aprovechamiento de ceniza de cáscara de arroz natural" CIC-LEMIT 18/8/15. Asistente.
- Conferencia Internacional sobre Hormigón Estructural Sostenible La Plata, Argentina. 15-18 de septiembre de 2015 RILEM-LEMIT. Autor, participante, miembro Comité Organizador y miembro Comité Científico.
- VII Congreso Internacional y 21ª Reunión Técnica AATH, septiembre 2016, Salta, Argentina. Miembro del comité científico, moderador de sesiones, participante, autor de 6 trabajos.

**15. CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO, VIAJES DE ESTUDIO, ETC.** *Señalar características del curso o motivo del viaje, período, instituciones visitadas, etc.*

**16. SUBSIDIOS RECIBIDOS EN EL PERIODO.** *Indicar institución otorgante, fines de los mismos y montos recibidos.*

- Subsidio Programa de Incentivos, UNLP, 2014-2017. Codirector del proyecto "Hormigones reforzados con fibras y sus aportes al desarrollo sustentable". Código 11/I188. Monto: \$ 34949 (2015), \$ 41099 (2016).
- Subsidios anuales para investigadores CIC. Comisión de Investigaciones Científicas, Prov. de Buenos Aires. 2015. Resolución N° 833/14. Monto: \$ 8500. Duración: 12 meses.
- Subsidios anuales para investigadores CIC. Comisión de Investigaciones Científicas, Prov. de Buenos Aires. 2016. Resolución N° 1266/14. Monto: \$ 10000. Duración: 12 meses.

**17. OTRAS FUENTES DE FINANCIAMIENTO.** *Describir la naturaleza de los contratos con empresas y/o organismos públicos.*

- Apoyo económico contra fondos de cuenta de terceros ingresados por servicios tecnológicos, asesoramientos y desarrollos. LEMIT.
- PICT-2013-1740, 2014-2017. "Hormigones de altas y ultra altas prestaciones reforzados con fibras híbridas para estructuras bajo cargas extremas" UNT. Monto 391040. Administra UNT. Miembro del Grupo Responsable.

**18. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO.**

Premio "Ing. Luis A. Huergo" Edición 2015 de la Academia Nacional de Ingeniería. (Trabajo "On the orientation of fibres in structural members fabricated with self compacting fibre reinforced concrete", Zerbino R, Tobes JM, Bossio ME and Giaccio G., Cement Concrete Comp V 34, 2012).

**19. ACTUACION EN ORGANISMOS DE PLANEAMIENTO, PROMOCION O EJECUCION CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA.** *Indicar las principales gestiones realizadas durante el período y porcentaje aproximado de su tiempo que ha utilizado.*

- Miembro de la CAH en Ingeniería, Arquitectura y Tecnología. CIC.
- Miembro de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.

Tiempo aproximado demandado: 5 %

**20. TAREAS DOCENTES DESARROLLADAS EN EL PERIODO.** *Indicar el porcentaje aproximado de su tiempo que le han demandado.*

- Profesor Adjunto Ordinario de las Cátedras "Materiales I y II" (semestrales), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.
- Prof. Invitado Curso de Postgrado "Hormigones de Altas Prestaciones" Fac. Cs. Ex. y Tecnología. UNT. 2015. Duración 40 hs. 15<sup>a</sup> Maestría Ing. Estructural y Ddo en Ingeniería, CONEAU A.
- Prof. Invitado Curso de Postgrado "Hormigón como Material Compuesto", Doctorado, Fac. de Ingeniería, UNCPBA. 2016. Duración 40 hs.
- Profesor en el Curso de Tecnología del hormigón para laboratoristas de hormigón elaborado. Nivel II, Convenio AAHE-LEMIT. Duración 21 horas. La Plata. LEMIT-CIC. Junio 2015.
- Profesor en el Curso de Tecnología del hormigón para laboratoristas de hormigón elaborado. Nivel III, Convenio AAHE-LEMIT. Duración 21 horas. La Plata. LEMIT-CIC. Agosto 2015.
- Profesor en el Curso de Tecnología del hormigón para laboratoristas de hormigón elaborado. Nivel II, Convenio AAHE-LEMIT. Duración 21 horas. La Plata. LEMIT-CIC. 2 ediciones: agosto y octubre 2016
- Profesor en el Curso de Tecnología del hormigón para laboratoristas de hormigón elaborado. Nivel III, Convenio AAHE-LEMIT. Duración 21 horas. La Plata. LEMIT-CIC.: Noviembre 2016.

Tiempo aproximado demandado: 10 %

**21. OTROS ELEMENTOS DE JUICIO NO CONTEMPLADOS EN LOS TITULOS ANTERIORES.** *Bajo este punto se indicará todo lo que se considere de interés para la evaluación de la tarea cumplida en el período.*

- Participación en el proyecto PICT-2013-1740, "Hormigones de altas y ultra altas prestaciones reforzados con fibras híbridas para estructuras bajo cargas extremas" Fac. Ing. UNT. Miembro del Grupo Responsable. 2014-2017.
- Miembro del Comité Editor de la Revista Hormigón. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.
- Participación como Investigador por LEMIT en el marco del Acuerdo de Cooperación Científico-Tecnológica entre el Instituto del Cemento Portland Argentino y el Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica, 2009 continúa.
- Codirector del proyecto " Hormigones reforzados con fibras y sus aportes al desarrollo sustentable". Código 11/I188. Programa de Incentivos, UNLP. 2014-2017.
- Miembro del Comité Científico del "VII Congreso Internacional y 21<sup>a</sup> Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, septiembre 2016, Salta.
- Miembro del Comité Organizador y Comité Científico de la "International Conference on Sustainable Structural Concrete, La Plata entre el 15 y 18 de septiembre de 2015.
- Evaluador de trabajos científicos (Construction and Building Materials, Advances in Civil Engineering, )
- Codirección del plan de Mayor dedicación, UNLP, del Ing. Diego Monetti. Título del Plan de trabajo: Hormigones reforzados con fibras – Efecto de cargas sostenidas y ciclos de carga y descarga en elementos fisurados.
- III Congreso Internacional Científico y Tecnológico de la Pcia. de Bs. As. La Plata, 03 de Sept. de 2016. Trabajo presentado: Disposición de minerales agotados en la remoción de arsénico. María Belén González Arzac, Vicente L. Barone, Graciela Giaccio.
- Participación en Round Robin Test del RILEM Technical Committee "Creep behavior in Cracked Sections of Fiber Reinforced Concrete", donde se trabaja en conjunto con instituciones de más de 15 países en el mundo que incluyen los 5 continentes.

**22. TITULO, PLAN DE TRABAJO A REALIZAR EN EL PROXIMO PERIODO.** *Desarrollar en no más de 3 páginas. Si corresponde, explicité la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.*

**ESTRUCTURA Y COMPORTAMIENTO MECANICO DEL HORMIGON**

El hormigón es un material ampliamente difundido, económico, fácilmente disponible, con capacidad de adoptar formas variadas y de desempeñarse satisfactoriamente a lo largo del tiempo. A las ventajas antes citadas se suma, en relación a la mayor sustentabilidad de las estructuras, que comparado con otros materiales empleados en la ingeniería civil demanda un menor consumo de energía y posibilita la incorporación de residuos o subproductos de la industria. El avance en el conocimiento de su estructura y de su comportamiento ha permitido el desarrollo de nuevos hormigones (hormigones especiales/no convencionales), lo que ha multiplicado significativamente las alternativas de uso de este material.

El hormigón es un material compuesto por una matriz continua porosa (pasta de cemento) que rodea a un conjunto de inclusiones de diferente tamaño, forma y rigidez (los agregados). Como en todo material compuesto sus propiedades dependen de las propiedades de las fases componentes y de la interacción entre ellas a través de las interfaces. En los hormigones convencionales las interfaces son las zonas de mayor debilidad por donde suelen iniciarse los procesos de falla. En este sistema, además de la matriz, los agregados y las interfaces, que presentan propiedades particulares, existe una cantidad variable de defectos (poros, microfisuras, canales, fisuras de interfaz o matriz según su origen, etc.) aún antes de la aplicación de cargas exteriores. De lo expuesto surge que el hormigón posee una estructura compleja, que además se modifica a lo largo del tiempo y cuando el material es expuesto frente a determinadas condiciones que pueden inducir procesos de microfisuración o deterioro tales como contracción por secado, deformaciones de origen térmico o reactividad de agregados, ataques químicos, etc.

La respuesta mecánica del hormigón se relaciona estrechamente con la presencia y propagación de fisuras. La fractura en el hormigón incluye mecanismos de ramificación y multiplicación de fisuras; a medida que crecen las cargas las fisuras se internan en la matriz y llega un punto donde su propagación se hace inestable. Los mecanismos de inicio y propagación de fisuras, deformación y rotura del hormigón se modifican en función de la resistencia relativa de las fases componentes, cuando existen fuertes diferencias en los niveles de adherencia matriz – agregado, cuando por motivos diversos se producen fisuras, etc. La presencia de defectos afecta no sólo el comportamiento mecánico sino también las propiedades de transporte y durabilidad de las estructuras; del tipo y magnitud de los defectos dependerá el grado de disminución en las prestaciones del material.

En el caso de los hormigones especiales los mecanismos de rotura pueden modificarse. Los hormigones de altas prestaciones se encuentran entre los desarrollos de mayor importancia, siendo los Hormigones Reforzados con Fibras (HRF), los Autocompactantes (HAC) y los Autocompactantes Reforzados con Fibras (HACHRF) los que más atención han recibido en los últimos tiempos; en forma aún más reciente aparecen el Hormigón de Ultra Alta Resistencia (HUAR) y el HUAR reforzado con fibras (HUARRF). Cuando se incorporan fibras al hormigón se modifican la forma y velocidad de propagación de las fisuras resultando una mayor tenacidad; según se trate de fibras de acero, de macrofibras sintéticas o fibras de vidrio se pueden presentar diferencias en los mecanismos de adherencia y deformación así como en el comportamiento postfisuración. Entre otros ejemplos sobre hormigones especiales, la disminución en el

nivel de defectos en un hormigón autocompactante puede modificar el proceso de fractura con respecto a un hormigón convencional; a la vez cuando el nivel de resistencia de la matriz se eleva y se acerca al de los agregados las fisuras pueden propagarse “a través” de los agregados, lo que no sólo afecta la resistencia final, sino también su capacidad de control del proceso de rotura.

El estudio de hormigones especiales enriquece el análisis de diferentes condiciones de rotura y constituye un tema de aplicación directa y de gran interés para el medio productivo. Inicialmente las principales motivaciones para su desarrollo estuvieron ligadas a la mejora de las propiedades tecnológicas, extendiendo el campo de aplicación del material y logrando resolver diversos problemas acorde al tipo de hormigón. Estos hormigones brindan mayores posibilidades para extender la vida en servicio de las estructuras lo que en la actualidad resulta de suma importancia. El reciente desarrollo de HUARRF aparece ligado fundamentalmente a la búsqueda de soluciones que contribuyan a una mayor sustentabilidad de las construcciones civiles sea para la realización de nuevas estructuras o como material de refuerzo y reparación.

Por otro lado, existe la conciencia acerca de la necesidad de limitar la contaminación y el uso de recursos no renovables; vinculado a esto se encuentra el empleo en hormigón de las adiciones minerales y los materiales no convencionales, entre ellos los subproductos de la industria, que en muchos casos conducen a mejoras de durabilidad.

El plan de trabajo se orienta al análisis del hormigón a partir del concepto de material compuesto estudiando las vinculaciones entre su estructura interna, en particular a nivel de mesoestructura, las propiedades físicas y su respuesta mecánica. El objetivo general del tema es contribuir al conocimiento del hormigón, desarrollar nuevos hormigones y aportar información para la solución de problemas tecnológicos y ambientales, y divulgar los últimos avances en tecnología del hormigón. Como objetivos específicos para el próximo período aparecen:

- Analizar el comportamiento residual de hormigones expuestos a procesos de degradación (reacción álcali-sílice, alta temperatura). Evaluar el efecto de fibras de diferentes características frente a procesos de degradación.
- Evaluar el efecto de la incorporación de nuevas macrofibras sintéticas y de vidrio sobre el comportamiento en estado fresco y endurecido del hormigón.
- Evaluar la respuesta de HRF en estado fisurado al ser sometido a cargas de larga duración.
- Atender a la formulación y desarrollo de hormigones de alta y ultra alta resistencia reforzados con fibras.
- Estudiar la contribución de diferentes tipos y contenidos de fibras al ser incorporadas en capas de refuerzo sobre sustratos de hormigón o concreto asfáltico.
- Evaluar alternativas de incorporación de subproductos de la industria o residuos en hormigones o materiales semejantes.

Las metodologías a aplicar durante la fase experimental consideran para el análisis de la estructura y procesos de fisuración del hormigón la evaluación del comportamiento mecánico y en particular la capacidad residual-postpico, estudios de propiedades físicas, análisis de la mesoestructura en base al relevamiento de cortes de hormigón, relevamiento de fisuras en hormigones dañados y, en caso de HRF, resistencia al arrancamiento de las fibras y el relevamiento de la densidad de fibras sobre las superficies de fractura.

Las actividades previstas para el período 2017 – 2018 marcan una continuidad con las que se desarrollaron en el período anterior, están íntimamente vinculadas entre si y se orientan principalmente al desarrollo y caracterización de hormigones especiales y al estudio de los cambios de prestaciones de hormigones convencionales y especiales

cuando han sido expuestos a daño, considerando la caracterización de la estructura interna, propiedades de transporte y mecanismos de falla.

Se realizarán las siguientes acciones:

- Análisis de la respuesta de hormigones afectados por reacción álcali-sílice (RAS). Efecto de la incorporación de fibras de acero y de diferentes macro y microfibras sintéticas sobre el desarrollo y control de la RAS en hormigones. Análisis de expansiones y comportamiento residual. Caracterización de la mesoestructura de hormigones sanos y hormigones dañados. Ponderación del efecto de la incorporación de fibras sobre la tendencia a la fisuración. Efecto de la incorporación de fibras de acero y sintéticas sobre el desarrollo y control de la RAS en hormigones bajo carga.

- Seguimiento de prototipos de hormigones reforzados con fibras afectados por RAS.

- Análisis de la respuesta de hormigones afectados por alta temperatura. Efecto de la incorporación de fibras de acero. Análisis del comportamiento residual. Adherencia fibra-matriz en hormigones dañados. Caracterización de la mesoestructura de hormigones sanos y hormigones dañados.

- Desarrollo y aplicación de Hormigones reforzados con fibras. Análisis de la tendencia a la orientación y distribución de fibras y su relación con el comportamiento postfisuración de HRF con fibras de acero, macrofibras sintéticas y macrofibras de vidrio. Efecto de las fibras en el control de fisuras.

- Estudio del comportamiento diferido bajo cargas de larga duración de hormigones prefisurados con distintos tipos y contenidos de fibras. Evaluación de la evolución de la apertura de fisura. Análisis de las condiciones de estabilidad. Estudio de alternativas para normalización de un ensayo y participación en Round Robin Test del RILEM Tech. Committee "Creep behavior in Cracked Sections of Fiber Reinforced Concrete".

- Empleo de HRF en refuerzos de pavimentos. Evaluación de overlays elaborados con hormigón simple y con diferentes tipos de macrofibras sintéticas y de acero sobre sustratos de hormigón y de concreto asfáltico. Estudio de las propiedades mecánicas bajo cargas monotónicas y cargas cíclicas de probetas compuestas. Estudio de la influencia de la adherencia sustrato asfáltico – overlay.

- Desarrollo de Hormigones de Alta y Ultra alta resistencia: selección de materiales, diseño y caracterización. Incorporación de fibras. Estudio de sistemas híbridos de fibras.

- Estudio del desempeño de hormigones con adiciones minerales, residuos y/o subproductos de la industria: análisis de alternativas de disposición de arcillas contaminadas con arsénico (provenientes de la purificación de aguas de la provincia de Buenos Aires) en materiales a base de cemento portland (Proyecto en colaboración con CEQUINOR, Fac Cs. Exactas UNLP, LEMIT, PLAPIMU-LASEISIC, INREMI).

En relación a la importancia de la línea de investigación desarrollada, el mayor conocimiento de la respuesta del hormigón, permitirá un mejor aprovechamiento del mismo así como minimizar el uso de recursos no renovables necesarios para su obtención. Asimismo, muchos de los desarrollos vinculados con los hormigones especiales abren nuevas posibilidades para el aseguramiento de la vida en servicio y/o la reparación de estructuras construidas y se estima que serán empleados en gran parte de las estructuras en un futuro cercano. Por la naturaleza de la temática abordada los resultados obtenidos podrán ser aplicados en forma inmediata, tal es el caso de lo relacionado con los hormigones especiales.

---

**Condiciones de la presentación:**

- A. El Informe Científico deberá presentarse dentro de una carpeta, con la documentación abrochada y en cuyo rótulo figure el Apellido y Nombre del Investigador, la que deberá incluir:
- Una copia en papel A-4 (puntos 1 al 22).
  - Las copias de publicaciones y toda otra documentación respaldatoria, en otra carpeta o caja, en cuyo rótulo se consignará el apellido y nombres del investigador y la leyenda "Informe Científico Período .....".
  - Informe del Director de tareas (en los casos que corresponda), en sobre cerrado.
- B. Envío por correo electrónico:
- Se deberá remitir por correo electrónico a la siguiente dirección: [ininvest@cic.gba.gob.ar](mailto:ininvest@cic.gba.gob.ar) (puntos 1 al 22), en formato .doc zipeado, configurado para papel A-4 y libre de virus.
  - En el mismo correo electrónico referido en el punto a), se deberá incluir como un segundo documento un currículum resumido (no más de dos páginas A4), consignando apellido y nombres, disciplina de investigación, trabajos publicados en el período informado (con las direcciones de Internet de las respectivas revistas) y un resumen del proyecto de investigación en no más de 250 palabras, incluyendo palabras clave.
- C. Sistema SIBIPA:
- Se deberá petitionar el informe en la modalidad on line, desde el sitio web de la CIC, sistema SIBIPA (ver instructivo).

---

**Nota:** El Investigador que desee ser considerado a los fines de una promoción, deberá solicitarlo en el formulario correspondiente, en los períodos que se establezcan en los cronogramas anuales.