



Comisión Nacional de Investigación
Científica y Tecnológica - CONICYT



COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACION CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

VERSION OFICIAL NÂ° 3

FECHA: 19/08/2018

N° PROYECTO : 11140675	DURACIÓN : 3 años	AÑO ETAPA : 2016
TÍTULO PROYECTO : PRODUCTION OF RECYCLED CEMENTITIOUS MATERIALS FROM DEMOLITION CONCRETE FINES: CHARACTERIZATION OF PRODUCT AND PROCESS PERFORMANCE.		
DISCIPLINA PRINCIPAL : INGENIERIA DE MATERIALES		
GRUPO DE ESTUDIO : INGENIERIA 1		
INVESTIGADOR(A) RESPONSABLE : RICARDO JAVIER SERPELL CARRIQUIRY		
DIRECCIÓN :		
COMUNA : Ñuñoa		
CIUDAD : SANTIAGO		
REGIÓN : METROPOLITANA		

FONDO NACIONAL DE DESARROLLO CIENTIFICO Y TECNOLOGICO (FONDECYT)

Moneda 1375, Santiago de Chile - casilla 297-V, Santiago 21

Telefono: 2435 4350 FAX 2365 4435

Email: informes.fondecyt@conicyt.cl

INFORME FINAL

PROYECTO FONDECYT INICIACION

OBJETIVOS

Cumplimiento de los Objetivos planteados en la etapa final, o pendientes de cumplir. Recuerde que en esta sección debe referirse a objetivos desarrollados, NO listar actividades desarrolladas.

Nº	OBJETIVOS	CUMPLIMIENTO	FUNDAMENTO
1	<p>Evaluate the performance of reactivated materials produced from demolition concrete fines.</p> <p>Descripción: Medir el desempeño, en estado fresco y endurecido, de mezclas basadas en materiales producidos a partir de desechos de hormigones reales (incluyendo agregados originales)</p> <p>Esta evaluación permitirá validar resultados obtenidos previamente con materiales producidos a partir de pastas puras.</p>	PARCIAL	<p>En pruebas iniciales se obtuvieron resultados positivos, que permitieron validar los resultados previos. Sin embargo, la exploración se limitó a un número reducido de pruebas. Esto se justifica por dos razones: 1) Los resultados de las primeras etapas del proyecto hicieron necesario plantear nuevas hipótesis respecto de las causas de la reactivación cementicia de los residuos de pasta de cemento: consecuentemente más recursos de investigación se destinaron a probar estas nuevas hipótesis, dado que probarlas resultaba fundamental para optimizar el proceso de reciclaje y el desempeño del producto obtenido. 2) durante 2017 (etapa 2016) el horno eléctrico sufrió un fallo total, debido al mal funcionamiento del controlador. Esto impidió deshidratar desechos de hormigón en las cantidades requeridas para realizar más ensayos. Planeo continuar con estos ensayos una vez que el horno haya sido reparado (repuestos se encuentran en la aduana en este momento).</p>
2	<p>Characterize the effect of SCM additions on the long term strength of RCM-based mixtures</p> <p>Descripción: Estudiar la contribución de las reacciones puzolánicas de hidratación entre el material cementicio reactivado y materiales cementicios adicionales (SCM, por ejemplo cenizas volantes provenientes de plantas termoeléctricas locales).</p>	PARCIAL	<p>Debido a la falla del horno eléctrico (falla total debida a mal funcionamiento de controlador) no fue posible reactivar material suficiente para confeccionar los especímenes requeridos para dar cumplimiento a este objetivo. Planeo realizar las mezclas y probetas una vez reparado el horno (los repuestos requeridos se encuentran en la aduana en este momento).</p>

3	<p>Characterize the effect of additional reactivation process parameters on the concentration of alpha_prima-C2S and other hydraulic compounds in the resulting RCM.</p> <p>Descripción: Estimar los efectos principales y de interacción de la temperatura máxima, el tiempo de residencia y la tasa de enfriamiento en la concentración relativa de compuestos reactivos en el material cementicio reactivado (RCM) resultante con el fin de identificar niveles óptimos de estos parámetros del proceso de reactivación.</p>	TOTAL	<p>El objetivo se encuentra totalmente cumplido. Los resultados y conclusiones fueron reportados en publicación indexada (ISI, Web of Knowledge) enviada en 2016 y publicada en 2017.</p> <p>El análisis de los resultados obtenidos (principalmente análisis cuantitativo de difracción de rayos-X) motivó la proposición de nuevas hipótesis respecto de las causas de la reactivación cementicia (las que fueron planteadas en el artículo publicado). El programa experimental del proyecto se amplió para probar dichas hipótesis, realizando experimentos de difracción a alta temperatura en Alemania. Los resultados de dichos experimentos ya han sido analizados y serán incluidos en un artículo adicional a ser enviado a fines de este año.</p>
4	<p>Study the heat of hydration of RCM and identify options to control it</p> <p>Descripción: Medir el calor emitido durante la hidratación inicial de RCM puros y RCM en combinación con adiciones inertes utilizando calorimetría isotérmica hasta 7 días. Adicionalmente, comparar los resultados obtenidos al usar RCM con diferentes concentraciones de compuestos reactivos (hidráulicos).</p>	TOTAL	<p>El objetivo se cumplió totalmente. Los resultados y conclusiones de los ensayos de calorimetría fueron reportados en publicación indexada (ISI, Web of Knowledge) enviada en 2016 y publicada en 2017.</p> <p>Estos resultados mostraron que el material reactivado se comporta como un cemento convencional y, al igual que en el caso de dichos cementos, el calor emitido resulta ser un excelente predictor de la resistencia desarrollada por la mezcla endurecida en el tiempo.</p>
5	<p>Measure direct energy requirements of the thermal process.</p> <p>Descripción: Estudiar los cambios de entalpía de las reacciones que ocurren durante el proceso de reactivación a alta temperatura, usando calorimetría diferencial (DSC).</p>	TOTAL	<p>El objetivo se cumplió totalmente. Los resultados y conclusiones de los ensayos de calorimetría y mediciones directas de consumo energético del horno serán reportados en publicación indexada a ser enviada a fines de este año.</p>

Otro(s) aspecto(s) que Ud. considere importante(s) en la evaluación del cumplimiento de objetivos planteados en la propuesta original o en las modificaciones autorizadas por los Consejos.

En lo principal, se priorizaron los objetivos más relevantes desde el punto de vista de la contribución científica del proyecto. Esto es: aquellos que permitían proponer y probar hipótesis que explican los resultados obtenidos y permiten optimizar el proceso. Los objetivos cumplidos totalmente corresponden a esta componente de investigación más científica del proyecto y por lo tanto eran pre-requisito para la componente de investigación más aplicada del proyecto. El número de ensayos y análisis realizados para lograr estos objetivos se incrementó hasta casi duplicar la propuesta original. Los resultados obtenidos durante el desarrollo de estas actividades permitieron obtener conclusiones totalmente nuevas que aportan al estado del conocimiento global en el ámbito del reciclaje de materiales cementicios. Dada la extensión del trabajo realizado, además del artículo ya publicado, los resultados y conclusiones de la última etapa del proyecto se reportarán en un artículo adicional que se enviará a fines de 2017 con vinculación a Fondecyt de Conicyt.

Los objetivos que se encuentran a la fecha con cumplimiento parcial corresponden a la componente de investigación más aplicada del proyecto. Con el conocimiento adquirido en las etapas previas será posible avanzar con mayor efectividad en las tareas pendientes. Se planea completarlos durante una pasantía postdoctoral que se llevará a cabo en 2018 en el Laboratorio de Materiales de Construcción de la Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Suiza.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Para cada uno de los objetivos específicos, describa o resuma los resultados. Relacione las publicaciones y /o manuscritos enviados a publicación con los objetivos específicos. En la sección Anexos incluya información adicional que considere pertinente para efectos de la evaluación.

La extensión máxima de esta sección es de 5 páginas (letra tamaño 10, Arial o Verdana).

El programa experimental del proyecto se planificó y ejecutó en 4 partes, cada una de las cuales tributaba a distintos objetivos específicos:

- Parte A (años 1 y 2) aporta a objetivo 3
- Parte B (año 2) aporta a objetivo 4
- Parte C (años 2 y 3) aporta a objetivos 1 y 2
- Parte D (año 2) aporta a objetivo 5

Al cierre del tercer año del proyecto las partes A, B y D se encuentran completamente ejecutadas. La parte C se encuentra parcialmente ejecutada, debido a fallas en un equipo crítico para el proyecto (horno eléctrico de alta capacidad). Consecuentemente, el nivel de cumplimiento de los objetivos específicos es el señalado en el formulario de este informe. A continuación se señalan los resultados asociados a cada objetivo, ordenados de acuerdo al orden de ejecución de las partes del programa experimental del proyecto.

Parte A

Objetivo 3: *Characterize the effect of additional reactivation process parameters on the concentration of α' -C₂S and other hydraulic compounds in the resulting RCM.*

Descripción: Estimar los efectos principales y de interacción de la temperatura máxima de proceso, el tiempo de residencia y la tasa de enfriamiento en la concentración relativa de compuestos reactivos en el material cementicio reactivado resultante (RCM) con el fin de identificar niveles óptimos de estos parámetros del proceso de reactivación.

Cumplimiento: Total

Resultados: Los resultados de ensayos mecánicos (resistencia a compresión) y de calorimetría isotérmica de pastas producidas con los materiales reactivados muestran que la temperatura de proceso es el factor con mayor efecto sobre el comportamiento del material. Se observó que las pastas confeccionadas con los materiales obtenidos a 750°C desarrollan mayor resistencia a 7 días (resistencia temprana), mientras que las confeccionadas con materiales producidos a mayor temperatura adquieren resistencia a una tasa menor. Hasta 90 días no alcanzan las resistencias máximas observadas (Figura 1). En los resultados de resistencia a compresión fue posible identificar también un efecto positivo del tiempo de residencia del material. En pastas producidas con materiales obtenidos a la temperatura óptima del proceso, 750 °C, se observaron mayores resistencias cuando estos habían sido obtenidos con un mayor tiempo de residencia.

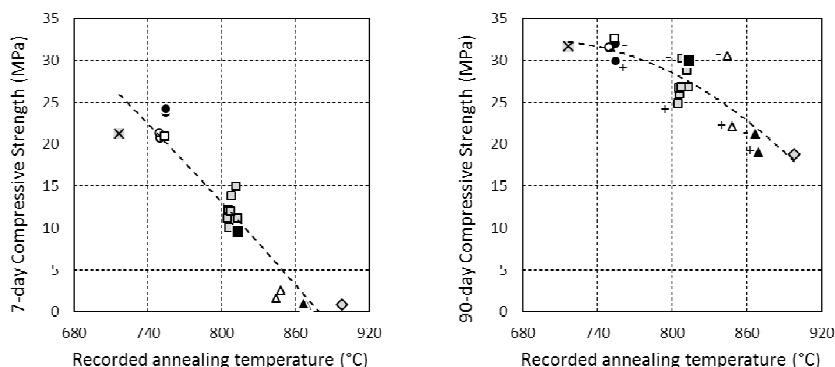


Figura 1. Resistencia a compresión a 7 y 90 días de hidratación de pastas de material cementicio reactivado obtenido a distintas temperaturas de proceso.

El análisis cuantitativo de difracción de rayos-X por refinamiento de Rietveld permitió explicar los efectos del tratamiento térmico sobre el comportamiento de las pastas a partir de la composición mineralógica y las características micro-

estructurales del material reactivado. Los materiales obtenidos a bajas temperaturas mostraron concentraciones mayores de α'_H -C₂S, polimorfo de alta temperatura del silicato di-cálcico (C₂S en notación química del cemento), en comparación con los materiales obtenidos a alta temperatura, donde predominó el polimorfo beta-C₂S, menos reactivo. Si bien la concentración total de C₂S en el material obtenido permaneció prácticamente constante, las concentraciones relativas variaron (Figura 2). Se observó también que el tamaño de cristalito de ambas fases varió de acuerdo con la temperatura. En los materiales obtenidos a mayor temperatura los tamaños de cristalito de las fases producidas en el proceso térmico –principalmente C₂S y CaO– fueron significativamente mayores (Figura 3).

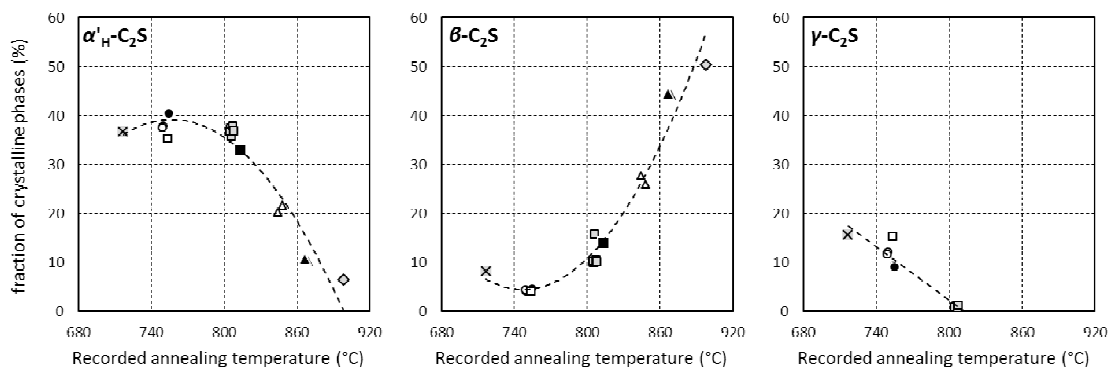


Figura 2. Concentración de polimorfos de C₂S en los materiales reactivados.

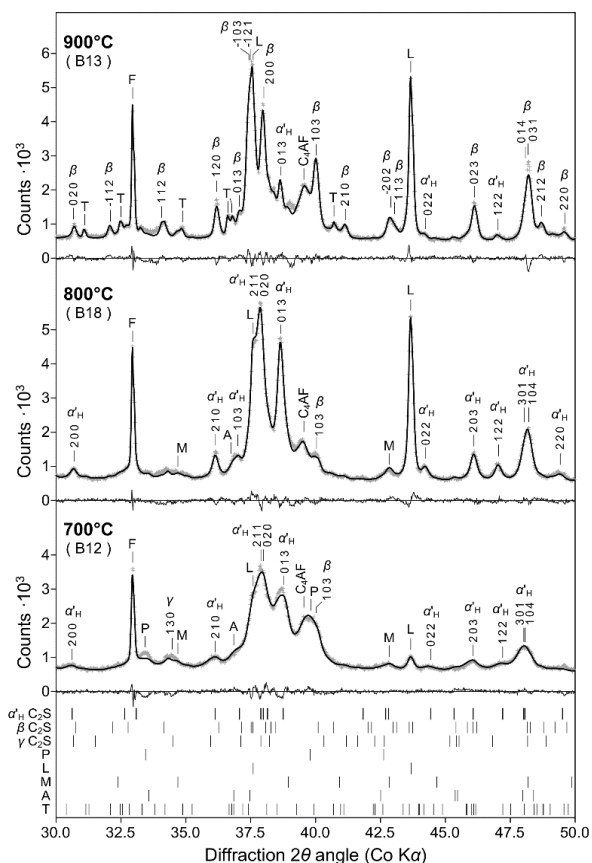


Figura 3. Patrones XRD experimentales, calculados (Rietveld) y residuales (calculado – experimental) de materiales reactivados obtenidos a distintas temperaturas de proceso. Se aprecia el cambio de forma de los picos de difracción debido al incremento en el tamaño de cristalito de las fases presentes. Se incluyen marcas de identificación para los picos principales: α'_H , β y γ : polimorfos de C₂S, C₄AF: tetra-calcio aluminoferrita, P: Portlandita, L: cal libre (CaO), M: Mayenita, A: Anhidrita, T: Ternesita. Picos de C₂S incluyen índices de Laue.

A partir de estos resultados se planteó la hipótesis de que la estabilidad del α'_H -C₂S formado por descomposición térmica de C-S-H depende del tamaño de

crystalito. Menores tamaños impiden la transformación de esta fase a polimorfos de menor temperatura ya que la mayor tensión superficial mantiene al compuesto en una estructura levemente deformada.

Los resultados detallados y las conclusiones que de ellos se obtubieron fueron comunicados en el artículo *Recycling of hydrated cement pastes by synthesis of α' -C₂S*, publicado en 2017 en la revista *Cement and Concrete Research* (Q1, N°1 en el ranking del área materiales de construcción).

Parte B

Objetivo 4: *Study the heat of hydration of RCM and identify options to control it.*

Descripción: Medir la generación de calor durante la hidratación de RCM puros y de mezclas de RCM y materiales suplementarios activos e inertes, usando calorimetría isotérmica hasta los 7 días de fraguado. Adicionalmente, comparar los resultados obtenidos para RCM con diferentes concentraciones de compuestos reactivos (hidráulicos).

Cumplimiento: Total

Resultados: Los resultados de ensayos de calorimetría isotérmica de hidratación de pastas producidas con los materiales reactivados muestran que la temperatura de proceso es el factor con mayor efecto sobre la evolución de calor del material durante su nuevo uso como material cementicio. Se observó que las pastas basadas en materiales obtenidos a 750 °C desarrollan mayor calor de hidratación.

Se observó que, al igual que en el caso de cementos convencionales (i.e. Portland), la evolución de calor durante la hidratación de los materiales reactivados resulta ser un excelente predictor de la resistencia a compresión a edades tempranas (Figura 4). En el largo plazo esta correlación se hace más débil debido a la reacción más lenta del beta-C₂S presente en los materiales obtenidos a mayor temperatura. Al igual que en los resultados de resistencia a compresión, en los de calorimetría fue posible identificar también un efecto positivo del tiempo de residencia del material a alta temperatura. En pastas producidas con materiales obtenidos a la temperatura óptima de proceso, 750 °C, se observó mayor generación de calor de hidratación al utilizar un mayor tiempo de residencia. La tasa de enfriamiento resultó no tener un efecto significativo sobre el calor de hidratación.

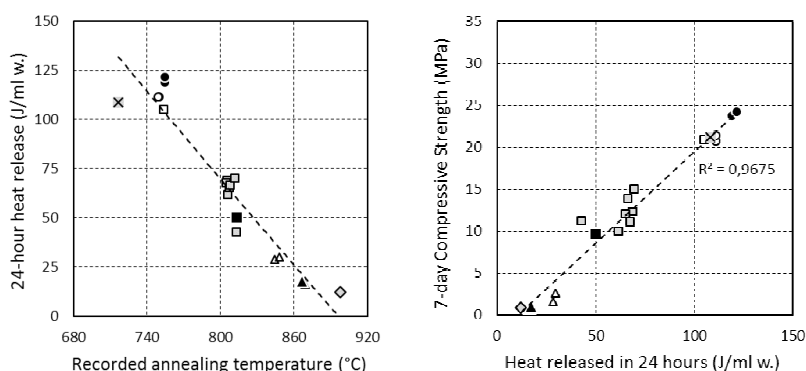


Figura 4. Calorimetría isotérmica de hidratación de los materiales reactivados obtenidos a distintas temperaturas de proceso y relación entre calor emitido y resistencia a compresión.

Durante el desarrollo del proyecto se realizó una exploración de alternativas para reducir la generación inicial de calor de las pastas, debida a la hidratación violenta de la abundante cal libre presente en los materiales reactivados obtenidos. El procedimiento más exitoso consistió en mezclar en 2 etapas. En la primera se prehidrata parcialmente el material, adicionando por aspersión aproximadamente 0,15g de agua por gramo de material reactivado (15% por masa) y revolviendo el material mientras se calienta por la hidratación del CaO. El material se deja reposar hasta que su temperatura desciende nuevamente al nivel ambiental. En la segunda etapa se adiciona el resto del agua necesaria para alcanzar la relación agua/cemento del diseño, ajustando la cantidad de acuerdo con la masa de agua que permanece en el material luego de la mezcla inicial (compensando por evaporación). Con este

procedimiento fue posible obtener mezclas fluidas con una relación agua cemento de 0,7 a pesar de la alta demanda de agua de los materiales reactivados.

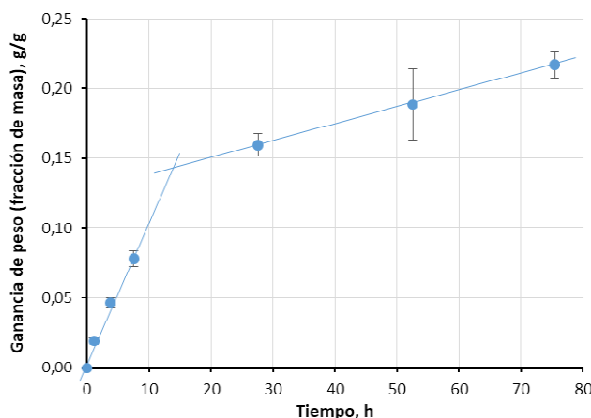


Figura 5. Rehidratación espontánea de materiales reactivados a 100% H.R. y temperatura ambiente (21°C). Se aprecia cambio de pendiente alrededor de 15% de contenido de humedad.

Una exploración adicional del comportamiento de los materiales reactivados en ambiente de 100% de humedad relativa mostró que los materiales se rehidratan espontáneamente con una alta tasa inicial de ganancia de masa. Sin embargo, cuando el material alcanza aproximadamente un 15% de contenido de humedad la tasa disminuye. Ensayos de resistencia a compresión de pastas confeccionadas con materiales pre-hidratados espontáneamente mostraron que la re-hidratación espontánea hasta valores menores a 15% no afecta negativamente la ganancia de resistencia y elimina totalmente el calor generado por rehidratación de la cal libre. Por el contrario, cuando la rehidratación supera dicho valor la resistencia disminuye. Esto se explica porque una vez rehidratada la cal libre, la hidratación adicional consume los compuestos hidráulicos presentes en el material, disminuyendo su capacidad para generar resistencia posteriormente. Estos resultados serán comunicados en un artículo adicional que se encuentra en preparación.

Parte D

Objetivo 5: *Measure direct energy requirements of the thermal process.*

Descripción: Estudiar los cambios de entalpía de las reacciones que ocurren durante el proceso de reactivación a alta temperatura, usando calorimetría diferencial (DSC). Estimar el consumo energético del proceso térmico.

Cumplimiento: Total.

Resultados: Esta parte del proyecto fue parcialmente modificada de acuerdo con los resultados de la Parte A. Además de los ensayos de calorimetría diferencial (DSC) y termo-gravimetría (TGA) contemplados inicialmente, se realizaron análisis XRD a alta temperatura (in-situ) en el laboratorio de ciencia de materiales de la Universidad de Saarland en Alemania con el fin de probar las hipótesis planteadas a partir de los resultados del Objetivo 3. Esto se fundamenta porque los requerimientos energéticos del proceso térmico se explican por las reacciones y transformaciones que suceden durante el mismo.

Los resultados del análisis cuantitativo de los datos XRD a alta temperatura mostraron que la formación de α' -H-C₂S sucede directamente desde el C-S-H de manera gradual a temperaturas superiores a 550 °C. Independiente de la temperatura, durante el proceso no se detectan otros polimorfos de C₂S en cantidades significativas (> 2%), ni siquiera cuando el material se enfría hasta 150 °C desde los 850 °C. Esto implica que el beta-C₂S detectado en los materiales producidos sobre 800 °C resulta de una transformación espontánea de α' -H-C₂S que sucede a temperaturas más cercanas al ambiente. No obstante se apreciaron diferencias importantes en los parámetros de celda del α' -H-C₂S a medida que aumenta la temperatura, mientras el tamaño medio de cristalito se incrementa.

En efecto, el mejor ajuste durante el refinamiento de Rietveld se logró utilizando dos estructuras de α' -H-C₂S de manera simultánea. Una estructura con tamaño

de cristalito menor (< 25 nm) y parámetros de celda similares a la celda deformada identificada en los materiales obtenidos a baja temperatura en la Parte A, y una estructura de tamaño mayor (> 85 nm) de cristalito y parámetros de celda similares a los publicados en la literatura. Los resultados de la cuantificación muestran que ambas estructuras coexisten simultáneamente, pero su abundancia relativa varía. A baja temperatura predomina la estructura de menor tamaño. Cuando la temperatura alcanza los 850 °C la relación se invierte (Figura 6). Los resultados de DSC mostraron un cambio de entalpía alrededor de 800 °C asociado probablemente a la transformación entre ambas fases.

Estos resultados se pueden explicar con la siguiente hipótesis: Debido al ordenamiento de corto alcance del C-S-H, su descomposición origina pequeños cristales de α' -H-C₂S uniformemente distribuidos. Debido a su reducido tamaño estos cristales presentan una estructura cristalina deformada por la tensión superficial. Conforme aumenta la temperatura los cristales se van condensando en unidades de mayor tamaño y cambian los parámetros de su estructura cristalina. La condensación sucede de manera abrupta sobre 800 °C. Las unidades de mayor tamaño no son estables a temperatura ambiente, por lo que la mayoría de ellas se transforma espontáneamente en beta-C₂S al enfriarse. Estos resultados e hipótesis serán comunicados en un artículo adicional que se encuentra en preparación.

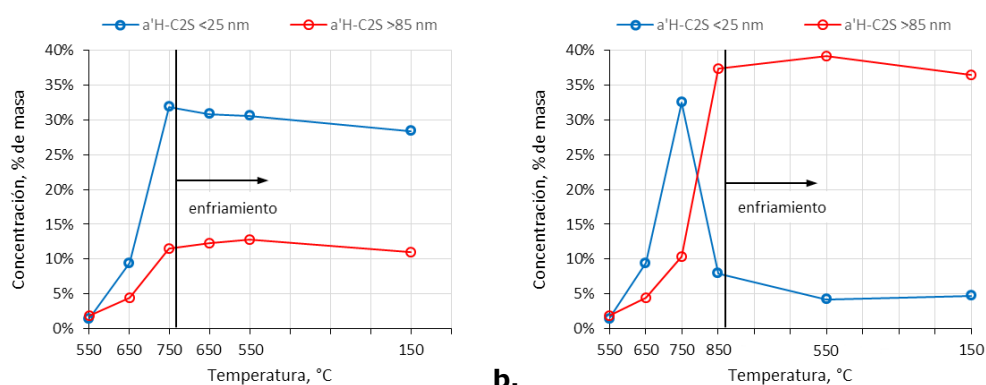


Figura 6. Concentración de α' -H-C₂S durante el proceso térmico (cuantificación de XRD obtenido in-situ). a. proceso hasta 750 °C y enfriamiento. b. proceso hasta 850 °C y enfriamiento.

Parte C

Objetivo 1: *Evaluate the performance of RCM produced from demolition concrete fines.*

Descripción: Estudio del desempeño, en estado fresco y endurecido, de mezclas basadas en materiales producidos a partir de desechos de hormigones reales (incluyendo agregados originales).

Objetivo 2: *Characterize the effect of SCM additions on the long term strength of RCM.*

Descripción: Estudiar la contribución de las reacciones puzolánicas de hidratación entre el material cementicio reactivado y materiales cementicios adicionales (SCM).

Cumplimiento: Objetivo 1: Parcial. Objetivo 2: No cumplido (pendiente).

Resultados: La exploración debió limitarse a un número reducido de pruebas iniciales por dos razones: 1) El análisis de los resultados de las primeras etapas del proyecto hicieron necesario plantear nuevas hipótesis respecto de las causas de la reactivación cementicia de los residuos de pasta de cemento: consecuentemente se destinaron más recursos a probarlas, dado que esto resultaba fundamental para optimizar el proceso de reciclaje y el desempeño del producto obtenido. 2) Durante 2017 (etapa 2016) el horno eléctrico sufrió un fallo total, debido al mal funcionamiento del controlador. Esto impidió deshidratar desechos de hormigón en las cantidades requeridas para realizar más ensayos.

Se planea continuar con los ensayos requeridos para dar cumplimiento a ambos objetivos una vez que el horno haya sido reparado (repuestos recibidos con fecha 09/11/2017). En pruebas iniciales utilizando residuos de hormigones (ejecutadas antes del fallo) se obtuvieron resultados comparables a los obtenidos previamente con pastas puras, lo que permite anticipar que la validación será exitosa.

DESTAQUE OTROS LOGROS DEL PROYECTO TALES COMO:

Estadías de investigación.

Actividades de difusión y/o extensión en la temática del proyecto.

Cualquier otro logro no contemplado en los ítem anteriores y que Ud. quiera destacar.

La extensión máxima de esta sección es de 1 página (letra tamaño 10, Arial o Verdana).

Colaboración internacional

Durante el proyecto se realizaron 3 estadías/visitas de investigación:

2015 (año 1): *State Key Laboratory for Silicate Materials for Architecture, Wuhan University of Technology* (WHUT), China (<http://english.whut.edu.cn/scientific/ResearchCenters/>). El propósito de esta estadía fue establecer contacto con el profesor Xonghe Shui, uno de los principales autores en el área de reciclaje de pastas de cemento. Se realizó una presentación de este proyecto Fondecyt a profesores y alumnos del grupo de investigación de ciencia de materiales de WHUT. La visita incluyó realizar análisis a materiales reactivados producidos en Chile en los equipos del Laboratorio de WHUT.

2016 (año 2): *Laboratory of Construction Materials, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne* (EPFL), Suiza (<https://lmc.epfl.ch/>). El propósito de la estadía fue establecer contacto con la profesora Karen Scrivener, autoridad mundial en ciencia de materiales cementicios y con el investigador Franco Zunino, con quien colaboramos en el análisis de resultados del proyecto. Se logró acordar que realizaré una estadía postdoctoral a tiempo parcial en este laboratorio una vez concluido el proyecto Fondecyt. Dicha estadía se iniciará en diciembre de 2017.

Materials Engineering Center Saarland (MECS), *Universität Saarland* (Uni-Saarland), Alemania (<http://www.mec-s.de/>). El propósito de la estadía fue realizar ensayos de difracción de rayos-X in-situ durante el proceso de deshidratación de las pastas de cemento (a alta temperatura). Para esto se estableció contacto con el investigador Sebastian Slawik que será coautor del próximo artículo del proyecto.

2017 (año 3): *Institut für Massivbau und Baustofftechnologie* (IMB), *Karlsruhe Institut für Technologie* (KIT), Alemania (<https://www.imb.kit.edu/mb/>). El propósito de esta visita fue establecer contacto con el grupo de ciencia de materiales cementicios del IMB/KIT con el fin de difundir los resultados del proyecto y buscar oportunidades de colaboración en el área de reciclaje de hormigón.

Laboratory of Construction Materials, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL), Suiza (<https://lmc.epfl.ch/>). El propósito de la estadía fue continuar la colaboración con el investigador Franco Zunino y realizar ensayos de Termogravimetría (TGA) y Calorimetría diferencial (DSC) del proceso de deshidratación de las pastas de cemento.

Difusión, formación de postgrado e interdisciplina

Artículos ISI (Web of Knowledge): Se publicaron dos artículos de la temática del proyecto, y un tercero se encuentra en redacción.

Serpell, R., Lopez, M. (2015). Properties of mortars produced with reactivated cementitious materials. *Cement and Concrete Composites*, 64, 16–26. doi:10.1016/j.cemconcomp.2015.08.003

Serpell, R., Zunino, F. (2017). Recycling of cement paste by synthesis of α' -C₂S. *Cement and Concrete Research*, 100, 398-412. doi:10.1016/j.cemconres.2017.08.001

Serpell, R., Zunino, F., Slawik, S. (---). In-situ XRD study of α' -C₂S synthesis by thermal treatment of C-S-H. *To be submitted to Cement and Concrete Composites in 2017*.

Formación de postgrado: Durante el proyecto implementé el curso de postgrado *Caracterización de microestructura de materiales* (ICC3180), en el que transfiero a alumnos de doctorado y magister los fundamentos teóricos y conocimientos prácticos asociados a las técnicas de caracterización que he debido desarrollar y practicar en el proyecto.

Trabajo interdisciplinario: La experiencia adquirida en análisis cuantitativo de difracción de rayos-X durante este proyecto me ha permitido colaborar con investigadores de otras áreas en artículos de su disciplina. Por ejemplo:

Toledo, F., Ghampson, I., Sepulveda, C., Garcia, R., Fierro, J., Videla, A., Serpell, R., Escalona, N. Conversion of furfural over supported ReOx catalysts: Effect of support, metal loading and reaction conditions. Submitted to: *Catalysis Science & Technology* in 2017.

PRODUCTOS

ARTÍCULOS

Para trabajos en Prensa/ Aceptados/Enviados adjunte copia de carta de aceptación o de recepción.

N° : 1
Autor (a)(es/as) : Serpell, R.; Zunino, F.
Nombre Completo de la Revista : Cement and Concrete Research
Título (Idioma original) : Recycling of hydrated cement pastes by synthesis of alpha'H-C2S
Indexación : WoS
ISSN : 0008-8846
Año : 2017
Vol. : 100
N° : Octubre
Páginas : 398-412
Estado de la publicación a la fecha : Publicada
Otras Fuentes de financiamiento, si las hay :

Envía documento en papel : no

Archivo(s) Asociado(s) al artículo :

Serpell_Zunino_2017_Article.pdf

https://servicios.conicyt.cl/sial/index.php/investigador/f4_articulos/descarga/9732617/11140675/2016/103720/1/

OTRAS PUBLICACIONES / PRODUCTOS

Sin información ingresada.

CONGRESOS

Sin información ingresada.

TESIS/MEMORIAS

Sin información ingresada.

ANEXOS

N° : 1

Archivo Asociado : Informe_Difusion_11140675.pdf

https://servicios.conicyt.cl/sial/index.php/investigador/f5_anexos/descarga/9732617/11140675/2016/80076/

Nº : 2

Archivo Asociado : Anexo_Fallo_de_horno_en_etapa_2016.pdf

https://servicios.conicyt.cl/sial/index.php/investigador/f5_anexos/descarga/9732617/11140675/2016/80078/

Nº : 3

Archivo Asociado : Anexo_Difusion_11140675.pdf

https://servicios.conicyt.cl/sial/index.php/investigador/f5_anexos/descarga/9732617/11140675/2016/85473/

A continuación se detallan los anexos físicos/papel que no se incluyen en el informe en formato PDF.

--