

Estancias Doctorales - Programa Fortalecimiento de Doctorados UNCPBA

La Secretaría Académica y la Secretaría de Ciencia, Arte y Tecnología obtuvieron, en el marco del Programa de Calidad Universitaria 2023, financiamiento para consolidar programas de doctorado estratégicos. Dicho financiamiento debe destinarse a desarrollar y consolidar programas de doctorado en áreas estratégicas, alineados con las prioridades del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2030, que generen conocimiento de vanguardia y contribuyan al desarrollo científico y tecnológico de la región y del país.

En dicho marco se otorgarán becas destinadas a facilitar visitas o estancias de investigación que sean fundamentales para el avance de la tesis doctoral, en equipos de trabajo distintos al equipo del postulante y dando prioridad a equipos externos a la UNCPBA. Los postulantes deberán ser estudiantes avanzados de Carreras de Doctorado de la UNCPBA.

1. Requisitos:

- o Ser estudiante de un doctorado de la UNCPBA con proyecto de tesis enmarcado en un área estratégica, alineado con las prioridades del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2030).
- o El postulante deberá ser un estudiante avanzado, entendiendo como tal, aquel que ya cuenta con un 60% de los créditos requeridos en su carrera.
- o Solicitar financiamiento para una visita o estancia en un equipo de trabajo distinto al de pertenencia del postulante y prioritariamente externo a la UNCPBA.

Monto a financiar: hasta \$900.000 por estancia dependiendo de los gastos de traslado en que deba incurrir el postulante.

Presentaciones:

- Se aceptarán postulaciones hasta el 28 de febrero de 2025.
- Aplicar a través del [formulario WEB](#) donde encontrarán más detalles e instrucciones. En dicho formulario se requerirá adjuntar:
 - o Un certificado analítico donde se pueda comprobar el avance en la trayectoria doctoral y donde conste que ha cumplido con todos los cursos necesarios.
 - o De manera no excluyente, un borrador de la tesis que será analizado por una comisión ad-hoc.
 - o Una carta del estudiante donde justifica la visita, el impacto de la misma en su carrera doctoral y se compromete finalizar su tesis en un plazo razonable que deberá indicar. Esta carta deberá estar avalada por su director de tesis, reconociendo la factibilidad de lo mencionado por su dirigido. También deberá avalarla el director de la carrera quien indicará que los plazos mencionados son coherentes.
 - o Una carta de invitación y acuerdo con la estancia del equipo de trabajo donde se desarrollará la estancia de investigación.

Correo *

luisina.aristaran@gmail.com

Nombre y Apellido *

Luisina Aristarán

Carrera de doctorado *

Doctorado en Ingeniería, mención Tecnología Química

Facultad *

Dropdown

Ingeniería

Indique y describa el equipo de trabajo de acogida *

El grupo de acogida es el Grupo de Materiales Cerámicos Tradicionales y de Interés Tecnológico del Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica (CETMIC, La Plata), que lleva adelante tareas de investigación y desarrollo en temas de ciencia y tecnología de los materiales cerámicos y sus materias primas. Coordinado por el Dr. Nicolás Rendtorff e integrado por los/as investigadores/as: Dra. Anabella Mocciaro, Dr. Diego Richard, Dra. M. Florencia Hernández, y Lic. Susana Conconi; los investigadores en formación: Dr. Ricardo Anaya, Lic. Paula López y Lic. Iván Polkowñuk y el personal de apoyo a la investigación Lic. Matías Gauna.

Explique la importancia de la estadía para la finalización de su tesis *

Esta oportunidad de colaboración con el CETMIC resultará de gran importancia para la finalización de mi tesis doctoral, debido a que con los resultados obtenidos se logrará completar los Capítulos 4 y 5 de la tesis, cumpliendo con el desarrollo del modelo de optimización que se propone como último objetivo específico en el plan de trabajo de tesis doctoral. Así como también, fomentar el intercambio de conocimiento entre los dos centros y realizar una colaboración con un otro grupo de trabajo.

Alineamiento con el Plan Estratégico 2030 *

Indique con los desafíos relacionados con la temática del curso.

- Erradicar la pobreza y reducir la desigualdad y la vulnerabilidad socioambiental
- Impulsar la bioeconomía y la biotecnología para incrementar la producción sostenible y alcanzar la soberanía alimentaria.
- Contribuir al diseño de políticas para fortalecer la democracia y ampliar los derechos ciudadanos
- Construir una educación inclusiva y de calidad para el desarrollo nacional
- Lograr una salud accesible, equitativa y de calidad
- Desarrollar los sectores espacial, aeronáutico, de las telecomunicaciones y de la industria
- Fortalecer la investigación marítima, la soberanía y el uso sostenible de los bienes del Mar Argentino
- Promover la industria informática y de las tecnologías de la información para la innovación productiva y la transformación digital
- Potenciar la transición al desarrollo sostenible
- Fomentar y consolidar un sendero para la transición energética

Objetivos de desarrollo sostenible *

Indique los ODS relacionados



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16

Justifique la inserción de la temática de sus investigaciones en un área estratégica alineada con las prioridades del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2030. Mencione los ODS relacionados. *

El desarrollo de nuevas formulaciones de materiales de construcción que disminuyan las emisiones de CO₂, la emisión de polvo al ambiente, y propicien la captación de CO₂ ambiental se ha convertido en una prioridad para los próximos años, como así también aquellas investigaciones que permitan una mejor comprensión de los aspectos fisicoquímicos, mecánicos y durables. El plan de trabajo propuesto tiene como hipótesis que el agregado de las arcillas caolinítica - e illita calcinadas en la formulación de morteros con cal hidráulica contribuirá, cuando se las utilice en el porcentaje adecuado, a disminuir la huella de carbono (en la producción de arcillas calcinadas no se emite CO₂ como sucede en la producción de cal) y mejorar las propiedades mecánicas y durables del producto final (modificación de fases y microestructura), a la vez de propiciar la captación de CO₂ ambiental debido a la carbonatación de las fases. Se obtendrá un material que compita con los morteros de cemento utilizados actualmente. Siguiendo los lineamientos del Plan Estratégico 2030 los objetivos de mi trabajo de tesis van a contribuir con el "Desafío 9. Potenciar la transición al desarrollo sostenible", promoviendo el uso sostenible de los bienes naturales y aportando a la mitigación del cambio climático. Así como también contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible: "9. Industria, innovación e infraestructura", "11. Ciudades y comunidades sostenibles", "12. Producción y consumo responsables".

Adjunte su CV en pdf *

 1. CV-Arizarán L...

 Añadir archivo

Adjunte Certificado Analítico *

 2. Analítico - Aris...

 Añadir archivo

Adjunte Programa del Doctorado *

 3. Nuevo Regl. D...

 Añadir archivo

Adjunte carta del postulante donde justifica la visita, el impacto de la misma en su carrera doctoral y se compromete finalizar su tesis en un plazo razonable que deberá indicar explícitamente. Esta carta deberá estar avalada por su director de tesis, reconociendo la factibilidad de lo mencionado por su dirigido. También deberá avalarla el director de la carrera quien indicará que los plazos mencionados son coherentes. *

[Ver modelo](#)

 4. Carta motivaci...

 Añadir archivo

Borrador de tesis: en el caso de tener la tesis en estado avanzado, adjunte una versión pdf.

 5. Borrador de Te...

 Añadir archivo

Adjunte carta de invitación del equipo de trabajo a visitar (pdf). *

 6. Carta invitacio...

 Añadir archivo

Este formulario se creó fuera de tu dominio.

Google Formularios

Luisina Aristarán



DATOS PERSONALES

DNI 37.978.763

Fecha de nacimiento: 31 - 12 - 1993

Nacionalidad: argentina

Estado civil: Soltero/a

Domicilio: Dorrego 2998 (7400). Olavarría, Buenos Aires - Argentina

Teléfono: 2284 - 620179

Correo electrónico: luisina.aristaran@gmail.com / aristaranluisina@gmail.com

Dirección laboral: Av. del valle 5737 (7400). Olavarría, Buenos Aires - Argentina

Teléfono: 2284 - 451055

Correo electrónico: luisina.aristaran@fio.unicen.edu.ar

FORMACIÓN ACADÉMICA

DOCTORADO EN INGENIERIA, MENCIÓN QUÍMICA | FIO

Abril 2022 – actualidad

"Reducción de la huella de carbono de morteros elaborados con cal hidráulica y arcillas calcinadas"

Inscripción aprobada al Doctorado en Ingeniería, mención Tecnología Química. Res C.A.F.I. n° 165/22.

Facultad de Ingeniería de Olavarría (FIO), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA).

INGENIERIA EN SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO | FIO

Febrero 2021 – Agosto 2023 Promedio: 8,47

Facultad de Ingeniería de Olavarría (FIO), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA).

INGENIERIA QUÍMICA | FACULTAD DE INGENIERÍA DE OLAVARRÍA

Febrero 2012 – Mayo 2019 Promedio: 8,13

Facultad de Ingeniería de Olavarría (FIO), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA).

BACHILLER EN ECONOMÍA Y GESTIÓN DE LAS ORGANIZACIONES

Año de finalización 2011

Promedio general: 8,86 Instituto Monseñor César Cáneva, Olavarría, Bs.As.

FORMACIÓN COMPLEMENTARIA

EXAMEN FIRST CERTIFICATE

Cambridge ESOL International – Council of Europe Level B2

Examen First Certificate rendido y aprobado (Grade B, 78/100)

LOMA NEGRA | PASANTE ADHONOREM

Julio 2018 – Octubre 2018

- Loma Negra Planta L'amali, Intercement.
- Sector de Calidad y Procesos de planta L'amali, Olavarría, Bs.As. Director: Ing. Lisandro Tumini.
- Pasantía realizada en el marco de las Prácticas Profesionales Supervisadas.

Confección de la curva patrón secundario de Harina Cruda con Arcilla Ferrosa para equipos de fluorescencia de rayos X (Cubix, Zetium, ARL).

FINANCIAMIENTO CIENCIA Y TECNOLOGÍA

CONICET | BECA DOCTORAL

Abril 2022 – Marzo 2027

Dirección: Dra. Ing. Tironi, Alejandra - Co-Dirección: Dra. Ing. Paulo, Cecilia.

Financiada y ejecutada por: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Lugar de trabajo: Centro de investigaciones en física e ingeniería del centro de la provincia de Buenos Aires (CONICET – CICPBA – UNCPBA)

Proyecto: *"Reducción de la huella de carbono de morteros elaborados con cal hidráulica y arcillas calcinadas"*

Participación en proyectos

Proyecto de incentivos (2023-2025) (en evaluación) *"Camino a las emisiones netas cero en la industria del cemento y el hormigón"*. Director: Ing. Edgardo Fabián Irassar. Codirectora: Dra. Viviana Fátima Rahhal. *Participación: Ing. Luisina Aristarán (becaria doctoral) participa en la formulación de morteros cal hidráulica y arcillas calcinadas que compita con los morteros de cemento utilizados actualmente que disminuyan las emisiones de CO₂ al ambiente según su plan de doctorado.* Núcleo de Investigación en Materiales (INMAT). Facultad de Ingeniería – UNCPBA.

Proyecto I+D+i FIO (2023-2025) *"Materiales de construcción con propiedades antifúngicas"*. Directora: Dra. Ing. Alejandra Tironi. Codirectora: Dra. Carolina Iraporda. Núcleo de Investigación en Materiales (INMAT). Facultad de Ingeniería – UNCPBA.

Proyecto JOVIN (2022-2023) (03-JOVIN -90E) *"Modelado y validación experimental de un equipo separador de partículas en múltiples tamaños"*. Directora: Dra. Ing. Cecilia Inés Paulo. Codirector: Dr. Ing. Andrés Petit. Núcleo de Investigación en Materiales (INMAT). Facultad de Ingeniería – UNCPBA.

Proyecto PIO 2022 (03-PIO-104E) *"Materiales de construcción a base de cal formulados a partir de un enfoque técnico, ambiental y de durabilidad biológica"*. Programa de Fortalecimiento a la Ciencia y la Tecnología en Universidades Nacionales. Proyectos Interdisciplinarios Orientados. Directora: Alejandra Tironi. Codirectora: Carolina Iraporda. Núcleo de Investigación en Materiales (INMAT). Facultad de Ingeniería – UNCPBA.

ANTECEDENTES EN INVESTIGACIÓN

UNCPBA FIO | BECA DE CONTRAPRESTACIÓN DE SERVICIO

Junio 2021 – Julio 2021

- Res. F. I. n° 220/21
- Dirección: Ing. Kessler, Daniela - Co-Dirección: Ing. Giuliadori, Eugenia.
- Proyecto: *"Caracterización RSU Olavarría"* (cTAE – FIO – UNCPBA).

PROGRAMA IAESTE | BECARIA DE INVESTIGACIÓN | INTERCAMBIO

Septiembre 2019 – Noviembre 2019

- Financiada por: International Association for the Exchange of Students for Technical Experience.
- Ejecutada en: Universidad de Ibagué, Ibagué, Tolima, Colombia.
- Grupo de Investigación NATURATU, director Dr. Olimpo García Beltrán.
- Investigación y desarrollo: *"Análisis y sintetización de sensores químicos para detectar iones metálicos en medio acuoso."* Sintetización heterocíclica de compuestos cuméricos, utilizados como sensores químicos para detectar mercurio (Hg) en agua. Análisis de muestras con espectrofotómetro UV visible y con equipo de espectroscopia de fluorescencia.

UNCPBA FIO | BECARIA DE INVESTIGACIÓN | GRUPO CTAE

Febrero 2017 - Abril 2019

- Centro de Tecnologías Ambientales y Energías (cTAE) – FIO UNCPBA
- Dirección: Dra. Ing. Verónica Córdoba y Mag. Ing. Estela Santalla.

Bioenergía. Valorización de Residuos. Biodigestión y generación de biogás. Estandarización de Ensayos de Laboratorio (potencial de biometano). Técnicas de caracterización fisicoquímicas y analíticas (SV, humedad, SSV, pH, alcalinidad, nitrógeno, nitrógeno amoniacal). Análisis de producción de energía eléctrica con lodos de planta depuradora. Optimización de producción de Biogás con pretratamientos del sustrato (térmico, ultrasonido).

Becas obtenidas

Mayo 2018 – Abril 2019 | Beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas, Res n° 389/18 (CIN). Dirección: Dra. Ing. Verónica Córdoba. Proyecto: “Optimización de la producción de metano de lodos de depuradora”.

Abril 2017 – Diciembre 2017 | Beca de Iniciación Científico Tecnológica, Res C.A.F.I. n° 45/17 (FIO). Dirección: Dra. Ing. Verónica Córdoba. Proyecto: “La bioenergía en el contexto nacional de las energías renovables: la necesidad de estandarizar procedimientos”.

Febrero 2017 - Abril 2017 | Beca de Contraprestación de Servicio, Res F.I. n° 028/17 (FIO). Dirección: Dra. Ing. Verónica Córdoba.

Participación en proyectos

Proyecto Bioenergía en la Gestión Pública (VT38-UNICEN 10204), "Universidades Agregando Valor 2017" (SPU).

PUBLICACIONES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Aristarán, L.; Paulo, C. & Tironi, A. (2024) “Cuantificación de la emisión de polvo al ambiente en cal hidráulica y arcillas calcinadas”. Memorias del XI Congreso Internacional y 25° Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, 1a ed., pp. 2-9. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (ISBN 978-631-90193-1-5).

Aristarán, L.; Tironi, A.; Iraporda, C.; Córdoba, G. & Paulo, C. (2024) “Morteros elaborados con cal hidráulica y elevado porcentaje de arcillas calcinadas”. Memorias del XI Congreso Internacional y 25° Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, 1a ed., pp. 50-57. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (ISBN 978-631-90193-1-5).

Iraporda, C.; Portela, G.; Aristarán, L.; Martinefsky, C.; Vazquez-Clerici, S.; Rubel, I. A.; & Tironi, A. (2024) “Estudio de metales tóxicos con acción inhibidora para el desarrollo de pastas calcáreas con propiedades antifúngicas”. Memorias del XVI Congreso Argentino de Microbiología, 1a ed., pp. 263. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología (ISBN 978-987-48458-2-5).

Aristarán, L.; Paulo, C.; Iraporda, C. & Tironi, A. (2023) “Morteros elaborados con cal hidráulica y arcillas calcinadas. Análisis de la captación de CO₂ ambiental, propiedades físicoquímicas, mecánicas y biológicas.” Memorias de las 3° Jornadas de Jóvenes Investigadores en Tecnología del Cemento y el Hormigón, pp.52-54. AATH, UNS, Bahía Blanca 2023. ([ISBN 978-631-90193-0-8](https://doi.org/10.1007/978-631-90193-0-8))

Aristarán, L.; Paulo, C. & Tironi, A. (2023) “Pastas elaboradas con cal hidráulica y arcillas calcinadas: análisis de la captación de CO₂ ambiental”. Revista del Museo de La Plata 8(2), pp. 122-131. ([ISSN - 2545-6377](https://doi.org/10.1007/978-2545-6377))

Aristarán, L.; Paulo, C. & Tironi, A. (2022) “Estudio de la captación de CO₂ ambiental en pastas de cal y arcillas calcinadas”. Libro de resúmenes de las 5tas Jornadas Nacionales de Investigación Cerámica, pp.83 - 85. Facultad de Ciencias Exactas (UNLP). Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica. ([ISBN: 978-950-34-2220-5](https://doi.org/10.1007/978-950-34-2220-5))

Aristarán, L., Córdoba, V. E., Hungría, J., & Santalla, E. M. (2018). “Análisis del potencial energético de lodos de planta depuradora”. RedBioLAC, vol. 2, pp. 20-27. Red de Biodigestores para Latino América y el Caribe. ([RedBioLAC](https://doi.org/10.1007/978-950-34-2220-5))

Aristarán, L., Córdoba, V., Marcolini, I., Cittadino, A., Rosso, M., Santalla, E. (2017) “Efecto de la estabilización biológica sobre el potencial de biometano de los residuos sólidos urbanos”. Libro de resúmenes III Congreso

Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental, pp. 219. SACyTA editorial, Buenos Aires, Argentina. ([ISBN 978-987-46096-2-5](#))

Aristarán, L., Córdoba, V., Marcolini, I., Cittadino, A., Rosso, M., Santalla, E. (2017) *"Efecto de la estabilización biológica sobre el potencial de biometano de los residuos sólidos urbanos"*. Libro de trabajos completos, Ambiente y desarrollo sostenible desde una perspectiva multidisciplinaria, pp. 477 – 482. SACyTA editorial, Buenos Aires, Argentina. ([ISBN 978-987-46096-3-2](#))

PARTICIPACIÓN EN EVENTOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

2024 – "XI Congreso Internacional y 25° Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón". Organizadas por AATH, UTN-FRC, UNC-FCEFYn y UCC. Modo de participación: asistente y en calidad de expositor. *"Cuantificación de la emisión de polvo al ambiente en cal hidráulica y arcillas calcinadas"* & *"Morteros elaborados con cal hidráulica y elevado porcentaje de arcillas calcinadas"*. Córdoba, Córdoba, Argentina.

2024 – "XVI Congreso Argentino de Microbiología". Modo de participación: envío de trabajo de investigación. *"Estudio de metales tóxicos con acción inhibidora para el desarrollo de pastas calcáreas con propiedades antifúngicas"*. Buenos Aires, Argentina.

2023 – "III Jornadas de Jóvenes Investigadores en Tecnología del Cemento y el Hormigón". Organizadas por la AATH, la UNS y RILEM. Modo de participación: asistente y en calidad de expositor. *"Morteros elaborados con cal hidráulica y arcillas calcinadas. Análisis de la captación de CO₂ ambiental, propiedades físicoquímicas, mecánicas y biológicas"*. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

2022 – "5° Jornadas Nacionales de Investigación Cerámica". Organizado por CETMIC. Modo de participación: asistente y presentación de trabajo modalidad poster. *"Estudio de la captación de CO₂ ambiental en pastas de cal y arcillas calcinadas"*. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

2018 – "XXIII Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Química". Organizado por UNIQCO. Modo de participación: Asistente. Córdoba, Argentina.

2018 – "X° Encuentro RedBiolac, Promoviendo el desarrollo territorial sostenible e integración a través del biogás". Organizado por: Red Biolac. Modo de participación: envío de trabajo de investigación. *"Aprovechamiento energético de lodos de planta depuradora"*. Brasil, Foz de Iguazú.

2017 – "9° Encuentro RedBiolac, Biodigestores, suministro estable de energía, biofertilizantes y cuidado ambiental". Organizado por: RedBiolac. Modo de participación: asistente, participación en grupos de trabajo en la red de biodigestores en Latinoamérica y presentación de trabajo de investigación modalidad oral. *"Determinación del potencial de biometano de los residuos sólidos urbanos a partir de un método estandarizado"*. [Congreso internacional de biogás Encuentro 2017 \(RedBiolac\)](#). Buenos Aires, Argentina.

2017 – Evento: "XXII Congreso Nacional y I Congreso Trinacional de Estudiantes de Ingeniería Química". Organizado por: AMEIQ. Modo de participación: asistente y presentación de trabajo modalidad poster. *"Determinación del potencial de biometano de los residuos sólidos urbanos"*. Posadas, Misiones, Argentina.

2017 – Evento: "III Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental: Argentina y Ambiente 2017". Organizado por: Sociedad Argentina de Ciencia y Tecnología Ambiental (SACyTA). Modo de participación: asistente y presentación oral. *"Efecto de la estabilización biológica sobre el potencial de biometano de los residuos sólidos urbanos"*. Santa Fe, Argentina.

2015 - Evento: "XX Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Química". Organizado por: Asociación Sanjuanina de estudiantes de ingeniería química. Modo de participación: Asistente. San Juan, Argentina.

CURSOS

2024 – "Espectrometría por fluorescencia de rayos X. Aplicaciones en problemas de ambiente, salud y producción" dictado por dictado por el Prof. Dr. Roberto Daniel Pérez (FAMAF, UNCor), en el marco del

Doctorado en Ciencias Aplicadas mención Ambiente y Salud. Objetivos: Brindar una introducción a las bases teóricas de la fluorescencia de rayos X (FRX). Conocer las potencialidades y limitaciones de la técnica. Tener contacto con equipamiento específico y técnicas de preparación de muestras. FCEX, UNICEN, Tandil, Buenos Aires, Argentina.

2024 – “Comunicación Científica” dictado por los Prof. Dr. Martin Santiago, Dr. Salvador Julián Marcazzó (DCFA, FCEX) y Dra. Nerina Sarthou (CEIPIL, FCH). Carga horaria: 60 h. RCA 043/24. FCEX, UNICEN, Tandil, Buenos Aires, Argentina.

2023 – “B5.- Técnicas de Caracterización de Materiales Cementicios” dictado por Dra. Alejandra Tironi (Docente responsable del curso). Docentes del curso: Dra. Alejandra Tironi, Dra. Viviana Rahhal, Dra. Antonela Di Salvo Barsi, Ing. Beatriz Silverii, Dra. Silvina Zito. Objetivos: Conocer técnicas instrumentales para la caracterización de materiales de base cementicia, sus aplicaciones y limitaciones. Desarrollar la capacidad de diseño de experimentos y la interpretación de resultados. FIO, UNCPBA, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

2023 – “B3.- Resiliencia y Sostenibilidad de las Construcciones de Hormigón” dictado por Esp. Fabián Irassar, Dra. Cecilia Paulo y Dra. Gisela Córdoba. Objetivos: Desarrollar los criterios y técnicas de valoración de la sostenibilidad de los materiales, procesos y construcciones, utilizando el Análisis de ciclo de vida para establecer objetivamente su performance. FIO, UNCPBA, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

2023 – “Análisis Digital de Imágenes” dictado por Dra. María de Luján Álvarez, Bioq. José M. Pellegrino, Dra. Ana María González y Dra. Luciana Erbes. Carga Horaria: 50 hs. Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Santa Fe, Argentina.

2023 – “Inducción a la Plataforma FIO Virtual: Moodle 4.0”. ResFI072-23. EDUCOM. FIO, UNCPBA, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

2022 – “Técnicas de Análisis Instrumental” dictado por la Dra. Viviana Rahhal y colaboradores. Carga horaria: 80hs. FIO, UNCPBA, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

2022 – “Metodología de la Investigación” dictado por la Dra. Gladys Nora Eyler y Dra. Marianela Capitani. Carga horaria: 60hs. FIO, UNCPBA, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

2022 – “Introducción a la Programación en Ingeniería GAMS” dictado por Dra. Ing. María Fernanda Laborde, Dra. Ing. Cecilia Paulo, MSc. Ing. Ana María Pagano. Carga horaria: 30hs. FIO, UNCPBA, Buenos Aires, Argentina.

2022 – “Probabilidad, Estadística y Diseño de Experimentos” dictado por la Dra. MSc. Ing. Miriam B. Cocconi y colaboradores. Carga horaria: 50hs. FIO, UNCPBA, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

2022 – “RTC1 – Part 4: Sustainability of lime-based masonry systems using LCA”. Taller Intensivo (19 al 23 Septiembre 2022). SUBLime. Darmstadt, Germany.

2022 – “RTC1 – Part 3: Geochemical modelling applied to lime”. Taller Intensivo (25 al 27 Abril 2022). SUBLime. Santorini, Greece.

2018 – “Capitalismo y generación de residuos, su tratamiento y valorización para el corto y largo plazo” disertado por Ing. Qco. Sebastián Antonini, la Dra. Ing. Carla Fermanelli y la Ing. Qca. María Victoria Rocha, UNC, Córdoba, Argentina.

2018 – “Tecnologías Ambientales” disertado por la Ing. Estela Santalla y la Lic. Romina Baldi (Res. CAFI N° 162/17). FIO, UNCPBA, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

2017 – “Procesos avanzados para el tratamiento de efluentes industriales”, disertado por la Dra. María Laura Vera, UNaM, Argentina.

2017 – “Elaboración de Cerveza”, disertado por el Dr. Abel López, UNC, Córdoba, Argentina.

2015 – “Diseño Sustentable en Ingeniería de Procesos”, disertado por el Dr. Felipe Diaz Alvarado, UNSJ, San Juan, Argentina.

2015 – Taller “Políticas y Práctica de Tutoría en la Universidad: ¿Qué transformaciones y cambios son posibles?”, a cargo de la Dra. Mirian Capelari. Facultad de Ciencias Exactas, UNICEN, Tandil (30/03/2015).

2014 – “Formación de tutores”, Facultad de Ingeniería, UNICEN, Olavarría (segundo cuatrimestre del año 2014, 30 horas).

2013 – Taller de Capacitación "El espacio tutorial en el ingreso a la universidad: una construcción colectiva", Facultad de Ingeniería, UNICEN, Olavarría (11/2013, 12 horas).

ANTECEDENTES EN DOCENCIA

UNCPBA FIO | AYUDANTE DIPLOMADO

Diciembre 2023 – actualidad

Dedicación Exclusiva. Carácter: interino, Departamento de Ingeniería Química y Tecnología de los Alimentos. Res. F.I. n° 484/23. Asignaturas: Balance de Materia y Energía (1° cuatrimestre) y Fenómenos de Transporte (2° cuatrimestre).

UNCPBA FIO | AYUDANTE DIPLOMADO

Junio 2023 – Noviembre 2023

Dedicación Simple. Carácter: interino, en el Área: Tecnologías Aplicadas a los Procesos Industriales y Tecnologías Aplicadas a las Operaciones Unitarias, del Departamento de Ingeniería Química y Tecnología de los Alimentos. Res. F.I. n° 243/23. Asignaturas: Procesos Químicos II (1° cuatrimestre) y Fenómenos de Transporte (2° cuatrimestre).

UNCPBA FIO | AYUDANTE DIPLOMADO

Marzo 2022 – Junio 2023

Dedicación Simple. Carácter: interino, en el Área: Matemática, del Departamento de Ciencias Básicas. Res. C.A.F.I. n° 055/22. Asignaturas: Álgebra y Geometría Analítica (1° C y 2° C durante 2022). Introducción a las ciencias básicas. Matemática básica y sus aplicaciones (2023). Res. C.A.F.I. n° 392/22.

UNCPBA FIO | AYUDANTE ALUMNO

Abril 2018 - Marzo 2019

Dedicación Simple. Res. C.A.F.I. n° 080/18. Asignaturas: Química Analítica, Termodinámica Química, Programa Institucional para Ingresantes.

UNCPBA FIO | AYUDANTE ALUMNO

Abril 2016 - **Marzo 2017**

Dedicación Simple. Res. F.I. n° 104/16. Asignaturas: Química General e Inorgánica y Química Tecnológica, Programa Institucional para Ingresantes.

ANTECEDENTES LABORALES

DEVESA | AZUL NATURAL BEEF S.A.

Septiembre 2021 – Marzo 2022

- Analista de compras – Jornada completa.

COGSAU SINOMA UT | ANALISTA ADMINISTRATIVO

Marzo 2019 – Marzo 2021

- Cartellone OIL&GAS S. A. U. – Sinoma Argentina S. A. U – Unión Transitoria.
- Proyecto: Ampliación Planta L'amalí line 2 – Sector Compras.

ANTECEDENTES EN EXTENSIÓN

Semana de la ciencia

- Coordinadora de la actividad: Dra. Alejandra Tironi.
- Actividades: Exposiciones y exhibiciones interactivas de ciencia y tecnología.
- Función desempeñada: integrante de equipo.

Stand: Secretos químicos al descubierto: la sorprendente composición de lo que te rodea.

Stand en Plaza Pública de Olavarría: se presentaron equipos disponibles en la Facultad de Ingeniería y en el CIFICEN utilizados para medir la composición química elemental de muestras líquidas y sólidas, y técnicas para identificar y/o cuantificar a partir del análisis químico los compuestos que forman materiales de construcción: cemento, cal, agregados livianos.

Jornada de laboratorios abiertos - Taller: La Química y la Microbiología en Materiales de Construcción.

En el laboratorio se mostraron diferentes experiencias que les permitió a los estudiantes de secundario que participaron de la actividad conocer sobre materiales de construcción como el cemento, la cal y los agregados livianos; el uso de arcillas locales como materia prima y los avances realizados en el desarrollo de ensayos para determinar la durabilidad biológica.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE LA PCIA. DE BUENOS AIRES

Facultad de Ingeniería

Certificado de estudios

Alumno: Aristaran Luisina

Documento: DNI 37978763

Propuesta: Doctorado en Ingeniería

Historia Académica

Cred. Actividad	Fecha	Nota	Resultado	Tipo	Acta/Res.-Tipo
6.00 Formación Básica Epistemología y Metodología de la Investigación	11-09-2024	10	APROBADO	Resol.	322/24 RD
5.00 Formación Básica Probabilidad, estadística y diseño de experimentos	11-09-2024	10	APROBADO	Resol.	322/24 RD
8.00 Formación Específica Técnicas de Análisis Instrumental	11-09-2024	9	APROBADO	Resol.	322/24 RD
5.00 Formación Específica Análisis digital de imágenes	19-12-2024	10	APROBADO	Resol.	374/24 RCA
6.00 Formación Básica Comunicación científica	19-12-2024	10	APROBADO	Resol.	374/24 RCA
4.00 Formación Específica Espectrometría por fluorescencia de rayos X. Aplicaciones en problemas de ambiente, salud y producción	19-12-2024	9	APROBADO	Resol.	374/24 RCA
2.00 Formación Específica Introducción a la programación en ingeniería con GAMS	19-12-2024	10	APROBADO	Resol.	374/24 RCA
5.00 Formación Específica Publicación en revista nacional y trabajos en Congresos Nacionales e Internacionales	19-12-2024	A	APROBADO	Resol.	374/24 RCA
5.00 Formación Específica Técnicas de caracterización de materiales cementíceos	19-12-2024	10	APROBADO	Resol.	374/24 RCA

Promedio sin aplazos: 9.75
Aplazos: 0
Promedio con aplazos: 9.75
Porcentaje de avance de carrera

Certificación	Orientación	Eleg.	%	Aprob.
Doctora en Ingeniería	Mención Tecnología Química	S	83.33	5

Requisitos

Nombre	Fecha	Resolución/Acta
Idioma	10/06/2024	RD 193/24

Certificado de estudios

Alumno: Aristaran Luisina
Documento: DNI 37978763
Propuesta: Doctorado en Ingeniería

A pedido del interesado y para ser presentada ante QUIEN CORRESPONDA se expide la presente constancia en OLAVARRÍA, Buenos Aires a los 20 días del mes de febrero de 2025.



Sello

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "PAOLA GIORDAMINO".

PAOLA GIORDAMINO
COORDINADORA
Secretaría de Investigación y Postgrado
FACULTAD DE INGENIERIA

Firma

Olavarría, **28 MAY 2020**

RES.C.A.FAC.ING.N° 116/20

VISTO

La propuesta presentada desde la Secretaría de Investigación y Posgrado sobre el "Reglamento de la carrera de DOCTORADO EN INGENIERÍA de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA, y;

CONSIDERANDO

Que la propuesta mencionada fue elaborada por la Comisión Asesora de Posgrado de la citada carrera;

Que se propone una actualización de ciertos aspectos vinculados a la virtualidad, a las definiciones de quienes pueden ejercer como Directores de Tesis doctorales, incluyendo a Investigadores de Carrera y Profesores categorías I, II y III del Programa de Incentivos de la SPU, y otros detalles menores de redacción del articulado;

Que la Comisión de "Desarrollo Académico" le dio tratamiento y aconseja su aprobación;

Que puesto a consideración en el Plenario, se realizan breves modificaciones de forma, que son asumidas para la versión final;

Que es necesario derogar la Res. CAFI N° 253/09 que aprobaba el anterior Reglamento de la Carrera;

Que el Consejo Académico, Ad-Referéndum del Consejo Superior de la U.N.C.P.B.A., en su reunión Ordinaria del 27/05/20 aprueba la propuesta;

POR TODO ELLO

En uso de las atribuciones conferidas por el Estatuto de la Universidad, aprobado por Resolución Ministerial N°2672/84 y modificado por la Honorable Asamblea Universitaria;

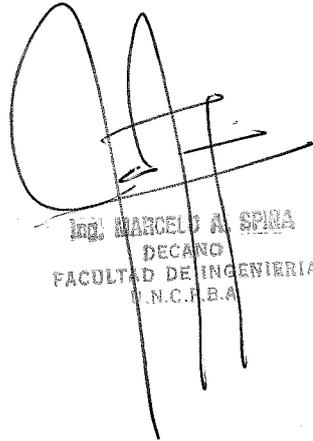
EL CONSEJO ACADEMICO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

RESUELVE

Artículo 1°: Apruébese, Ad-Referéndum del Consejo Superior de la U.N.C.P.B.A., el Reglamento de la carrera de DOCTORADO EN INGENIERÍA de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA, que como Anexo (6 folios) se adjunta a la presente Resolución.

Artículo 2°: Deróguese la Res. CAFI N° 253/09 que aprobaba el anterior REGLAMENTO de la carrera DOCTORADO EN INGENIERIA de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA.

Artículo 3°: Comuníquese, notifíquese, regístrese y archívese.


DR. MARCELO A. SPINA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA
UNCPBA

ANEXO

Reglamento de Doctorado en Ingeniería. Facultad de Ingeniería
UNCPBA

Parte I) Fines y Organización

Art. 1: La carrera de Doctorado de la **Facultad de Ingeniería de la UNCPBA** consiste en un conjunto de actividades a nivel de posgrado destinadas a la obtención del grado académico de **Doctor en Ingeniería** con las menciones **Tecnología Química, Tecnología Electromecánica y Tecnología de la Construcción.**

Art. 2: El objetivo de la carrera es la formación integral del Doctorando a través de una serie de cursos disciplinares y de carácter general que se complementan con el desarrollo de una Tesis original, en un área de conocimiento, procurando excelencia académica y universalidad.

Art. 3: El Doctorando deberá proponer ante la Comisión Asesora de Posgrado (CAP), junto con su Director, un Plan de Formación y un Proyecto de Tesis que permita cumplir con los objetivos previstos en el Art. 2. Las actividades propuestas en el Proyecto de Tesis deberán estar vinculadas a las de los grupos de investigación y desarrollo acreditados en la UNCPBA y/o a temas de interés institucional.

Art. 4: Los aportes originales que surjan del desarrollo de las actividades previstas en el Art. 3 deberán quedar expresados en una Tesis Doctoral de carácter individual. La misma se realizará con la supervisión del Director (y eventualmente con su Codirector) de Tesis y culminará con su evaluación por parte de un Jurado constituido con al menos un miembro externo a la UNCPBA. Concretada la Tesis y su defensa pública se otorgará el grado académico de **Doctor en Ingeniería.**

Art. 5: A los fines de esta reglamentación se entiende por **Investigador** a los profesionales con el grado académico de Doctor y Profesor Universitario ó Profesores Universitarios con categoría I, II ó III del Programa de Incentivos ó Investigadores de Carrera (CONICET, CICPBA ó institución similar). Se requerirá además haber publicado regularmente (al menos 3 artículos en los últimos 5 años) en revistas internacionales con referato y/o acreditar patentes y/o transferencias tecnológicas comprobables en los últimos 5 años. Por su parte serán considerados **Tecnólogos** a los Especialistas con amplia trayectoria, comprobable por su dirección o participación en proyectos de ingeniería de envergadura y/o producción científico-tecnológica durante los últimos 5 años.

Parte II) Comisión Asesora de Posgrado (CAP)

Art. 6: La Comisión Asesora de Posgrado actuará como comité académico de la carrera, orientando y supervisando las actividades del Doctorando y asesorando al Consejo Académico (CA) de la Facultad en lo pertinente.

Art. 7: Constitución de la CAP

a) La CAP se constituirá con 4 Investigadores de la FI-UNCPBA, contemplando las diferentes ramas de la ingeniería y que acrediten formación en recursos humanos.

b) Los integrantes de la CAP serán designados por el CA y por un período de 3 años, a partir de la propuesta elevada por la Secretaria de Investigación y Posgrado (SIP) de la FI-UNCPBA.

Art. 8: Las actividades de la CAP serán coordinadas por el Director de la Carrera. El mismo será elegido entre sus integrantes, como responsable de todas las acciones de la CAP y será el representante de la Carrera a todo efecto. Estas actividades serán asistidas y supervisadas por el Secretario de Investigación y Posgrado.

Art. 9: Serán deberes y atribuciones de la CAP:



- a) Velar por el cumplimiento de la presente normativa y por la implementación del Plan de Formación del Doctorando.
- b) Organizar el programa de las actividades académicas del Doctorando, en cuanto a cursos y seminarios, a los efectos de elevar anualmente el Plan al CA para su aprobación, así como también supervisar el dictado.
- c) Asesorar al CA en la admisión de los doctorandos, en la aceptación del Director de Tesis (y Codirector si lo hubiera), Plan de Formación y Proyecto de Tesis.
- d) Evaluar, en un plazo que no supere los 45 días, la propuesta del Plan de Formación y Proyecto de Tesis que llevará a cabo el Doctorando, para su aprobación y/o posible reformulación y supervisar el desarrollo de las actividades que realice el Doctorando.
- e) Elevar al CA una nómina de posibles Jurados de Tesis para su designación.
- f) Solicitar la opinión de evaluadores externos en los casos que la temática lo requiera.
- g) Informar y asesorar al CA, previa evaluación fundada, sobre los cambios de temática, director y/o lugar de trabajo que sean solicitados.
- h) Asesorar a la SIP en la evaluación de costos de todas las actividades directamente vinculadas con el posgrado para su inclusión en el presupuesto de la FI-UNCPBA.
- i) Presentar un informe bianual al CA sobre el avance de los doctorandos, en base a los respectivos informes individuales que éstos deberán presentar a la CAP.

Parte III) Admisión de Alumnos e Ingreso al Posgrado

Art. 10: Serán requisitos para ingresar a la Carrera de Doctorado:

- a) Poseer título de grado de Ingeniero u otro relacionado con su base matemática, física y computacional y pertinente con la mención elegida, otorgado por universidades nacionales, provinciales y/o privadas reconocidas por las leyes vigentes y con duración mínima de 4 (cuatro) años en sus planes de estudio.
- b) Ser graduado de una universidad extranjera reconocida por las autoridades competentes del país y que acrediten títulos de grado equivalentes a los de esta Universidad.

Art. 11: La presentación del Doctorando deberá contar con el aval de un Director que reúna las condiciones fijadas en el art. 14 del apartado IV, quien expresará su consentimiento con el Plan de Formación y el Proyecto de Tesis presentado.

Art. 12: Para ser admitidos como alumnos del Doctorado deberán presentar la siguiente documentación:

- Formulario de inscripción, donde constará la mención elegida.
- Fotocopia autenticada del diploma del título de grado y certificado analítico. En el caso de los títulos extranjeros, tanto el original como la copia, deberán estar apostillados.
- Fotocopia autenticada de la partida/certificado de nacimiento.
- Currículum Vitae, Plan de Formación y Proyecto de Tesis (que cumpla lo especificado en el Art.2 de este Reglamento) avalado por el Director.
- Fotocopia del documento de identidad.
- Currículum Vitae y carta de aceptación del Director de Tesis (y Codirector si lo hubiera).

Art. 13: Cumplidos los requisitos exigidos en los arts. 10, 11 y 12 la



CAP evaluará la documentación de inscripción y los antecedentes del Director propuesto (y Codirector si lo hubiera) y elevará al CA una propuesta fundada. El CA podrá o no aceptar dicha inscripción. En caso afirmativo designará al Director (y Codirector si lo hubiera).

Parte IV) Director de Tesis

Art. 14: La función del Director será dirigir, asesorar y supervisar el desarrollo de las actividades de formación del Doctorando, su Trabajo de Tesis y proveer los medios necesarios para el cumplimiento de su labor.

Art. 15: El Doctorando podrá contar con un Codirector de Tesis en los casos en que la naturaleza del Trabajo de Tesis así lo requiera o cuando el Director no pertenezca a la FI-UNCPBA. En este último caso necesariamente el Codirector deberá pertenecer a la UNCPBA. El Codirector deberá reunir los mismos requisitos exigidos al Director y será sujeto de aplicación de los alcances de esta Reglamentación del mismo modo que el Director. Cuando la naturaleza de la Tesis así lo requiera, el Doctorando podrá contar también con un Asesor, que deberá reunir al menos las condiciones de Tecnólogo definidas en el Art.5 del presente Reglamento.

Art. 16: Podrán ejercer la función de Director y Codirector de Tesis Profesores Investigadores de la UNCPBA o eventualmente de otras Universidades o Institutos que reúnan los requisitos citados en el artículo 5.

Art. 17: El Director (y Codirector si lo hubiera) podrá tener bajo su supervisión un máximo de cinco tesis, incluyendo los de otras carreras de posgrado.

Art. 18: El Director (y Codirector si lo hubiera) podrá presentar la renuncia de sus funciones, debidamente fundamentada ante el CA, o ser removido por ese órgano si del informe de la CAP se entiende que no cumple con las obligaciones detalladas en el art.14.

Art. 19: La ausencia temporal o definitiva del Director de Tesis deberá ser notificada a la CAP. Si existiere el Codirector, éste asumirá totalmente la responsabilidad. Si no lo hubiera, la CAP propondrá al CA la designación de un Codirector en caso de ausencia temporal y un nuevo Director en caso de ausencia permanente, según los requerimientos establecidos en los artículos de este apartado.

Parte V) Cursos

Art. 20: Los cursos de posgrado se llevarán a cabo en el ámbito de la UNCPBA y/o a través de convenios con otras Instituciones.

Art. 21: Podrán ser docentes de los cursos de posgrado Profesores de la UNCPBA o eventualmente Profesores e Investigadores de otras Universidades o Institutos. Los Profesores deberán ser Investigadores y/o Tecnólogos con producción científico-tecnológica comprobable en la temática del curso.

Art. 22: A fin de asegurar la formación necesaria para cumplir el plan acordado con la CAP, el Doctorando deberá reunir un mínimo de 40 créditos, antes de optar por defender su Tesis. Los créditos se cubrirán con cursos o seminarios básicos y cursos formativos específicos. Podrán ser computados como créditos actividades de formación previa, publicaciones, pasantías en centros de investigación y desarrollo u otras actividades científico-tecnológicas. Su equivalente en créditos será otorgado por la CAP.

Art. 23: Los doctorandos deberán asimismo aprobar dentro de los seis (6) meses calendarios, posteriores a la aceptación del Plan de Formación, un examen de idioma inglés. En este examen el candidato deberá demostrar a la CAP suficiencia en la traducción y comprensión de un artículo sobre un tema de su especialidad. En caso de que el Doctorando posea un título de posgrado otorgado por la UNCPBA o por otra Universidad, se lo eximirá del examen de idioma extranjero.

Art. 24: Los cursos o seminarios básicos deberán incluir contenidos de epistemología y metodología de la investigación.

Art. 25: Los cursos formativos específicos, seleccionados en el marco del Proyecto de Tesis, tendrán como objetivo que el Doctorando adquiera los conocimientos y aptitudes necesarios para llevar a cabo exitosamente la Tesis Doctoral.

Art. 26: La solicitud de reconocimiento de cursos de posgrados, aprobados previamente por el Doctorando en otras instituciones, en posgrados oficiales finalizados o no, deberá ser solicitada por éste al realizar su inscripción, tal lo previsto en el Art.12 de este Reglamento. Las presentaciones deberán incluir el programa de cada curso, docente a cargo, cantidad de horas que demandó su dictado y la constancia de aprobación certificada por la respectiva Institución.

Art. 27: Los créditos asignables a los cursos realizados en otros posgrados acreditados o de reconocido prestigio será fijada por la CAP y resultará de analizar: la duración del curso, relevancia de los tópicos desarrollados, su nivel, profundidad, importancia, afinidad con el tema de tesis y antecedentes de los Profesores a cargo de los mismos.

Art. 28: Del total de cursos previstos en el Plan de Formación, al menos el veinticinco por ciento (25%) deberá corresponder a cursos aprobados en la UNCPBA, tal lo previsto en el Estatuto de la UNCPBA, Título 5, Cap. 1, sección A, Art.83.

Art. 29: Los cursos y seminarios deberán aprobarse por medio de una evaluación final la cual será rendida en los plazos establecidos en la planificación correspondiente.

Parte VI) Requisitos para obtener el grado

Art. 30: Los trabajos de investigación conducentes a la elaboración de la Tesis se desarrollarán en los grupos de investigación de la UNCPBA y se llevarán a cabo en sus dependencias. En el caso de requerirse el desarrollo de estas actividades en otras Instituciones y/o Empresas, éstas se llevarán a cabo previa firma de los correspondientes convenios para este fin.

Art. 31: Cuando el Director de Tesis lo considere conveniente y una vez que se hayan cumplido todos los requisitos, el Doctorando presentará su Tesis a la CAP. Al mismo tiempo, el Director elevará una nota con la nómina de cinco (5) especialistas, al menos dos (2) de ellos externos a la UNCPBA, con sus correspondientes antecedentes y títulos, sugeridos para la integración del Jurado de Tesis. Los candidatos deberán poseer antecedentes, como mínimo, similares a los requeridos para ser Director de Tesis.

Art. 32: Transcurrido un período de 5 años desde la aceptación de la inscripción a la Carrera y no mediando la sustanciación de la defensa de Tesis, el Doctorando deberá presentar una nota a la CAP solicitando prórroga junto a un cronograma y plan de trabajo correspondiente a la extensión del plazo requerido. La CAP evaluará lo actuado hasta el momento y la prórroga con el cronograma y el nuevo plan deberán ser aprobados por el CA.

Parte VII) Conformación del Tribunal Evaluador

Art. 33: El Tribunal que evaluará la Tesis estará integrado por:

- a) Tres (3) miembros, en carácter de titulares y dos (2) en carácter de suplente, al menos dos (2) de ellos externos a la UNCPBA y como máximo dos (titular y suplente) pertenecientes a la carrera de Doctorado.
- b) El Director de Tesis podrá ser convocado por el Tribunal y participará con voz pero sin voto.
- c) El Tribunal que evaluará la Tesis será designado por el CA.

Art. 34: Será causal de inhabilitación de algún miembro del Jurado:

- a) El parentesco por consanguinidad dentro del cuarto grado y segundo de afinidad entre Jurado y el Doctorando.
- b) Tener el Jurado sociedad o comunidad con el Doctorando.
- c) Tener el Jurado pleito pendiente con el Doctorando.
- d) Ser el Jurado o el Doctorando, recíprocamente, acreedor, deudor o fiador.
- e) Haber recibido el Jurado beneficios del Doctorando.
- f) Traspasos a la ética universitaria por parte del Jurado, debidamente documentadas.
- g) Haber emitido el Jurado opinión, dictamen o recomendación que pueda ser considerada como prejuicio acerca del resultado de la defensa.

Art. 35: La SIP enviará a los miembros del Jurado designados la invitación formal para conformar el Tribunal, un ejemplar de la Tesis presentada y la Reglamentación vigente.

Art. 36: Los miembros deberán expedirse por la aceptación o no de su designación como Jurado de Tesis dentro de los 10 días hábiles de recibida la comunicación.

Art. 37: Los miembros del Jurado dispondrán de 40 días corridos, a partir de la aceptación, para evaluar la Tesis. Si el Jurado solicitare aclaraciones o información adicional, este plazo se interrumpirá.

Art. 38: Los dictámenes se presentarán en forma individual y por escrito, expresando su opinión fundada sobre los siguientes aspectos:

- a) Originalidad
- b) Nivel académico
- c) Claridad y precisión del lenguaje
- d) Ordenamiento lógico de la redacción
- e) Fuentes de información utilizadas.

Pronunciándose por:

- a) Aceptada sin modificaciones para su defensa oral y pública.
- b) Devuelta para modificaciones o ajustes, estipulándose en dicho caso un plazo máximo de 6 meses para incorporar los cambios y reenviar la Tesis corregida.
- c) Rechazada.

Art. 39: En el caso de que la Tesis fuera rechazada por la mayoría de los miembros, podrá volver a ser presentada sólo en una oportunidad dentro de los 6 meses siguientes con las modificaciones pertinentes para una nueva evaluación.

Art. 40: Si la Tesis fuera rechazada por uno de los miembros del Jurado, se le informará al Doctorando y a su Director sobre las objeciones correspondientes. Si las modificaciones o aclaraciones fueran satisfactorias para dicho Jurado, éste deberá emitir un nuevo Dictamen, según lo establecido en el Art. 38 de este apartado. Si las modificaciones fueran rechazadas nuevamente, será designado un nuevo miembro de la nómina inicial propuesta y se procederá según lo indicado en el Art. 38 del mismo apartado. Si este nuevo Jurado rechazara la Tesis nuevamente, la situación se asimilará al Art. 39.

Art. 41: Una vez aceptada la Tesis por parte del Jurado, y con antelación a la fecha de la defensa oral y pública de la misma, el Doctorando deberá presentar ante la Secretaría de Investigación y Posgrado al menos un (1) ejemplar definitivo de la Tesis que incluya las modificaciones propuestas por el Jurado y una copia magnética. El ejemplar definitivo deberá presentarse en papel formato A4 y encuadrado con tapas rígidas, de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- a) En el lomo deberá figurar la siguiente información:
Iniciales del nombre y apellido (al pie)
TESIS DE DOCTORADO, Facultad de Ingeniería, UNCPBA (en forma transversal).
Año de aprobación (en la parte superior).

b) En la primera hoja del trabajo debe figurar:

Título de la Tesis

Apellido y Nombre completo del Doctorando

Tesis presentada para obtener el grado de DOCTOR EN INGENIERÍA. MENCIÓN (la que correspondiese según el legajo del Doctorando). Facultad de Ingeniería, UNCPBA, mes, año.

c) La Tesis deberá incluir necesariamente: un índice, un resumen en español y en inglés, un capítulo introductorio, un capítulo de conclusiones, nomenclatura y bibliografía única para todo el trabajo.

d) La copia impresa será conservada en la biblioteca de la UNCPBA, sede campus Olavarría y la magnética en la Secretaría de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA

Parte VIII) Defensa Oral y Pública de la Tesis

Art. 42: Cumplido lo establecido en el Art. 41, el Doctorando deberá realizar la defensa oral y pública de la Tesis. En este acto académico deberán estar presentes los miembros del Tribunal Evaluador conformado de acuerdo al Art. 31 Parte VII de este Reglamento. La SIP de común acuerdo con el Tribunal Evaluador establecerá la fecha y hora de la defensa oral y pública que deberá desarrollarse en la FI- UNCPBA.

Art. 43: Si alguno de los Jurados, luego de emitir su dictamen favorable, no pudiera presenciar la defensa oral de la Tesis, podrá ser reemplazado por el Jurado suplente que evaluará la defensa de la Tesis. En ese caso el Doctorando deberá suministrar un ejemplar de la Tesis al miembro suplente cuando fuera necesario incorporarlo para la defensa oral, con al menos 20 días de anticipación a la fecha fijada para la defensa pública. Se requiere la presencia física del Jurado local, pudiendo los Jurados externos a la UNCPBA participar de la defensa oral en forma remota por teleconferencia o vía de comunicación equivalente.

Art. 44: Luego de finalizado el acto académico de Defensa de Tesis, el Tribunal Evaluador se reunirá para confeccionar un acta en donde se evaluará la calidad de la exposición en cuanto a su contenido, claridad y lenguaje empleado. En esta etapa se considerarán también los aspectos evaluados en el Art. 38 de la parte VII del presente Reglamento. En el caso de Jurados externos que asistan a la defensa oral en forma virtual, se entregará al Doctorando una copia del acta con la firma de los Jurados presentes y del/la Secretaria de Investigación y Posgrado de la FIO ó del/la Director/a de la Carrera de Doctorado, en reemplazo del Jurado no presente.

El Acta definitiva deberá llevar la firma original de todos los Jurados, recolectada bien por correo postal o por formato de firma digital cuando estuviese disponible.

Art. 45: A partir del dictamen del Tribunal Evaluador se calificará de acuerdo a la escala prevista en el Reglamento de Enseñanza y Promoción de la UNCPBA, Título I, Art. 26.

Parte IX) Otorgamiento del Título

Art. 46: Realizada la defensa oral y confeccionada el acta correspondiente la FI-UNCPBA otorgará el título de **Doctor en Ingeniería**.

Parte X) Consideraciones generales

Art. 47: Cualquier situación no prevista en este Reglamento se dirimirá en el ámbito del CA-FI-UNCPBA, considerándose su decisión inapelable.

Olavarría, 26 de Febrero de 2025

Sra. Secretaria Académica de la UNCPBA
Sr. Secretario de Ciencia, Arte y tecnología
Mg. Natalia Giamberardino
Dr. Pablo A. Lotito

De mi consideración

Tengo el agrado de dirigirme a Uds. en relación a la convocatoria de Estancias Doctorales para justificar mi elección e indicar el impacto que mi visita tendrá en mi carrera doctoral.

Mi nombre es Luisina Aristarán, soy Ing. Química graduada de la Facultad de Ingeniería de Olavarría (FIO), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA). Actualmente me encuentro cursando el Doctorado en Ingeniería, mención Tecnología Química (Res C.A.F.I. n° 165/22), en la misma casa de estudios. Mi proyecto de tesis se titula "*Reducción de la huella de carbono de morteros elaborados con cal hidráulica y arcillas calcinadas*". El plan de trabajo propuesto tiene como objetivo general diseñar morteros a base de cal hidráulica y arcilla calcinada con características técnicas aceptables, durables y con baja huella de carbono.

Durante los tres primeros años completé la totalidad de los cursos requeridos y realicé tareas de investigación en el marco de una Beca Doctoral CONICET en el grupo INMAT de la FIO, CIFICEN (UNCPBA – CICIPBA – CONICET) sede Olavarría. Realicé varias presentaciones a congresos y publiqué un trabajo en una revista nacional con los avances que tuve de la beca doctoral. Al momento pude cumplir con tres de los cinco objetivos específicos del plan de trabajo propuesto.

Realizar una estancia de investigación con la Dra. Anabella Mocciaro en el Grupo de Materiales Cerámicos Tradicionales y de Interés Tecnológico del CETMIC, va a contribuir a cumplir con los dos objetivos restantes de mi plan de trabajo. Para ello se propone caracterizar pastas elaboradas con cal hidráulica y dos arcillas calcinadas de diferente reactividad, luego de 28 y 60 días de hidratación-carbonatación (22 muestras en total), mediante Difracción de Rayos X (DRX) con patrón interno para poder realizar el análisis Rietveld, técnica que permite identificar y cuantificar fases cristalinas y amorfas. Actualmente en la FIO no contamos con un equipo DRX. Estos resultados permitirán evaluar cómo influye el agregado de arcilla calcinada en diferentes porcentajes, en el comportamiento del material: captación de CO₂ ambiental y modificación de fases. Los cambios producidos alteran la distribución de poros en el material, factor que afecta tanto a las propiedades mecánicas como a las propiedades durables. Durante la estancia en el CETMIC realizaré ensayos de porosimetría por intrusión de mercurio, ya que ellos cuentan con el equipamiento y experiencia necesarios. Los resultados obtenidos en estos ensayos serán incorporados como variables o parámetros en el modelado de optimización. Finalmente, el CETMIC cuenta con un Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) que será utilizado para obtener imágenes de

las pastas con el objetivo de completar la caracterización microestructural. El SEM de la FIO no se encuentra en funcionamiento.

Esta oportunidad de colaboración con el CETMIC resultará de gran importancia para la finalización de mi tesis doctoral, debido a que con los resultados obtenidos se logrará completar los Capítulos 4 y 5 de la tesis, cumpliendo con el desarrollo del modelo de optimización que se propone como último objetivo específico en el plan de trabajo de tesis doctoral, para lo cual estoy realizando un curso de posgrado (*"Introducción a la Optimización de Sistemas y Procesos"*). Además, esta estancia contribuirá a fomentar el intercambio de conocimiento entre los dos centros y realizar una colaboración con un otro grupo de trabajo.

Por la presente me comprometo a finalizar mi tesis de la carrera Doctorado en Ingeniería, mención Tecnología Química, antes del 31 de marzo de 2027.

Presupuesto estimado total: \$900000. Desglose: \$300000 Alojamiento, \$140000 Viáticos y movilidad, \$110000 Pasajes, \$350000 Caracterización y medidas.

Quedo a disposición por cualquier información adicional que consideren necesaria.

Saludos cordiales,



Luisina Aristarán



Dr. Alejandro Tironi

Como director de tesis del postulante, avalo la postulación y considero factible la propuesta.



Dra. Ing. JULIA E. TASCA
Secretaría de Investigación y Posgrado
FACULTAD DE INGENIERIA
UNICEN - OLAVARRÍA

Considero que los plazos mencionados son coherentes con la carrera del postulante.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE LA
PROVINCIA DE BUENOS AIRES**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Trabajo de Tesis Doctoral

Inserte aquí el título de la tesis

*“Reducción de la huella de carbono de Morteros
elaborados con cal hidráulica y arcillas calcinadas”*

Luisina Aristarán

Directora: Dra. Alejandra Tironi
Co-Directora: Dra. Cecilia Inés Paulo

[año]



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Contexto	4
1.2. Objetivo General	7
1.3. Objetivos Específicos	7
2. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES	8
PUBLICACIONES RELACIONADAS CON ESTE CAPÍTULO	8
2.1. Materias primas.....	8
2.2. Métodos de caracterización.....	9
2.3. Composición química y mineralógica	9
2.4. Espectroscopia Infrarroja.....	10
2.5. DTA/TG.....	10
2.6. Superficie específica (BET).....	11
2.7. Distribución tamaño de partículas	11
2.8. Ensayo de Emisión de Polvo Confinado	13
2.9. Reactividad puzolánica	16
3. MORTEROS DE CAL Y ARCILLA CALCINADA CON 50% DE REEMPLAZO	17
PUBLICACIONES RELACIONADAS CON ESTE CAPÍTULO	17
3.1. Materiales.....	17
3.2. Métodos.....	18
3.3. Morteros – Flow y Resistencia a Compresión.....	19
3.4. Pastas – Caracterización mineralógica y captación de CO ₂	19
3.5. Parámetros de durabilidad física	22
3.6. Parámetro de durabilidad biológica.....	22
3.7. Análisis integral de indicadores	23
3.8. Conclusiones Parciales.....	23
4. MORTEROS DE CAL Y ARCILLA CALCINADA: VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE REEMPLAZO	24
PUBLICACIONES RELACIONADAS CON ESTE CAPÍTULO	24
4.1. Materiales y Métodos	25
4.2. Identificación de fases en pastas hidratadas y carbonatadas	26
4.3. Ensayo termogravimétrico.....	28
4.4. Perfil fenolftaleína en pastas.....	30

4.5. Conclusiones Parciales.....	31
5. MODELO DE OPTIMIZACIÓN: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE REEMPLAZO ÓPTIMO	32
6. ESTUDIO DE DURABILIDAD	32
7. CONCLUSIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA	33
PUBLICACIONES EN REVISTAS Y PRESENTACIONES A CONGRESOS.....	35

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto

Los morteros elaborados con cal hidráulica fueron utilizados para la construcción de edificios en la antigua Roma. En la actualidad, este tipo de morteros están presentes en estructuras históricas y en edificios que datan del siglo XIX y de principios del siglo XX [1]. El uso de cal hidráulica disminuyó con el desarrollo de la tecnología del cemento con propiedades de fraguado y endurecimiento rápido, buena resistencia al agua y alta resistencia mecánica. Sin embargo, desde la década de 1980, con el aumento de la necesidad de protección y reparación de obras y edificios históricos, surge la comparación entre ambos materiales y se reconocen las propiedades favorables de los materiales cementantes salientes como la cal hidráulica [2]. En la actualidad, los morteros de cal hidráulica son una herramienta útil para la restauración y protección de edificios históricos [1–3], así como también, en la construcción de edificios modernos debido a las propiedades que brinda de respirabilidad y flexibilidad [4].

La cal hidráulica (CaH) es obtenida a partir de la calcinación (1000°C – 1250°C) de la piedra caliza y arcilla en menor proporción, y posterior hidratación [1]. Durante la calcinación se produce cal viva (CaO) y se emite CO₂ (Ec. 1); luego se hidrata el CaO para obtener Ca(OH)₂ (cal apagada) (Ec. 2) y se procede a la molienda. Durante la producción se generan emisiones de CO₂ debido a la descarbonatación de la calcita (CaCO₃, principal mineral constituyente de la caliza) y a la energía necesaria para la calcinación y molienda (combustible y eléctrica). Las emisiones provenientes de la etapa de calcinación constituyen un 70% de las emisiones totales de CO₂ asociadas a la producción de cal y no pueden ser modificadas [4].



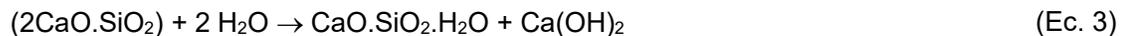
En los últimos años el foco de la industria de la construcción apunta hacia la sostenibilidad, por este motivo, es que ha crecido el interés en disminuir el impacto al medio ambiente utilizando materiales con menor huella de carbono. El desarrollo de nuevas formulaciones de materiales que disminuyan las emisiones de CO₂, la emisión de polvo al ambiente, y el consumo de agua se ha convertido en una prioridad para los próximos años, así como también aquellas investigaciones que permitan una mejor comprensión de los aspectos fisicoquímicos, mecánicos y durables de dichos materiales.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la contaminación atmosférica es el principal riesgo ambiental para la salud. Dentro de la contaminación atmosférica, la dispersión de partículas sólidas en el ambiente, polvo o también denominado material particulado (MP) es uno de los

contaminantes más relevantes para la salud [5]. Este agente de riesgo provoca irritación en las vías respiratorias y, tras exposiciones repetidas, puede llegar a dar lugar a bronquitis crónica [6]. El grado de penetración pulmonar de las partículas se encuentra directamente relacionado con su tamaño. Partículas mayores a 50 μm no pueden inhalarse, entre 10-50 μm son inhalables, ingresan al organismo con retención en nariz y garganta, y partículas menores o igual a 2,5 μm son respirables y penetran hasta el alvéolo pulmonar. De acuerdo con la OMS, la exposición máxima permisible para PM_{10} (partículas menores a 10 μm) es de 20g/m³ y para $\text{PM}_{2,5}$ (partículas menores a 2,5 μm) 10 g/m³ [6].

Durante el proceso de producción de morteros existen diversas etapas que contribuyen a la emisión de grandes cantidades de polvo, por lo que se considera como agente de riesgo del ambiente laboral y es potencialmente peligroso para la salud de los operadores, así como también, de los habitantes cercanos a la industria, por lo que debe ser controlado. El ensayo de emisión de polvo confinado permite modelar de forma similar las emisiones de polvo provenientes del manejo de los materiales granulares y polvorientos y calcular el índice de polvo (D_{CF}) y el factor de emisión (D_{CS}) [7].

Las fases mineralógicas presentes en la CalH son el silicato dicálcico (C_2S , $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), que le proporciona el carácter hidráulico al reaccionar con agua y producir gel de tobermorita (C-S-H , $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$) (Ec.3, hidratación); portlandita (CH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$), responsable del endurecimiento por contacto con el CO_2 ambiental bajo la acción del agua (Ec.4, carbonatación); y la calcita (Cc , CaCO_3) [2].



La reacción de carbonatación en pastas y morteros ocurre por la difusión del CO_2 ambiental a través de la estructura de poro y su disolución en el agua de poro capilar, donde reacciona con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y ocurre la precipitación de cristales de CaCO_3 , esto es conocido como mecanismo de endurecimiento. El perfil de carbonatación en morteros de cal es de aproximadamente 190 mm en 100 años, siendo más rápida en el primer período: 20 mm en 400 días. Si se considera para el cálculo de la huella de carbono de estos materiales la carbonatación (Ec.4), esta podría reducirse en un 17% [4].

Las puzolanas son materiales silicoaluminosos que no poseen actividad hidráulica por sí solos, ni propiedades cementicias, sin embargo, al combinarse con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a temperatura ambiente y en presencia de agua dan lugar a compuestos permanentemente insolubles y estables que se comportan como conglomerantes hidráulicos, lo que se denomina reacción puzolánica [8].

A partir de la activación térmica de arcillas es posible obtener materiales puzolánicos, la temperatura de este proceso varía según el mineral arcilloso presente [9]. Para el caso de la caolinita, la deshidroxilación y formación de fase amorfa reactiva se produce entre los 500 y 800°C, mientras que para la illita se necesita una temperatura mayor, aproximadamente 950°C [10–12]. Ambas temperaturas son inferiores a la de clinkerización (~1450 °C) y a la de producción de cal hidráulica (~1100 °C) lo que implica un menor consumo de energía y, además, no se libera CO₂ durante el proceso de activación térmica.

En la Ec.5 se muestra la reacción puzolánica para arcilla caolinítica calcinada, uno de los productos es C-S-H. En el caso que el contenido de aluminio sea elevado, parte del mismo se incorpora en el gel de tobermorita formando C-A-S-H y se forma también una fase hidratada alumínica cristalina, que en presencia de calcita forma monocarboaluminato cálcico hidratado (MC, Ca₄Al₂(CO₃)(OH)₁₂.5H₂O) (Ec.6, formación de MC) [13].



Zhang et al 2020 estudiaron morteros con reemplazo parcial de cal hidráulica por humo de sílice con propiedades puzolánicas y escoria, determinando que el reemplazo por humo de sílice mejora la resistencia al ataque por sulfatos, el agregado de ambos materiales disminuye la fluidez, la incorporación de humo de sílice mejora la resistencia a compresión temprana y la de escoria a largo plazo [2]. Anteriormente, Sabbioni et al. 2001 determinaron que el ataque por sulfatos es uno de los mayores inconvenientes en este tipo de morteros, por lo que un aumento en la resistencia a sulfatos es un factor favorable [14]. Thapa y Waldmann 2020 evaluaron morteros de NHL con reemplazo parcial de metacaolinita (arcilla caolinítica calcinada con elevado contenido de caolinita, alta reactividad puzolánica) y una arcilla calcinada que contenía illita, muscovita, cuarzo y bajo porcentaje de caolinita (menor reactividad puzolánica), diseñando mezclas ternarias que mejoraron la resistencia a compresión a 28 días [15]. Torres et al. 2020 estudiaron morteros cal hidráulica con reemplazo de residuos cerámicos (los residuos cerámicos se comportan como puzolanas de baja reactividad) determinando que la incorporación de estos residuos aumentó la porosidad abierta, la absorción de agua y la permeabilidad del vapor de agua [16]. Se han estudiado morteros con cal, arena y material puzolánico, quedando pendiente determinar la huella del carbono de los mismos y desarrollar un modelo de optimización para minimizar las emisiones de CO₂. El reemplazo parcial de cal hidráulica por arcillas calcinadas contribuye a disminuir la emisión de CO₂ asociada al proceso de producción (Ec. 1), pero también modifica la velocidad y capacidad de captación de CO₂ (Ec. 4), por lo cual es necesario proponer un modelo de optimización que tenga en cuenta ambos efectos para la determinación de la huella de carbono. La incorporación de arcillas calcinadas con

propiedades puzolánicas en la formulación de morteros de cal contribuye a disminuir la emisión de CO₂ a la vez que mejora las propiedades mecánicas y durables [17–19].

1.2. Objetivo General

El objetivo general de este plan de trabajo es diseñar morteros a base de cal hidráulica y arcilla calcinada con características técnicas aceptables, durables y con baja huella de carbono.

1.3. Objetivos Específicos

- a- Seleccionar y caracterizar materias primas de la región para la elaboración de morteros compuestos por cal hidráulica, arcillas calcinadas (caoliníficas, illita) y agregados finos tradicionales o marginales.
- b- Estudiar la emisión de polvo de la cal hidráulica (NHL) y arcillas calcinadas (CC) durante su manipulación en proceso. Comparar con otros materiales similares para evaluar su potencial contaminación al ambiente.
- c- Elaborar morteros para su uso en albañilería con diferentes formulaciones y determinar sus propiedades de trabajabilidad, mecánicas y durables.
- d- Estudiar las reacciones de hidratación-carbonatación de las pastas de cal y arcilla calcinada y su efecto sobre el desarrollo de la porosidad. Determinar la captura de CO₂ del proceso.
- e- Proponer un modelo de optimización que considere resistencia mecánica, indicadores de durabilidad, emisión de polvo, cantidad de CO₂ emitido y captado por los morteros, en función de la formulación de los mismos.

2. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

El objetivo de este capítulo es la caracterización de los materiales que se van a utilizar en el presente trabajo de tesis doctoral: cal hidráulica, arcillas y arcillas calcinadas o solo arcillas calcinadas. Las técnicas de caracterización a utilizar son: análisis químico mediante fluorescencia de rayos X, DRX, DTA/TG, FTIR, Superficie específica, distribución tamaño de partículas, índice emisión de polvos, reactividad.

Este capítulo responde a los objetivos específicos a y b:

a- Seleccionar y caracterizar materias primas de la región para la elaboración de morteros compuestos por cal hidráulica, arcillas calcinadas (caoliníticas, illita) y agregados finos tradicionales o marginales.

b- Estudiar la emisión de polvo de la cal hidráulica (NHL) y arcillas calcinadas (CC) durante su manipulación en proceso. Comparar con otros materiales similares para evaluar su potencial contaminación al ambiente.

PUBLICACIONES RELACIONADAS CON ESTE CAPÍTULO

Aristarán, L.; Paulo, C. & Tironi, A. (2024) *“Cuantificación de la emisión de polvo al ambiente en cal hidráulica y arcillas calcinadas”*. Memorias del XI Congreso Internacional y 25° Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, 1a ed., pp. 2-9. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (ISBN 978-631-90193-1-5).

Aristarán, L.; Tironi, A.; Iraporda, C.; Córdoba, G. & Paulo, C. (2024) *“Morteros elaborados con cal hidráulica y elevado porcentaje de arcillas calcinadas”*. Memorias del XI Congreso Internacional y 25° Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, 1a ed., pp. 50-57. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (ISBN 978-631-90193-1-5).

Aristarán, L.; Paulo, C. & Tironi, A. (2023) *“Pastas elaboradas con cal hidráulica y arcillas calcinadas: análisis de la captación de CO₂ ambiental”*. Revista del Museo de La Plata 8(2), pp. 122-131. (ISSN - 2545-6377)

2.1. Materias primas

Para el presente estudio se utilizaron como materias primas dos muestras de cal hidráulica procedentes de distintas industrias (CalH1, CalH2), dos muestras de illitas calcinadas producidas por dos empresas diferentes (IC1, IC2), una muestra de caolinita calcinada (KC) y arena normalizada (EN 196-1). Las tres arcillas calcinadas fueron obtenidas a partir de arcillas con un contenido de mineral arcilloso aproximado del 50%: illita para las IC y caolinita para KC [12]. La caolinita calcinada tiene un elevado contenido de aluminio y mayor actividad puzolánica, por otro lado, las illitas presentan una actividad puzolánica más lenta [12].

2.2. Métodos de caracterización

Caracterización de materias primas. Las fases mineralógicas presentes en las materias primas se identificaron mediante difracción de rayos X (DRX) empleando un difractómetro Rigaku D-Max III-C con radiación de Cu K α y monocromador de grafito, con 35 Kv y 15 mA, y espectroscopia infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR) utilizando un espectrómetro Nicolet Magna 500. Mediante termogravimetría (tg) se cuantificó la cantidad de CH y Cc en CalH [2].

2.3. Composición química y mineralógica

En la Tabla 1 se muestra la composición química de las muestras de cal hidráulica y de arcillas calcinadas, obtenida a partir de fluorescencia de rayos X (XRF), y la pérdida por calcinación (pxc).

Tabla 1. Composición química y pérdida por calcinación de las muestras de cal hidráulica y arcillas calcinadas en porcentaje en masa.

Muestra	% en masa de los principales óxidos									% en masa
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	SO ₃	pxc
CalH1	58,64	12,58	1,67	0,97	0,57	0,44	0,48	-	0,15	23,26
CalH2	59,86	11,69	1,56	0,74	2,11	0,39	1,08	-	0,40	22,17
IC1	4,30	60,80	15,60	12,00	1,10	5,50	-	-	-	falta
IC2	0,69	65,47	17,35	7,26	2,34	4,42	1,72	-	-	0,75
KC	0,30	71,70	23,90	1,00	0,30	0,70	0,10	0,50	-	-

Armar una sola figura con todas las materias primas (Figura 1).

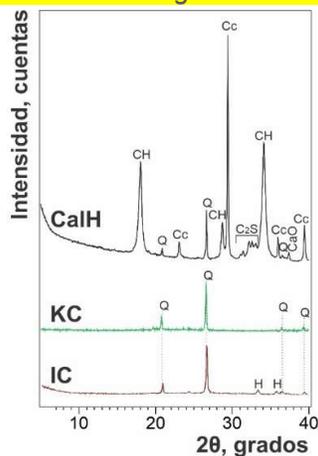


Figura 1. DRX de materias primas, rango 5-40 grados 2 θ . (CH: porlandita, Q: cuarzo, Cc: calcita, C₂S: silicato dicálcico, CaO: óxido de calcio, H: hematita).

Muestras: CalH1, KC, IC1

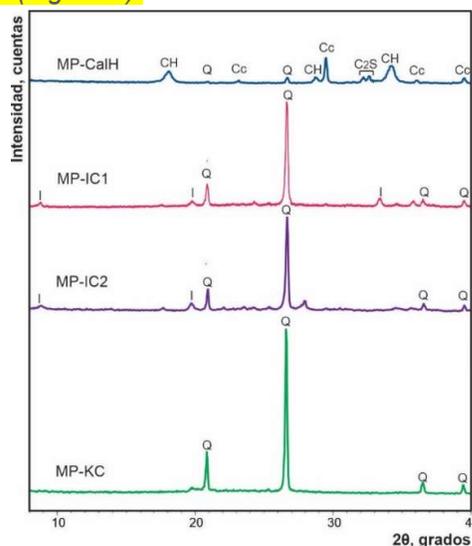


Figura 1. Difractogramas de materias primas.

Muestras: CalH2, KC, IC1, IC2

Los difractogramas de las muestras de cal hidráulica y arcillas calcinadas se presentan en la **Figura 1 (rango 5-40 grados 2 θ)**. La cal hidráulica está constituida por portlandita (CH, hidróxido de calcio, tarjeta COD 96-100-1788), calcita (Cc, carbonato de calcio, tarjeta COD 96-900-9669) y en menor proporción por silicato dicálcico (C₂S, tarjeta COD 96-901-2795), óxido de calcio (CaO, tarjeta COD 96-900-8606) y cuarzo (Q, tarjeta COD 96-900-9667). En las arcillas calcinadas se identifican las fases cristalinas cuarzo en KC e IC, y hematita (H, tarjeta COD 96-101-1241) en IC. Los picos correspondientes a los minerales arcillosos caolinita e illita, no se identifican en las arcillas calcinadas, corroborando la deshidroxilación y formación de fase amorfa, la cual le otorga el carácter puzolánico a estos materiales [10]. Luego del proceso de calcinación, los minerales arcillosos forman fase amorfa reactiva, la cual le otorga carácter puzolánico a las arcillas calcinadas.

2.4. Espectroscopia Infrarroja

En los difractogramas de las muestras IC (Figura 1), se identifican picos de baja intensidad correspondiente a la illita deshidroxilada, es por esto que en los espectros FTIR no se identifican las bandas OH de este mineral, la calcinación produjo la deshidroxilación de la illita pero no la transformación total de este mineral a fase amorfa, Figura 2 (b). En el difractograma de KC no se identifican los picos de la caolinita y en el espectro FTIR tampoco las bandas OH de dicho mineral, por lo que la calcinación de esta arcilla produjo la deshidroxilación y transformación total a fase amorfa. Todas las arcillas calcinadas tienen como impureza Q identificado por DRX y la banda Si-O en los espectros FTIR. Para todas las arcillas calcinadas se observa el doblete correspondiente a la vibración Si-O-Al.

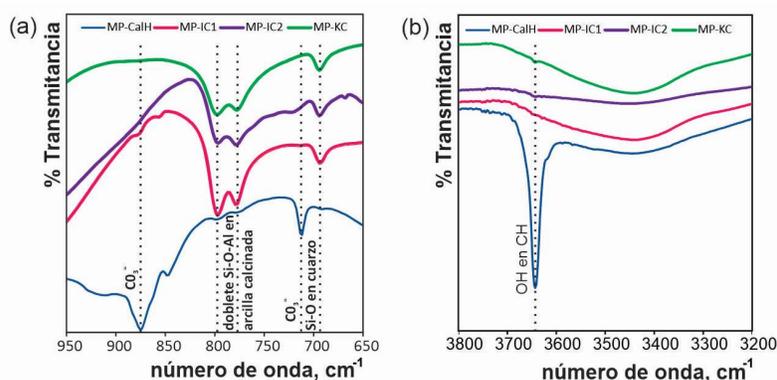


Figura 2. (a) FTIR de materias primas rango 950-650 cm^{-1} **(b)** FTIR de materias primas rango 3800-3200 cm^{-1} .

2.5. DTA/TG

El ensayo DTA/TG consiste en un análisis termogravimétrico de la muestra, mediante el cual se mide la pérdida de peso resultante de una descomposición térmica de ciertos componentes a una

determinada temperatura. En la Figura 3 se puede observar una curva típica DTA/TG para un mortero parcialmente carbonatado.

En un principio se realizó un ensayo de técnica análoga a DTA/TG y puesta a punto de la técnica. El contenido de CH y Cc determinado por termogravimetría para CalH2 es de 33% y 23% respectivamente.

2.6. Superficie específica (BET)

Los valores de superficie específica (BET) de las arcillas luego de la calcinación y molienda, se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Superficie específica (BET)

Muestra	Superficie específica (BET) [m ² /g]
IC1	1,6
IC2	4,6
KC	18,1

2.7. Distribución tamaño de partículas

Para determinar la distribución de tamaño de partículas de las materias primas se utilizó un granulómetro por difracción láser, marca Malvern, modelo Mastersizer 2000E con módulo de dispersión en seco Sirocco 2000M, con un rango de detección de 0,1-1.000 μm . Se calcularon los parámetros granulométricos d_{10} , d_{50} y d_{90} , que determinan el diámetro de partículas máximo para el 10%, 50% y 90% del volumen total de la muestra respectivamente. Además, también se determinó el $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} y PM_{30} que representan el porcentaje del volumen acumulado de partículas inferiores a 2,5 μm ; 10 μm y 30 μm respectivamente.

Se analizó la distribución de tamaño de partículas para la alimentación y la fracción fina de cada muestra, las curvas granulométricas se presentan en la Figura 3. Se observa para las muestras de cal hidráulica una distribución unimodal tanto en la alimentación como en la fracción fina, mientras que para las muestras de arcillas calcinadas la alimentación es unimodal, pero la fracción fina es bimodal.

En todos los casos se determinó un menor valor de los parámetros d_{10} , d_{50} y d_{90} para la fracción fina respecto de la alimentación (Tabla 3). Tanto la alimentación como la fracción fina de las muestras de cal hidráulica presentan menores valores para los tres parámetros analizados cuando se los compara con las muestras de arcillas calcinadas. Esto indica que ambas muestras de cal hidráulica poseen partículas de menor tamaño que las muestras de arcilla calcinada analizadas.

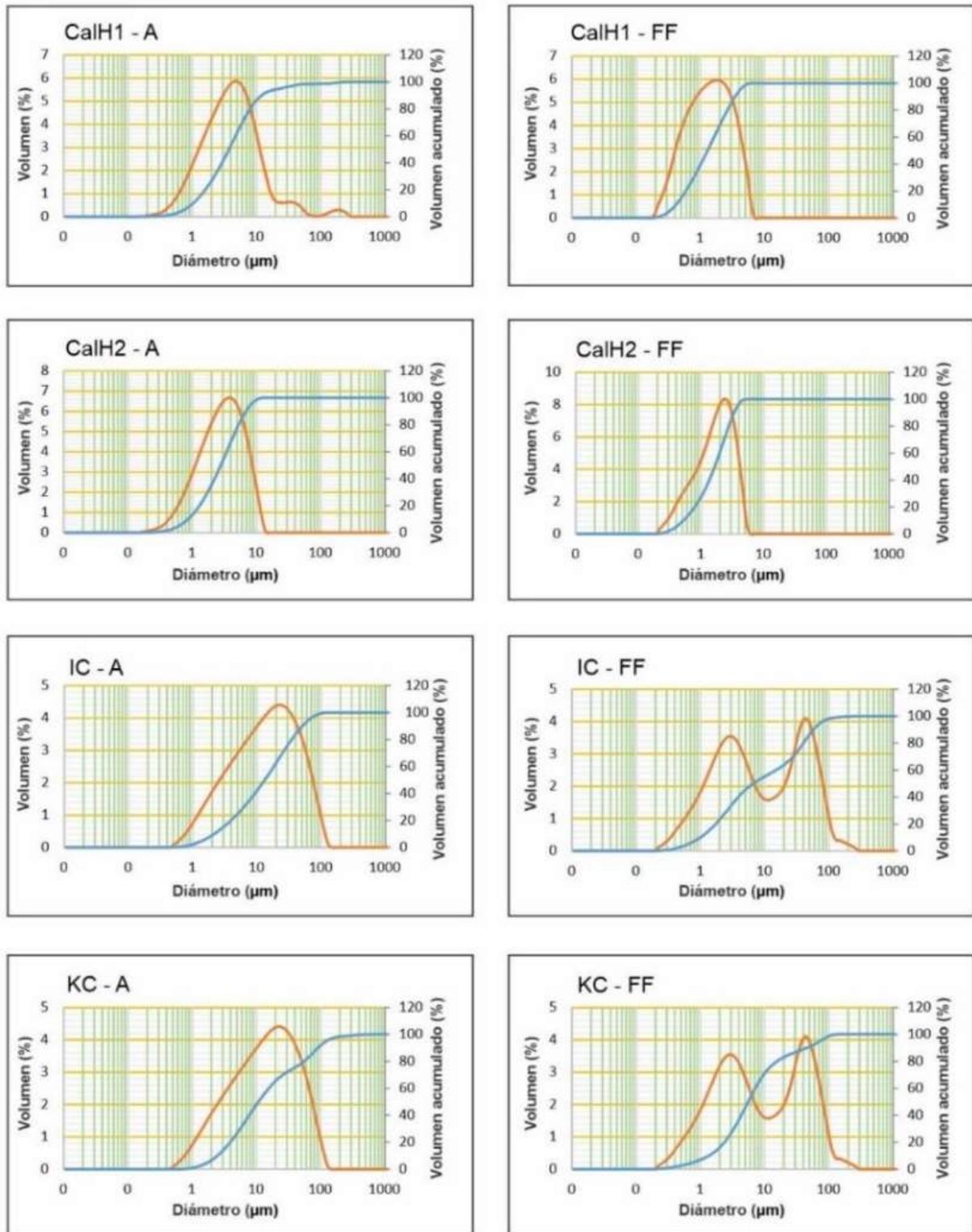


Figura 3. Curvas granulométricas obtenidas para la alimentación y la fracción fina de cada muestra.

Tabla 3. Parámetros de distribución de tamaño de partículas.

Muestra	d_{10} , μm	d_{50} , μm	d_{90} , μm
CalH1 - A	1,111	4,019	12,877
CalH1 - FF	0,452	1,386	3,714
CalH2 - A	0,929	2,994	7,365
CalH2 - FF	0,560	1,778	3,602
IC - A	2,326	14,164	54,631
IC - FF	1,071	7,102	61,652
KC - A	2,666	11,601	97,675
KC -FF	1,455	5,938	48,680

En la Tabla 4 podemos observar los valores de $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} y PM_{30} en la fracción fina, los tres valores resultan superiores en las muestras de cal hidráulica, respecto a las muestras de arcillas calcinadas, de acuerdo con la distribución de tamaño de partícula bimodal de estas últimas y a los parámetros granulométricos analizados anteriormente.

Tabla 4: Porcentaje de volumen acumulado $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} y PM_{30} .

Muestra	$\text{PM}_{2,5}$	PM_{10}	PM_{30}
CalH1 - FF	77,80	99,99	99,99
CalH2 - FF	73,80	99,99	99,99
IC - FF	28,73	55,09	71,80
KC -FF	21,29	70,82	86,79

2.8. Ensayo de Emisión de Polvo Confinado

Metodología. El ensayo de emisión de polvos confinado se llevó a cabo en el dispositivo que se muestra en la Figura 4 [7]. El mismo consiste en una caja con una tolva insertada en la parte superior, la cara frontal es de policarbonato transparente para permitir la correcta visualización del ensayo. La tapa superior se encuentra sujeta a la caja con barras roscadas permitiendo la entrada de aire. El aire que ingresa junto con el material (Alimentación, -A) es extraído a través de 4 orificios que se encuentran en la cara posterior del equipo (ver Figura 1), en los cuales se encuentran cartuchos de filtro con un área total de filtrado de $7,854 \times 10^3 \text{ m}^2$ con el objetivo de retener el polvo (Fracción Fina, -FF) y dejar pasar el aire. Dichos orificios se encuentran conectados a un único tubo de aspiración y luego a una aspiradora. Un tubo Pitot es insertado en un orificio de muestra previo a la aspiradora para medir la velocidad media de aire y la caída de presión en el conducto (Testo 541 H200). En el fondo de la caja se pone una bolsa de nylon la cual tiene como objetivo recolectar la muestra (Fracción Gruesa, -FG) luego del experimento. Los filtros están constituidos por fibras antiestáticas de poliéster, presentando un 99% de eficiencia en la recolección de partículas de

0,1 μ m de tamaño. A partir de los resultados del experimento confinado se calculó utilizando la Ecuación (7) el índice de polvo (D_{CF}), donde F_F y F_O son la masa de los filtros después y antes de la experiencia respectivamente, y M_O es la masa de muestra al inicio de la experiencia (Alimentación, -A). Por otro lado, el factor de emisión (D_{CS}) se calculó a partir de la ecuación (8), donde S_{CF} y S_{CO} son la suma de las masas combinadas de la tolva, la muestra y el nylon, antes y después de la experiencia respectivamente, y M_O es la masa de muestra al inicio de la experiencia (Alimentación, -A).

$$D_{CF} = \frac{F_F - F_O}{M_O} \times 100\% \quad (\text{Ec. 7})$$

$$D_{CS} = \frac{S_{CF} - S_{CO}}{M_O} \times 100\% \quad (\text{Ec. 8})$$

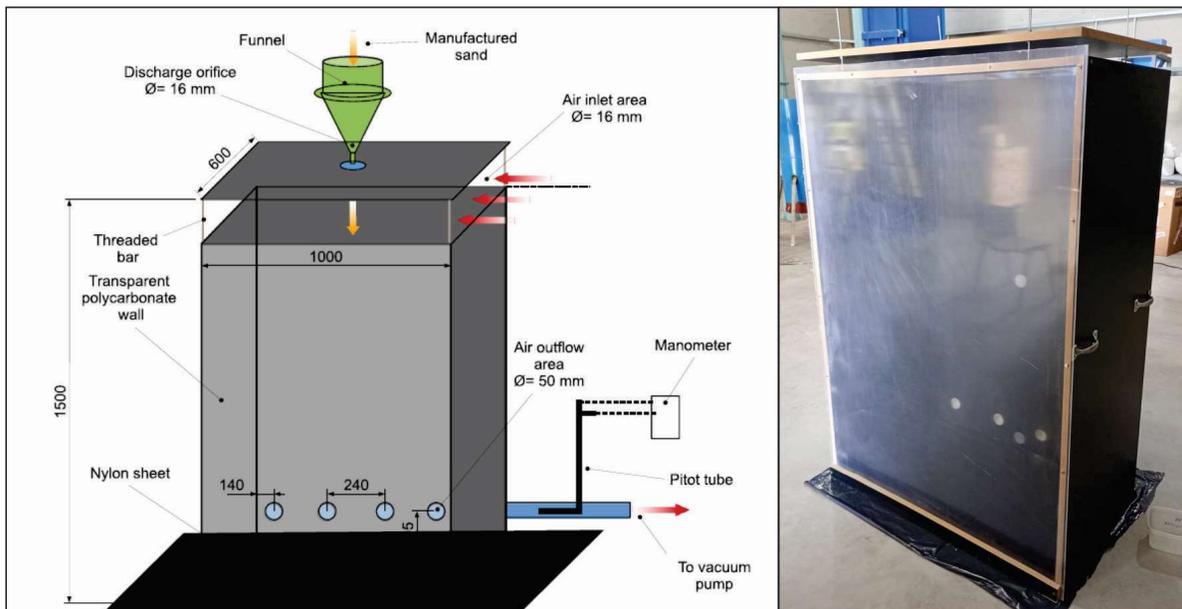


Figura 4. Esquema del ensayo de emisión de polvo confinado, unidades en mm [10][2] (izquierda) e imagen del dispositivo (derecha).

Resultados y discusiones. En la Tabla 5 se presentan los valores obtenidos del índice de polvos (D_{CF}) y el factor de emisión (D_{CS}) para cada muestra analizada a través del ensayo de emisión de polvo confinado. Analizando los resultados, las muestras de cal hidráulica emiten mucho menos polvo al ambiente que las arcillas calcinadas. En particular, la caolinita calcinada (KC) es la que posee los valores de indicadores de emisión más altos (D_{CF} y D_{CS}), con lo cual es la genera mayor polución al momento de su manipulación en la elaboración de morteros.

El reemplazo de cal hidráulica por arcillas calcinadas en la elaboración de morteros mejora la resistencia a compresión [19] y disminuye la emisión de CO₂, sin embargo, cuando se analiza el índice de polvo y el factor de emisión, ambas arcillas calcinadas presentan valores superiores a los de la cal hidráulica (CalH1 y CalH2), especialmente KC.

Tabla 5. Resultados del ensayo de emisión de polvo confinado.

Muestra	Índice de Polvos (D_{CF}), % en masa	Factor de Emisión (D_{CS}), % en masa
CalH1	0,49 ± 0,09	0,59 ± 0,04
CalH2	0,28 ± 0,04	0,44 ± 0,17
IC	0,67 ± 0,04	0,74 ± 0,12
KC	1,24 ± 0,04	2,08 ± 0,20

En la Figura 5 se muestra el porcentaje en masa del índice de polvos que corresponde a PM_{2,5} (%PM_{2,5} en $D_{CF} = D_{CF} * PM_{2,5}/100$) y PM₁₀ (%PM₁₀ en $D_{CF} = D_{CF} * PM_{10}/100$), pudiendo concluir que si bien las arcillas calcinadas son las que más polvo emiten (mayor D_{CF}), no necesariamente todo el polvo emitido es clasificado como nocivo para la salud. Si se considera el %PM₁₀ en D_{CF} , tamaño de partícula que penetra en nariz y garganta, se encuentra KC sería la más nociva seguida de CalH1, IC y finalmente CalH2; sin embargo si se considera %PM_{2,5} en D_{CF} , tamaño de partícula que penetra hasta los alvéolos pulmonares, se encuentra que CalH1 sería la más nociva para la salud, seguida de KC y finalmente CalH2 e IC.

De acuerdo con lo informado por la OMS, el tamaño de partícula 2,5 µm es el más nocivo para la salud humana [5], por lo que se puede concluir que a pesar de que las arcillas calcinadas emiten mayor cantidad de polvo, no necesariamente resultan las más nocivas para la salud.

A partir de los resultados obtenidos se comprobó que las muestras de cal hidráulica poseen partículas más pequeñas en su distribución de tamaños que las arcillas calcinadas, sin embargo, este no es factor suficiente para indicar que la emisión de polvo será menor. De hecho IC y KC poseen una distribución de tamaños mayor que CalH1 y CalH2, y emiten más polvo al ambiente. Esto indicaría que la emisión de polvo al ambiente de los materiales al ser manipulados, o durante una descarga como se comprobó en este trabajo, es un fenómeno que depende de la sinergia e interacción entre varias variables y no solamente del tamaño de las partículas. La cohesión-repulsión entre las partículas, su densidad absoluta y aparente, la fluidez y el ángulo de reposo son variables que afectan la emisión de polvo y serán estudiadas en un futuro próximo para los materiales analizados en este trabajo para comprender en profundidad el fenómeno de emisión. Ya se comprobó en trabajos previos que la emisión de polvo en diferentes tipos de cementos depende fuertemente del ángulo de reposo de los mismos y de la densidad, como variables que más afectan la emisión.

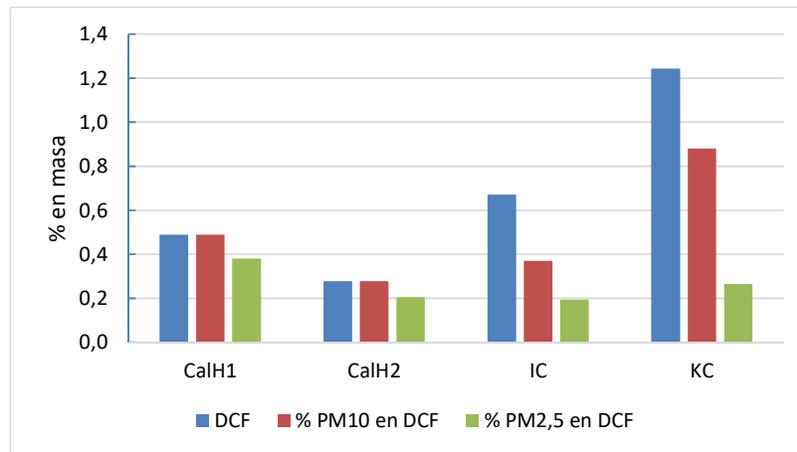


Figura 5. Porcentaje en masa del índice de polvo (D_{CF}) total y correspondiente a las fracciones PM_{10} y $PM_{2,5}$.

Conclusiones. De las mediciones de la distribución de tamaño de partículas y ensayo de emisión de polvo confinado realizadas en muestras de cal hidráulica y arcillas calcinadas se observó, por un lado, que las muestras de cal hidráulica son mucho más finas que las muestras de arcillas calcinadas, sin embargo la cantidad de polvo emitido es mayor en estas últimas. Por otro lado, el porcentaje de partículas con tamaño menor a 10 y 2,5 μm , clasificadas como nocivas para la salud, es mayor en la fracción fina (polvo emitido) de las muestras de cal hidráulica, por lo que se puede concluir que a pesar de que las arcillas calcinadas emiten mayor cantidad de polvo, no necesariamente resultan las más nocivas para la salud. Para todas las muestras se determinó que la composición mineralógica de la alimentación y de las fracciones fina y gruesa es similar.

2.9. Reactividad puzolánica

Los ensayos fueron realizados, resta escribir y publicarlos.

3. MORTEROS DE CAL Y ARCILLA CALCINADA CON 50% DE REEMPLAZO

El objetivo de este capítulo es evaluar cómo influye la reactividad de las arcillas calcinadas en la resistencia mecánica, en la captación de CO₂ ambiental, y en parámetros de durabilidad física y biológica, utilizando morteros elaborados con un reemplazo del 50% de cal hidráulica por arcillas calcinadas.

Morteros de cal y arcilla calcinada con 50% de reemplazo. Cal con 50% reemplazo 2 illitas calcinadas y caolinita calcinada. DRX FTIR DTA/TG variación fases hidratadas – carbonatadas y determinación captación CO₂. Porosimetría. Morteros: resistencia a compresión, S y Dab. Se relaciona actividad puzolánica con desarrollo de tamaño de poros y su influencia en propiedades mecánicas y durables. Se selecciona 1 illita calcinada y una illita para comparar.

Este capítulo responde a los objetivos específicos c y d:

c- Elaborar morteros para su uso en albañilería con diferentes formulaciones y determinar sus propiedades de trabajabilidad, mecánicas y durables.

d- Estudiar las reacciones de hidratación-carbonatación de las pastas de cal y arcilla calcinada y su efecto sobre el desarrollo de la porosidad. Determinar la captura de CO₂ del proceso.

PUBLICACIONES RELACIONADAS CON ESTE CAPÍTULO

Aristarán, L.; Tironi, A.; Iraporda, C.; Córdoba, G. & Paulo, C. (2024) “Morteros elaborados con cal hidráulica y elevado porcentaje de arcillas calcinadas”. Memorias del XI Congreso Internacional y 25° Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, 1a ed., pp. 50-57. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (ISBN 978-631-90193-1-5).

3.1. Materiales

Como materias primas se utilizó cal hidráulica (CalH), illitas calcinadas producidas por dos empresas diferentes (IC1, IC2), caolinita calcinada (KC) y arena normalizada (EN 196-1). Las tres arcillas calcinadas fueron obtenidas a partir de arcillas con un contenido de mineral arcilloso aproximado del 50%: illita para las IC y caolinita para KC [10]. La caolinita calcinada tiene mayor actividad puzolánica y las illitas presentan una actividad puzolánica más lenta [12]. En la Tabla 1 se muestra la composición química de la cal hidráulica y de las arcillas calcinadas.

3.2. Métodos

Morteros. Se elaboraron morteros con cal hidráulica y reemplazo del 50% en peso por arcillas calcinadas (100CalH, 50IC1, 50IC2, 50KC) siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 1695. Se estableció una relación de agua / (CalH o CalH+arcilla calcinada) constante de 0,62, valor que asegura una fluidez entre el 60 y 75% para el mortero de CalH. Se elaboraron cubos de morteros de 4 cm de lado, los cuales fueron curados por 7 días en cámara húmeda, luego sumergidos en agua hasta los 28 días, edad a la cual se determinó la resistencia a compresión por triplicado y se realizaron los ensayos de durabilidad física y biológica por duplicado.

Pastas. Para la caracterización mineralógica y determinación de la captación de CO₂ ambiental se prepararon pastas de cal hidráulica y arcillas calcinadas con los mismos porcentajes de reemplazo y relación agua / (CalH o CalH+arcilla calcinada) utilizada en los morteros, las cuales fueron almacenadas en cámara húmeda por 28 días. Para todas las pastas se identificaron las fases hidratadas y carbonatadas mediante DRX (Bruker D2 PHASER) y FTIR. Mediante termogravimetría se cuantificó la cantidad de CH y Cc presentes en las pastas a los 28 días de edad [2]. El porcentaje en peso de Cc formado por carbonatación mediante la captación de CO₂ ambiental (Cc_{carb}) se calculó a partir de la Ecuación 9, considerado el porcentaje de Cc determinado por termogravimetría en las pastas (Cc_{tg}), el contenido de Cc en la materia prima (Cc_{mp}) y un 50% de reemplazo en el caso de los morteros con arcillas calcinadas. En forma complementaria se calcularon las toneladas de CO₂ captadas por tonelada de pasta (T_{CO_2}/T_{pasta}), a partir del porcentaje de Cc_{carb} (Ecuación 10).

$$C_{c_{carb}} = C_{c_{tg}} - \left(\frac{100 - \%reemplazo}{100} \right) * C_{c_{mp}} \quad (\text{Ec. 9})$$

$$\frac{T_{CO_2}}{T_{pasta}} = \frac{C_{c_{carb}}}{100} * \frac{40}{100} \quad (\text{Ec. 10})$$

Parámetros de durabilidad física. La velocidad de succión capilar (S) es un parámetro asociado a la durabilidad del mortero [12], mediante el ensayo de sorptivity se determinó la capacidad con la que el mortero absorbe agua en función del tiempo (Ct), se graficó Ct en función del tiempo elevado a la 0,25 ($t^{0.25}$) y de la pendiente se obtuvo el valor de S. El ensayo se realizó por triplicado en probetas de 4x4 cm de lado y 5 cm de alto.

Utilizando el método de la copa se midió el coeficiente de difusión de vapor de agua (Dp) [17], el ensayo se realizó por triplicado en probetas de mortero de 4x4 cm de lado y 2 cm de alto. Cuanto menor es el valor de este coeficiente, mayor es la resistencia al transporte de vapor de agua.

Parámetro de durabilidad biológica. La susceptibilidad al crecimiento fúngico es un parámetro de durabilidad biológica [20]. Para evaluar el crecimiento fúngico sobre morteros de 4x4 cm de lado y 2 cm de alto, se realizó un ensayo a escala laboratorio [20]. Para ello se utilizó una cepa fúngica aislada de la superficie de una vivienda particular de la ciudad de Olavarría, la cual fue identificada a nivel de género como *Aspergillus* sp. La superficie de los morteros fue esterilizada mediante luz UV durante 1 hora y luego, inoculada con 0,5 mL de suspensión de esporas fúngicas (1×10^5 esporas *Aspergillus* sp./mL). Los morteros se incubaron en recipientes estériles con atmósfera húmeda a temperatura ambiente y se tomaron imágenes de la superficie de manera sistemática con cámara digital Nikon D5300, de manera mensual durante 6 meses, con el objetivo de cuantificar el crecimiento fúngico a partir del análisis digital de imágenes empleando el software ImageJ 1.54f [21].

3.3. Morteros – Flow y Resistencia a Compresión.

El reemplazo de cal hidráulica por 50% de arcilla illítica calcinada aumenta el flow en un 75% para 50IC1 y en un 100% para 50IC2; mientras que para 50KC el flow disminuye en un 2%, por lo que no se ve afectado. La resistencia a compresión desarrollada por los morteros con 50% de arcilla calcinada siempre resultó superior al mortero de cal hidráulica, obteniendo la mayor resistencia cuando se utiliza KC, seguida de IC1. Los resultados se observan en la Tabla 6, donde los valores de resistencia a la compresión se informan con su correspondiente desviación estándar.

Tabla 6. Resultados de flow y resistencia a la compresión.

Muestra	Flow [%]	Resistencia a la compresión [MPa]
100CalH	62,5	3,13 ± 0,07
50IC1	109,5	5,82 ± 0,05
50IC2	125,3	3,52 ± 0,08
50KC	61,3	12,31 ± 1,00

3.4. Pastas – Caracterización mineralógica y captación de CO₂

DRX. Mediante DRX se identificaron en todas las pastas las siguientes fases cristalinas: CH, Q y Cc, y los difractogramas se presentan en la Figura 6. En CalH se identificaron con mayor intensidad los picos correspondientes a C₂S sin reaccionar, respecto a las pastas elaboradas con 50% de reemplazo de arcilla calcinada.

Para la pasta elaborada con KC se identifica hemicarboaluminato cálcico hidratado (HC), producto obtenido cuando la reacción puzolánica se lleva a cabo en presencia de Cc [22] y el contenido de

aluminio en la fase amorfa es elevado (Tabla 1). Por otro lado, se observa en la pasta elaborada con IC2 los picos asignados a la illita remanente en la arcilla calcinada IC2. Los picos asignados a Q, presente como impureza en todas las materias primas, son mayores en las pastas elaboradas con arcillas calcinadas. La intensidad de los picos asignados a Cc es elevada en las pastas elaboradas con illita calcinada a pesar del 50% de reemplazo, y es menor en la pasta elaborada con caolinita calcinada.

Se observa menor intensidad de los picos asignados a CH en las pastas elaboradas con arcillas calcinadas respecto de las elaboradas con cal hidráulica, superando lo esperado considerando el 50% de dilución, evidenciando el consumo del mismo ya sea en el proceso de carbonatación (Ec. 4) o en la reacción puzolánica (Ec. 5). Del análisis conjunto de los picos asignados a Cc y al HC se concluye que el menor contenido de CH en las pastas IC1 e IC2 es mayoritariamente debido al proceso de carbonatación (mayor intensidad de picos Cc respecto a pasta KC) y a la reacción puzolánica en la pasta KC (identificación de HC formado como producto de la reacción puzolánica). Esto justificaría la mayor resistencia a compresión desarrollada por los morteros 50KC (Tabla 6).

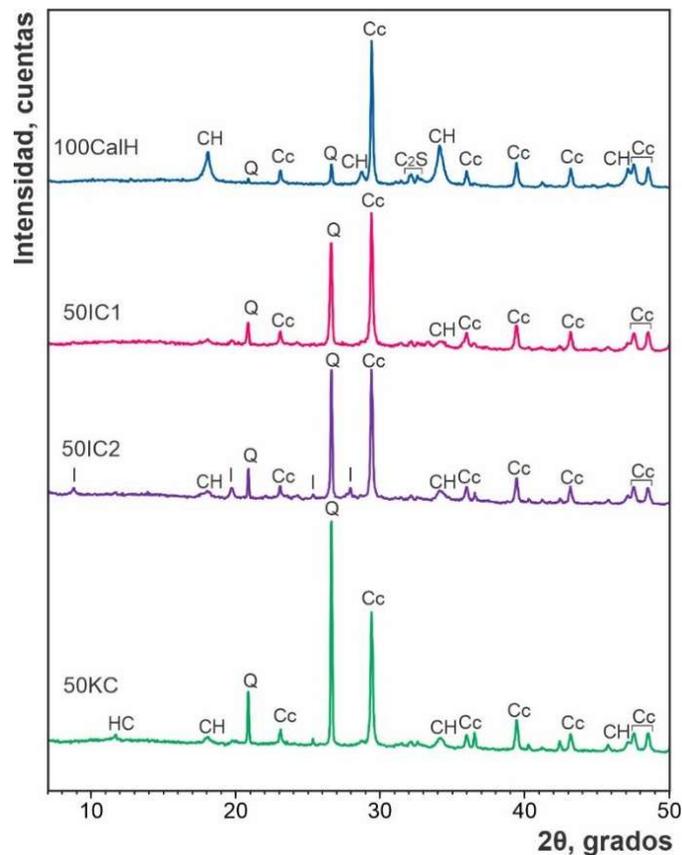


Figura 6. Difractogramas de pastas.

FTIR. Con FTIR se corroboró en la pasta KC menor cantidad de CH (banda a 3642 cm^{-1}) [23], menor contenido de Cc (bandas de flexión a 878 y 714 cm^{-1}) [24] e identificación de la banda de estiramiento O-H en el HC (banda 3676 cm^{-1}) [25] (Figura 7). En todas las pastas se puede apreciar la formación de CSH [23] como producto de hidratación del C_2S y de la reacción puzolánica (Ec. 5). Se identifica también el doblete Si-O-Al en las pastas elaboradas con arcillas calcinadas.

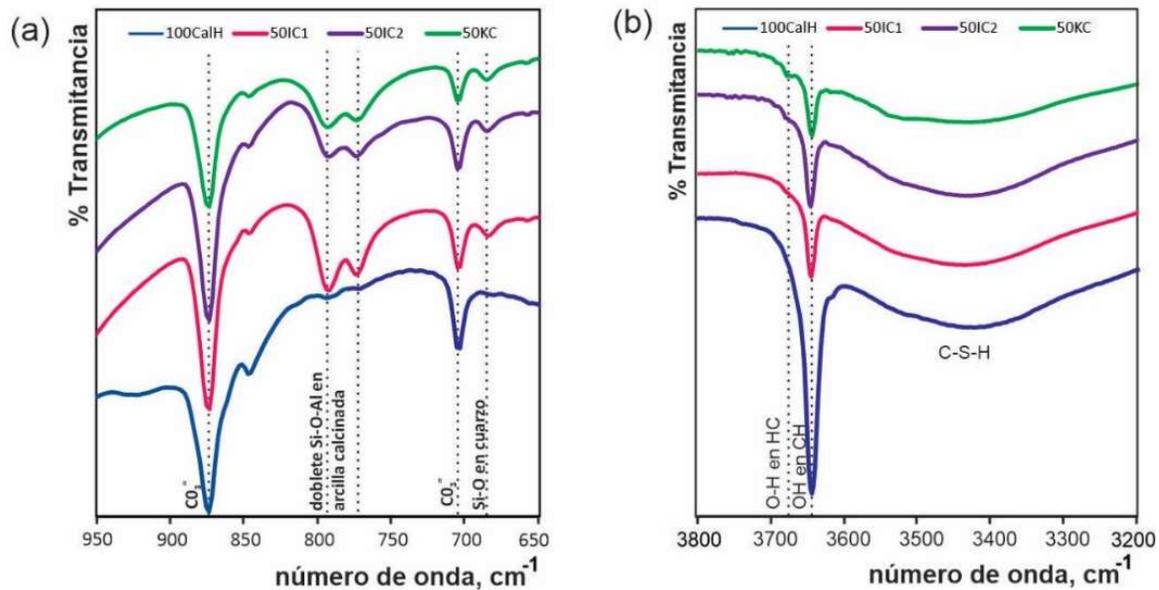


Figura 7. (a) FTIR pastas rango $950\text{-}650\text{ cm}^{-1}$. (b) FTIR pastas rango $3800\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$.

Captación de CO_2 ambiental. La cantidad de Cc obtenido a partir de la carbonatación de CH y las toneladas de CO_2 captadas por tonelada de pasta es mayor para el mortero 100CalH, con valores muy cercanos cuando se utiliza illitas calcinadas como reemplazo, y menor cuando se utiliza caolinita calcinada (Tabla 7). La mayor captación de CO_2 ambiental formando Cc cuando se utilizan illitas calcinadas respecto a la caolinita calcinada corrobora lo determinado mediante DRX y FTIR.

Tabla 7. Porcentaje de CH y Cc determinado por termogravimetría en pastas a los 28d, %carbonatación y tonelada de CO_2 captado por tonelada de pasta.

Pastas	% CH_{tg}	% Cc_{tg}	% Cc_{carb}	$T_{\text{CO}_2} / T_{\text{pasta}}$
100-CalH	20,61	44,97	21,94	0,097
50-IC1	4,04	33,15	21,63	0,095
50-IC2	4,88	32,88	21,37	0,094
50-KC	3,92	30,88	19,37	0,085

3.5. Parámetros de durabilidad física

La velocidad de succión capilar (S) y el coeficiente de difusión de vapor de agua (Dab) se presentan en la Tabla 8. El menor valor de velocidad de succión capilar fue obtenido para los morteros 50KC, lo que implica mayor resistencia al transporte de agua; mientras que el menor coeficiente de difusión de vapor de agua se obtuvo para 50IC1, esto indica mayor resistencia al transporte de vapor de agua. Por lo tanto, 50KC y 50IC1 ofrecen la mayor resistencia al ingreso de agentes agresivos en la masa del mortero.

Tabla 8. Velocidad de succión capilar y coeficiente de difusión de vapor de agua.

Morteros	S [g / m ² s ^{1/4}]	Dab x 10 ⁶ [m ² /s]
100CalH	1249,9	1,37 ± 0,22
50IC1	1163,6	0,97 ± 0,43
50IC2	1323,7	1,79 ± 0,73
50KC	756,5	1,22 ± 0,03

3.6. Parámetro de durabilidad biológica

En la Figura 8 se muestra el porcentaje de área afectada por desarrollo fúngico en la superficie de los morteros. El crecimiento fúngico en los morteros que contienen illita calcinada fue significativamente menor al cuantificado en la superficie de los morteros preparados únicamente con cal hidráulica (100CalH). En cambio, a partir del segundo mes, en los morteros 50KC se observó mayor crecimiento fúngico, respecto al mortero 100CalH, lo cual resulta negativo desde el punto de vista de la durabilidad biológica, sin embargo, el porcentaje de área afectada resulta un valor bajo (<2%).

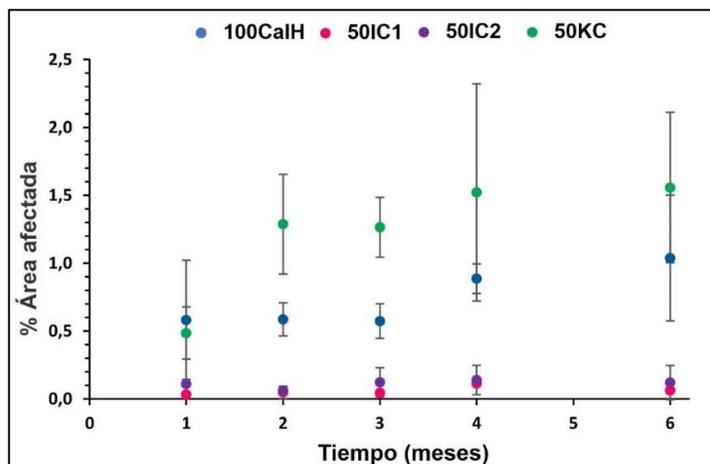


Figura 8. Porcentaje de área afectada por el desarrollo fúngico sobre la superficie de morteros almacenados durante 6 meses a temperatura ambiente.

3.7. Análisis integral de indicadores

En la Tabla 9 se ordenan las formulaciones de morteros de acuerdo a su rendimiento para cada uno de los parámetros estudiados, donde la primera posición significa que se obtuvo el mejor valor y la cuarta posición el menos favorable. Para resistencia a compresión y captación de CO₂ cuanto mayor es el valor, mejor es la valoración del parámetro, mientras que, para los parámetros de durabilidad física (S y Dab) y biológica cuanto menor es el valor, mejor es la valoración del parámetro. Cuando se analiza la totalidad de los parámetros el mortero 50IC1 ocupa posiciones del primer o segundo lugar.

Tabla 9. Ranking de rendimiento de las formulaciones estudiadas.

Parámetro / posición	1ra	2da	3ra	4ta
Resistencia a compresión	KC	IC1	IC2	CaIH
Captación de CO ₂	CaIH	IC1	IC2	KC
Durabilidad física (S)	KC	IC1	CaIH	IC2
Durabilidad física (Dab)	IC1	KC	CaIH	IC2
Durabilidad biológica	IC1	IC2	CaIH	KC

3.8. Conclusiones Parciales

Se concluye que para morteros elaborados con un reemplazo del 50% de cal hidráulica por arcillas calcinadas de diferente reactividad, si se considera solo la resistencia mecánica el mortero elaborado con arcilla caolinítica calcinada (mayor reactividad) es la opción más favorable, pero si se consideran otros aspectos importantes desde el punto de vista ambiental, ya sea por la captación de CO₂ ambiental o por la mejora en los parámetros de durabilidad, el mortero elaborado con arcilla illítica calcinada (50IC1) sería la opción más favorable.

El reemplazo parcial de cal hidráulica por arcillas calcinadas modifica la emisión de CO₂ asociada al mortero, disminuyéndola debido al uso de menor cantidad de cal hidráulica en su formulación. Además, modificaría sus propiedades, así como también la velocidad y capacidad de captación de CO₂ debido a la competencia del uso de CH como reactivo en la reacción puzolánica (Ec. 5) o como reactivo en la carbonatación (Ec. 4).

4. MORTEROS DE CAL Y ARCILLA CALCINADA: VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE REEMPLAZO

El objetivo de este capítulo es analizar la hidratación-carbonatación de las pastas de cal y arcilla calcinada y su efecto sobre el desarrollo de la porosidad. Determinar que sucede con la captación de CO₂ ambiental y las propiedades del material cuando se varía el porcentaje de reemplazo de cal hidráulica por arcillas calcinadas.

Morteros de cal y arcilla calcinada: variación del % de reemplazo. Pastas y morteros con % de 0 a 50%. Pastas: Con bibliografía emisión CO₂ con % reemplazo y emisión de polvo con % reemplazo. DRX FTIR DTA/TG variación fases hidratadas – carbonatadas y determinación captación CO₂. Morteros: resistencia a compresión y profundidad de carbonatación.

En este capítulo falta caracterizar pastas elaboradas con cal hidráulica y dos arcillas calcinadas de diferente reactividad, luego de 28 y 60 días de hidratación-carbonatación, mediante Difracción de Rayos X (DRX) con patrón interno para poder realizar el análisis Rietveld, técnica que permite identificar y cuantificar fases cristalinas y amorfas. Esto me permitirá contrastar la composición de CH y Cc obtenida mediante análisis termogravimétrico. Estos resultados permitirán evaluar cómo influye el agregado de arcilla calcinada en diferentes porcentajes, en el comportamiento del material: captación de CO₂ ambiental y modificación de fases. Los cambios producidos alteran la distribución de poros en el material, factor que afecta tanto a las propiedades mecánicas como a las propiedades durables. Falta completar con ensayos de porosimetría por intrusión de mercurio y Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) que será utilizado para obtener imágenes de las pastas con el objetivo de completar la caracterización microestructural. Los resultados obtenidos en este capítulo serán incorporados como variables o parámetros en el modelado de optimización (Capítulo 5).

Este capítulo responde a los objetivos específicos c y d:

c- Elaborar morteros para su uso en albañilería con diferentes formulaciones y determinar sus propiedades de trabajabilidad, mecánicas y durables.

d- Estudiar las reacciones de hidratación-carbonatación de las pastas de cal y arcilla calcinada y su efecto sobre el desarrollo de la porosidad. Determinar la captura de CO₂ del proceso.

PUBLICACIONES RELACIONADAS CON ESTE CAPÍTULO

Aristarán, L.; Paulo, C.; Iraporda, C. & Tironi, A. (2023) "Morteros elaborados con cal hidráulica y arcillas calcinadas. Análisis de la captación de CO₂ ambiental, propiedades fisicoquímicas,

mecánicas y biológicas.” Memorias de las 3° Jornadas de Jóvenes Investigadores en Tecnología del Cemento y el Hormigón, pp.52-54. AATH, UNS, Bahía Blanca 2023. (ISBN 978-631-90193-0-8)

Aristarán, L.; Paulo, C. & Tironi, A. (2023) “*Pastas elaboradas con cal hidráulica y arcillas calcinadas: análisis de la captación de CO₂ ambiental*”. Revista del Museo de La Plata 8(2), pp. 122-131. (ISSN - 2545-6377)

Aristarán, L.; Paulo, C. & Tironi, A. (2022) “*Estudio de la captación de CO₂ ambiental en pastas de cal y arcillas calcinadas*”. Libro de resúmenes de las 5tas Jornadas Nacionales de Investigación Cerámica, pp.83 - 85. Facultad de Ciencias Exactas (UNLP). Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica. (ISBN: 978-950-34-2220-5)

4.1. Materiales y Métodos

Para la elaboración de pastas se utilizaron como materias primas CalH1 y dos tipos de arcillas calcinadas (AC): una con mayor actividad puzolánica y elevado contenido de aluminio (caolinita calcinada, KC) y otra con actividad puzolánica más lenta (illita calcinada, IC1).

Se prepararon pastas con diferentes formulaciones en moldes de 28 mm de diámetro y 10 mm profundidad, variando el porcentaje de reemplazo de cal hidráulica por KC o IC. Los porcentajes de reemplazo utilizados en el análisis variaron del 0% al 50% en peso y se mantuvo una relación constante en peso de agua / (CalH o CalH+AC) igual a 0,62, valor que asegura una fluidez en morteros según lo requerido por norma IRAM 1695. Previo a la incorporación del agua, las distintas mezclas de materiales sólidos fueron homogeneizadas con movimientos rotatorios.

Se elaboraron dos grupos de muestras de pastas con la misma composición (i – ii), ambos fueron almacenados sin cubrir durante 28 días en cámara húmeda (20°C y 80% humedad), luego de ese período al segundo grupo (ii) se lo expuso a carbonatación natural durante 1 mes en ambiente exterior rural protegido de la lluvia. Para el grupo (i) se detuvo la hidratación luego de los 28 días de almacenamiento en cámara húmeda, y para el grupo (ii) luego de transcurridos los 28 días de hidratación y el período de 1 mes de carbonatación natural. En ambos grupos se detuvo el proceso de hidratación-carbonatación utilizando alcohol isopropílico. Se identificaron las fases presentes utilizando difracción de rayos X (DRX, equipo Bruker D2 phaser) y espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR, espectrómetro Nicolet Magna 500). El contenido de Ca(OH)₂ y CaCO₃ fue determinado mediante termogravimetría.

Finalmente se midió la profundidad de carbonatación utilizando un calibre y como indicador fenoltaleína, la cual es incolora en medio ácido o cercano al neutro (pH < 8,2). El color rosado comienza a ser visible a pH cercano a 8,2 y cambia de color completamente a pH 9,8. Para detectar la carbonatación se rocía una solución de fenoltaleína en la superficie recién cortada de la pasta, la región no carbonatada es la zona color rosa, lo que indica la presencia alcalina de la portlandita (Ca(OH)₂), mientras que en las áreas incoloras se indica que la portlandita fue carbonatada a calcita

manteniendo el color de la pasta. Este método se utiliza para determinar la evolución del frente o perfil de carbonatación en el tiempo [26,27].

4.2. Identificación de fases en pastas hidratadas y carbonatadas

Mediante DRX se identificaron en todas las pastas las siguientes fases cristalinas: portlandita (CH), cuarzo (Q), calcita (Cc) y monocarboaluminato (MC, tarjeta COD 96-100-0460), los difractogramas se presentan en las Figuras 9-12. Los picos asignados al cuarzo, correspondiente a una impureza en las materias primas, tienen mayor intensidad a medida que aumenta el porcentaje de reemplazo de cal hidráulica por arcillas calcinadas. La intensidad de los picos asignados a la calcita es elevada en todas las pastas, a pesar de la menor cantidad de cal hidráulica en las pastas elaboradas con arcillas calcinadas, y en todos los casos aumenta en el grupo (ii) respecto al grupo (i), mostrando el avance de la carbonatación (Ec.4). En las pastas elaboradas con IC se observa, para ambos grupos, mayor contenido de Cc respecto a las pastas elaboradas con KC.

Se observa menor intensidad de los picos asignados a la portlandita (CH) en las pastas elaboradas con arcillas calcinadas, disminuyendo a medida que aumenta el porcentaje de reemplazo. Para las pastas elaboradas con KC se identifica monocarboaluminato cálcico hidratado (MC), producto obtenido cuando la reacción puzolánica se lleva a cabo en presencia de calcita [22] y el contenido de aluminio en la fase amorfa es elevado (Tabla 1).

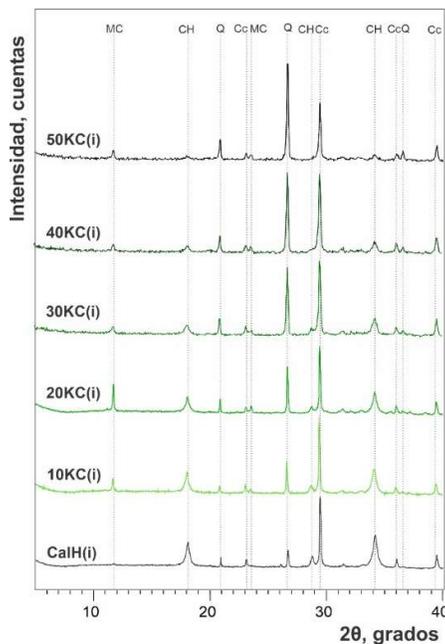


Figura 9. DRX pastas grupo (i) serie caolinita.

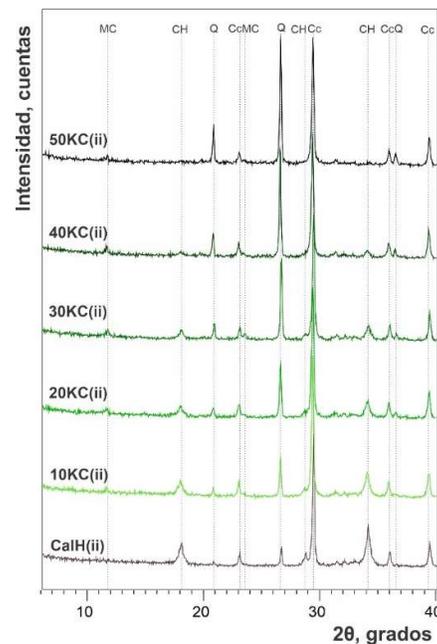


Figura 10. DRX pastas grupo (ii) serie caolinita.

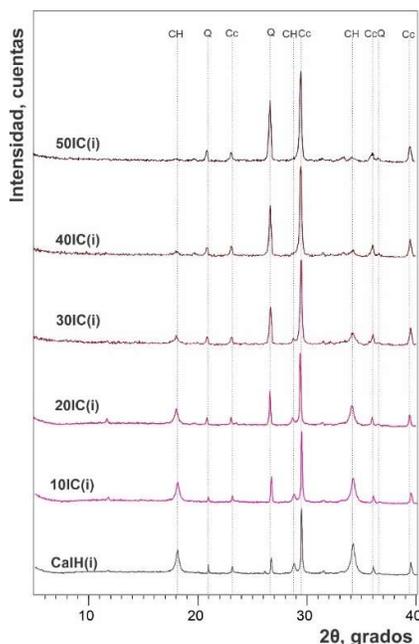


Figura 11. DRX pastas grupo (i) serie illita.

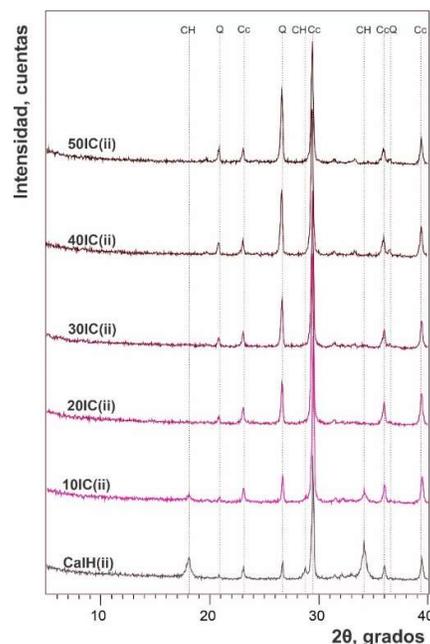


Figura 12. DRX pastas grupo (ii) serie illita.

El menor contenido de portlandita en las pastas elaboradas con arcillas calcinadas y la disminución a medida que aumenta el porcentaje de reemplazo, se corrobora mediante FTIR (Figura 6-9) a partir del análisis de la banda a 3642 cm^{-1} [23]. Para todas las muestras la intensidad de la banda asignada a OH en CH es menor en el grupo (ii) respecto al (i), mostrando la disminución del contenido de CH debido a la reacción puzolánica (Ec. 5) y a la carbonatación (Ec. 4).

Cuando se compara dentro del grupo (ii), en las muestras con IC la disminución de la intensidad de la banda asignada a OH en CH es mucho mayor respecto de las muestras con KC. Se identifica la formación de C-S-H [23] como producto de hidratación del C_2S (Ec. 3) y de la reacción puzolánica entre el CH y las arcillas calcinadas (Ec. 5) (Figura 13-16).

En las pastas elaboradas con KC se identifica la banda asignada a C-A-S-H [28] y la formación de MC (banda de estiramiento O-H a 3676 cm^{-1}) [25], siendo mayor la intensidad de esta banda cuanto mayor es el porcentaje de reemplazo para ambos grupos.

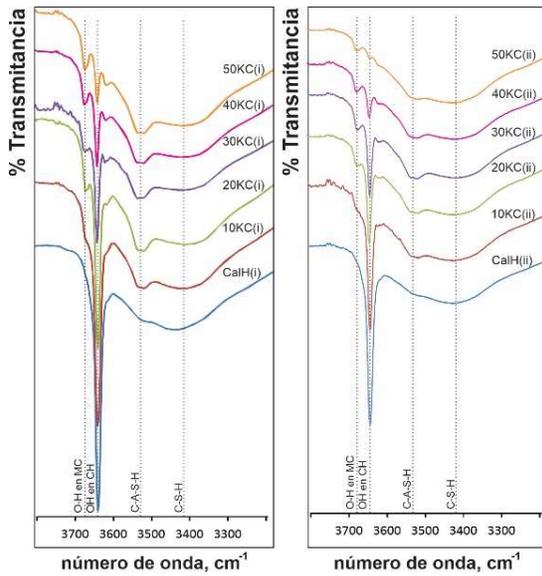


Figura 13. FTIR rango 3800-3200 cm^{-1} serie caolinita - grupos (i) e (ii).

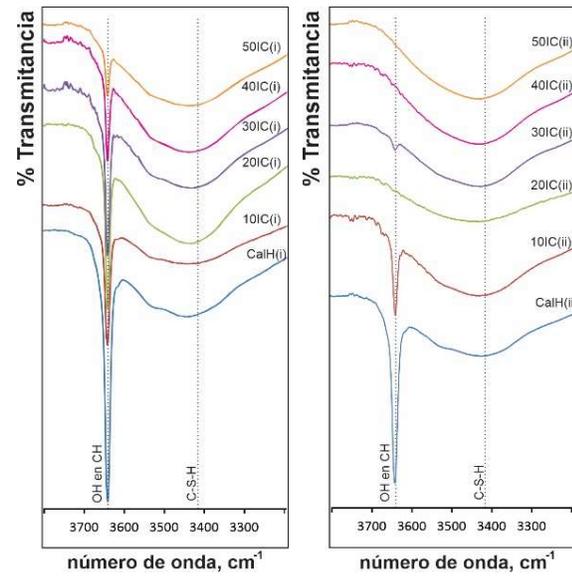


Figura 14. FTIR rango 3800-3200 cm^{-1} serie illita - grupos (i) e (ii).

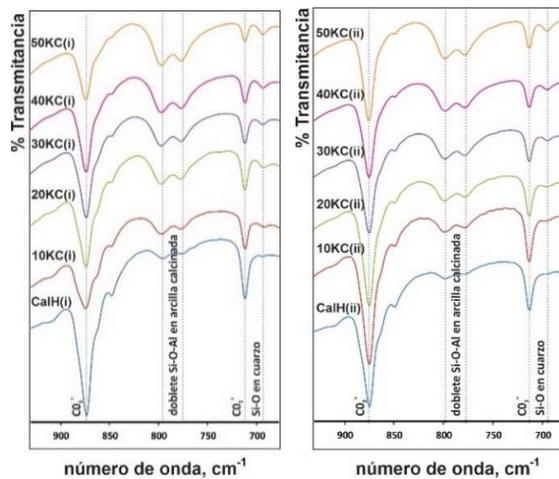


Figura 15. FTIR rango 950-650 cm^{-1} serie caolinita - grupos (i) e (ii).

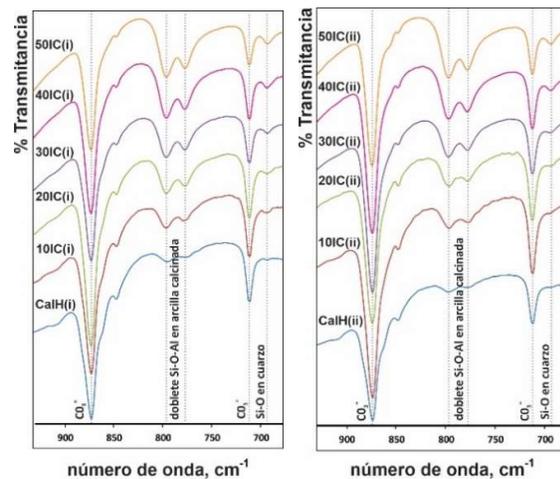


Figura 16. FTIR rango 950-650 cm^{-1} serie illita - grupos (i) e (ii).

4.3. Ensayo termogravimétrico

Del análisis termogravimétrico se concluye para todas las pastas que a medida que aumenta el porcentaje de reemplazo de cal hidráulica por arcillas calcinadas disminuye el porcentaje de portlandita debido a los procesos de carbonatación y reacción puzolánica, de acuerdo a lo determinado mediante DRX y FTIR (Figuras 17-20). La menor diferencia en el contenido de CH entre los grupos (i) e (ii) para las muestras con KC, indicaría la mayor reactividad puzolánica de esta

arcilla calcinada. En las Figuras 18 y 20, se puede observar que el contenido de calcita para todas las pastas aumenta en el grupo (ii) respecto al grupo (i) evidenciando el avance de la carbonatación, de acuerdo a lo determinado mediante DRX y FTIR.

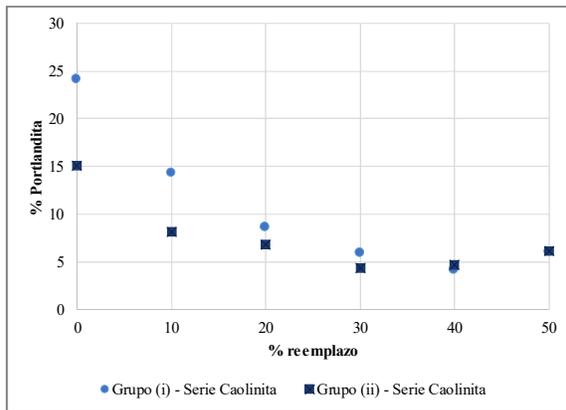


Figura 17. Composición % CH serie caolinita - grupos (i) e (ii).

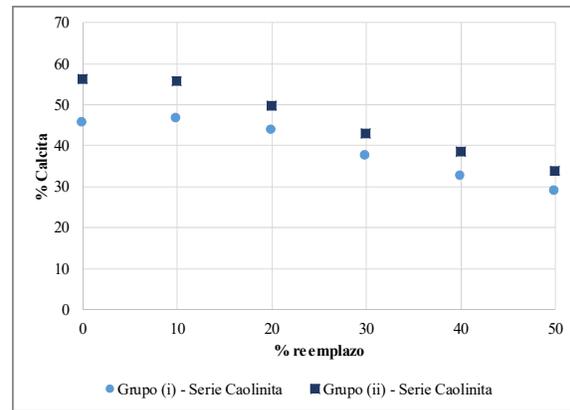


Figura 18. Composición % Cc serie caolinita - grupos (i) e (ii).

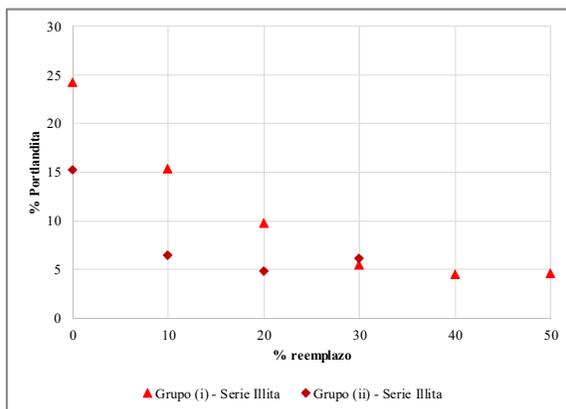


Figura 19. Composición % CH serie illita - grupos (i) e (ii).

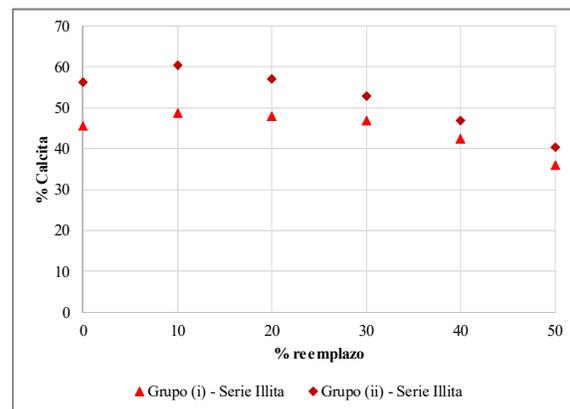


Figura 20. Composición % Cc serie illita - grupos (i) e (ii).

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 9, considerando un 50% de reemplazo de cal hidráulica por arcillas calcinadas para el grupo de muestras (i), la reducción del porcentaje de calcita es de un 17% para KC y de un 10% para IC, respecto a la muestra con 0% de reemplazo. Para el grupo de muestras (ii) la reducción del contenido de calcita es de un 22% para KC y de un 16% para IC, respecto a las pastas elaboradas únicamente con cal hidráulica (0% reemplazo). En ambos casos la disminución del contenido de calcita es menor al porcentaje de reemplazo (50%), y dicha diferencia es aún menor cuando se utiliza IC, evidenciando que el reemplazo de cal hidráulica por illita calcinada favorece la captación de CO₂ ambiental.

Tabla 9. Composición porcentual de calcita en pastas de cal hidráulica y 50% arcillas calcinadas, grupos (i) e (ii).

Pasta	CalH (0% reemplazo)	50 KC (50 % reemplazo)	50 IC (50% reemplazo)
Grupo (i)	45,6	28,9	35,8
Grupo (ii)	56,2	33,8	40,4

4.4. Perfil fenolftaleína en pastas

Luego de transcurridos los 28 días de hidratación en cámara húmeda, se frenó la hidratación-carbonatación de las pastas del grupo (i) y se midió la profundidad de carbonatación de las pastas utilizando fenolftaleína como indicador de pH, tal como lo muestra la Figura 21. Para el caso del grupo de pastas (ii), se frenó la hidratación-carbonatación luego del mes de carbonatación al aire libre, y midieron los perfiles de carbonatación pulverizando con el indicador fenolftaleína y observando los cambios en la coloración (Figura 22) [26,27].

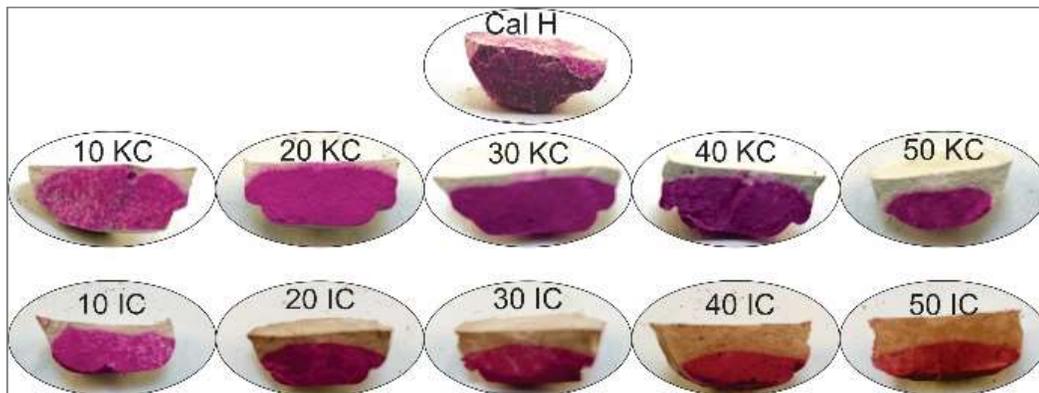


Figura 21. Perfil de carbonatación con fenolftaleína en pastas 28 días cámara húmeda (i).



Figura 22. Perfil de carbonatación con fenolftaleína en pastas 28 días cámara húmeda + 1 mes carbonatación (ii).

En la Figura 23, se presentan los valores de la profundidad de carbonatación medida en mm para todas las muestras en función del porcentaje de reemplazo. En todas las pastas la profundidad de carbonatación es mayor en el grupo (ii) respecto del (i). Comparando ambas figuras, se observa que las pastas elaboradas con IC muestran mayor profundidad de carbonatación que las elaboradas con KC, y esto aumenta con el porcentaje de reemplazo, de acuerdo a lo determinado mediante análisis termogravimétrico.

El comportamiento de la pasta depende de la actividad puzolánica de la arcilla calcinada incorporada: IC con menor actividad puzolánica, consume menor cantidad de CH, por lo que se ve favorecida la reacción de carbonatación del mismo (mayor avance en el perfil de carbonatación).

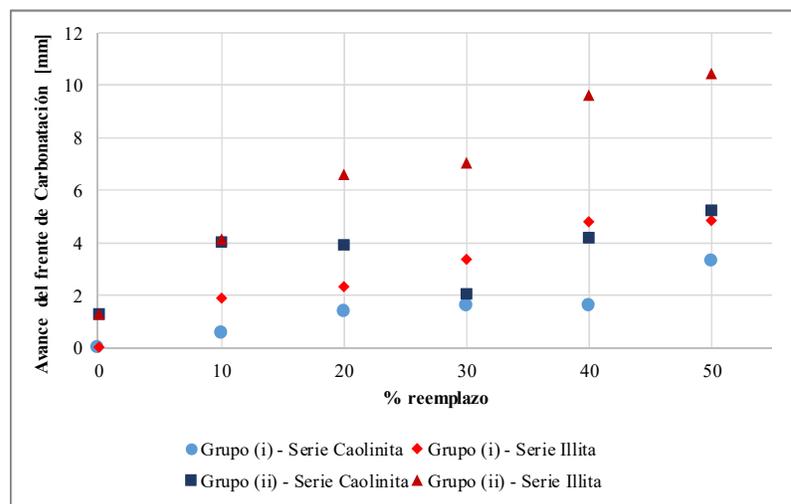


Figura 23. Perfil de carbonatación en pastas para arcillas caolinita e illita.

4.5. Conclusiones Parciales

Se concluye que el agregado de arcilla calcinada como reemplazo parcial de la cal hidráulica en pastas, afecta la captación de CO_2 ambiental: si se utiliza illita calcinada con menor actividad puzolánica aumenta la captación; mientras que cuando se utiliza caolinita calcinada, la actividad puzolánica es mayor, afectando en forma negativa la captación de CO_2 ambiental.

Estas mismas conclusiones se ven reflejadas en los datos del perfil de fenolftaleína en pastas, en el cual se observa una mayor carbonatación con el agregado de illita calcinada que con el agregado de caolinita calcinada.

5. MODELO DE OPTIMIZACIÓN: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE REEMPLAZO ÓPTIMO

Este capítulo tiene como objetivo desarrollar un programa de optimización que minimice las emisiones de carbono encontrando un porcentaje óptimo de reemplazo de cal hidráulica por arcilla calcinada, teniendo en cuenta los resultados obtenidos experimentalmente y las materias primas utilizadas en el presente estudio de tesis doctoral.

Morteros de cal y arcilla calcinada: variación del % de reemplazo, modelado % reemplazo variable, optimizar mayor RC, mayor captación CO₂, menor emisión CO₂, menor emisión de polvo a igual volumen de muestra y lo mismo pero para RC constante variando el tamaño muestra. Ángulo de reposo: mayor ángulo de reposo del material tiene más cohesión, el material menor emisión de polvo ¿?

Este capítulo responde al objetivo específico e:

e- Proponer un modelo de optimización que considere resistencia mecánica, indicadores de durabilidad, emisión de polvo, cantidad de CO₂ emitido y captado por los morteros, en función de la formulación de los mismos.

6. ESTUDIO DE DURABILIDAD

Este capítulo tiene como objetivo realizar un estudio de durabilidad en morteros con 50% de reemplazo de CalH por AC, y el % de reemplazo óptimo variando el tipo de curado de los morteros y la arena utilizada. Diseño de experimentos. Los ensayos a diseñar son: velocidad de succión capilar (S), coeficiente de difusión de vapor de agua (Dab), sulfatos, cloruros, NaOH... ¿?

VER ESTE PAPER PARA REFERENCIA

Grilo, J., Silva, A. S., Faria, P., Gameiro, A., Veiga, R., & Velosa, A. (2014). Mechanical and mineralogical properties of natural hydraulic lime-metakaolin mortars in different curing conditions. Construction and building materials, 51, 287-294.

7. CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Lanas, J.L. Pérez Bernal, M.A. Bello, J.I. Alvarez Galindo, Mechanical properties of natural hydraulic lime-based mortars, *Cement and Concrete Research* 34 (2004) 2191–2201. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.02.005>.
- [2] D. Zhang, J. Zhao, D. Wang, Y. Wang, X. Ma, Influence of pozzolanic materials on the properties of natural hydraulic lime based mortars, *Construction and Building Materials* 244 (2020) 118360. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118360>.
- [3] D. Zhang, K. Fang, D. Xu, S. Cui, D. Wang, Evaluation of the environmental medium erosion resistance of natural hydraulic lime and metakaolin-air lime mortars, *Case Studies in Construction Materials* 18 (2023) e02044. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02044>.
- [4] The European Lime Association., *Innovation in the lime sector.*, (2017).
- [5] World Health Organization, *World health statistics 2016: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals*, World Health Organization, Geneva, 2016. <https://iris.who.int/handle/10665/206498> (accessed February 26, 2025).
- [6] Albiano N. F., Lepori E. V., *Toxicología laboral: criterios para el monitoreo de la salud de los trabajadores expuestos a sustancias químicas peligrosas.*, 4a edición ampliada, Buenos Aires: Superintendencia de Riesgos del Trabajo, 2015.
- [7] H.A. Petit, C.I. Paulo, O.A. Cabrera, E.F. Irassar, Evaluation of the dustiness of fugitive dust sources using gravitational drop tests, *Aeolian Research* 52 (2021) 100724. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2021.100724>.
- [8] M. Murat, Hydration reaction and hardening of calcined clays and related minerals. I. Preliminary investigation on metakaolinite, *Cement and Concrete Research* 13 (1983) 259–266. [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(83\)90109-6](https://doi.org/10.1016/0008-8846(83)90109-6).
- [9] H. Yanguatin, J.H. Ramírez, A. Tironi, J.I. Tobón, Effect of thermal treatment on pozzolanic activity of excavated waste clays, *Construction and Building Materials* 211 (2019) 814–823. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.300>.
- [10] A. Tironi, M.A. Trezza, A.N. Scian, E.F. Irassar, Kaolinitic calcined clays: Factors affecting its performance as pozzolans, *Construction and Building Materials* 28 (2012) 276–281. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.064>.
- [11] G.P. Cordoba, S.V. Zito, R. Sposito, V.F. Rahhal, A. Tironi, C. Thienel, E.F. Irassar, Concretes with Calcined Clay and Calcined Shale: Workability, Mechanical, and Transport Properties, *Journal of Materials in Civil Engineering* 32 (2020) 04020224. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0003296](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003296).
- [12] A. Tironi, R. Sposito, G.P. Cordoba, S.V. Zito, V.F. Rahhal, K.-C. Thienel, E.F. Irassar, Influence of different calcined clays on the water transport performance of concretes, *Magazine of Concrete Research* 74 (2022) 702–714. <https://doi.org/10.1680/jmacr.21.00031>.
- [13] T. Matschei, B. Lothenbach, F.P. Glasser, The AFm phase in Portland cement, *Cement and Concrete Research* 37 (2007) 118–130. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2006.10.010>.
- [14] C. Sabbioni, G. Zappia, C. Riontino, M.T. Blanco-Varela, J. Aguilera, F. Puertas, K.V. Balen, E.E. Toumbakari, Atmospheric deterioration of ancient and modern hydraulic mortars, *Atmospheric Environment* 35 (2001) 539–548. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(00\)00310-1](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(00)00310-1).

- [15] V.B. Thapa, D. Waldmann, Performance of lime-metakaolin pastes using gravel wash mud (GWM), Cement and Concrete Composites 114 (2020) 103772. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103772>.
- [16] I. Torres, G. Matias, P. Faria, Natural hydraulic lime mortars - The effect of ceramic residues on physical and mechanical behaviour, Journal of Building Engineering 32 (2020) 101747. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101747>.
- [17] E. Vejmelková, M. Keppert, Z. Keršner, P. Rovnaníková, R. Černý, Mechanical, fracture-mechanical, hydric, thermal, and durability properties of lime–metakaolin plasters for renovation of historical buildings, Construction and Building Materials 31 (2012) 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.12.084>.
- [18] R. Walker, S. Pavía, Physical properties and reactivity of pozzolans, and their influence on the properties of lime–pozzolan pastes, Materials and Structures 44 (2011) 1139–1150. <https://doi.org/10.1617/s11527-010-9689-2>.
- [19] L. Aristarán, C. Paulo, A. Tironi, Pastas elaboradas con cal hidráulica y arcillas calcinadas: análisis de la captación de CO₂ ambiental, RMLP 8 (2023) 122–131. <https://doi.org/10.24215/25456377e172>.
- [20] Iraporda C., Silvestro L.B., Ferreyro F., Tironi A., Metodología de ensayo para la medición de un indicador de durabilidad biológico en morteros y hormigones”, X Congreso Internacional y 24° Reunión Técnica Ingeniera Eugenia Valiente, AATH – INTI, ISBN 9789874703569, (2022), 433-440., in: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (AATH); Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Buenos Aires, 2022.
- [21] Rasband, W.S., ImageJ, (1997). <https://imagej.net/ij/>.
- [22] M. Antoni, J. Rossen, F. Martirena, K. Scrivener, Cement substitution by a combination of metakaolin and limestone, Cement and Concrete Research 42 (2012) 1579–1589. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2012.09.006>.
- [23] A. Hartmann, M. Khakhutov, J.-Ch. Buhl, Hydrothermal synthesis of CSH-phases (tobermorite) under influence of Ca-formate, Materials Research Bulletin 51 (2014) 389–396. <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2013.12.030>.
- [24] M.J. (Michael J. Wilson, A Handbook of determinative methods in clay mineralogy, (No Title) (n.d.). <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282272530217856> (accessed June 10, 2024).
- [25] A. Hidalgo, J.L. García, Ma.C. Alonso, L. Fernández, C. Andrade, Microstructure development in mixes of calcium aluminate cement with silica fume or fly ash, J Therm Anal Calorim 96 (2009) 335–345. <https://doi.org/10.1007/s10973-007-8439-3>.
- [26] E. Despotou, A. Shtiza, T. Schlegel, F. Verhelst, Literature study on the rate and mechanism of carbonation of lime in mortars / Literaturstudie über Mechanismus und Grad der Karbonatisierung von Kalkhydrat im Mörtel, Mauerwerk 20 (2016) 124–137. <https://doi.org/10.1002/dama.201500674>.
- [27] Z. Shi, B. Lothenbach, M.R. Geiker, J. Kaufmann, A. Leemann, S. Ferreira, J. Skibsted, Experimental studies and thermodynamic modeling of the carbonation of Portland cement, metakaolin and limestone mortars, Cement and Concrete Research 88 (2016) 60–72. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2016.06.006>.
- [28] S. Fujita, K. Suzuki, Y. Shibasaki, T. Mori, Synthesis of hydrogarnet from molten slag and its hydrogen chloride fixation performance at high temperature, (n.d.).

PUBLICACIONES EN REVISTAS Y PRESENTACIONES A CONGRESOS

Aristarán, L.; Paulo, C. & Tironi, A. (2024) *“Cuantificación de la emisión de polvo al ambiente en cal hidráulica y arcillas calcinadas”*. Memorias del XI Congreso Internacional y 25° Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, 1a ed., pp. 2-9. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (ISBN 978-631-90193-1-5).

Aristarán, L.; Tironi, A.; Iraporda, C.; Córdoba, G. & Paulo, C. (2024) *“Morteros elaborados con cal hidráulica y elevado porcentaje de arcillas calcinadas”*. Memorias del XI Congreso Internacional y 25° Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, 1a ed., pp. 50-57. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (ISBN 978-631-90193-1-5).

Iraporda, C.; Portela, G.; Aristarán, L.; Martinefsky, C.; Vazquez-Clerici, S.; Rubel, I. A.; & Tironi, A. (2024) *“Estudio de metales tóxicos con acción inhibidora para el desarrollo de pastas calcáreas con propiedades antifúngicas”*. Memorias del XVI Congreso Argentino de Microbiología, 1a ed., pp. 263. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología (ISBN 978-987-48458-2-5).

Aristarán, L.; Paulo, C.; Iraporda, C. & Tironi, A. (2023) *“Morteros elaborados con cal hidráulica y arcillas calcinadas. Análisis de la captación de CO₂ ambiental, propiedades fisicoquímicas, mecánicas y biológicas.”* Memorias de las 3° Jornadas de Jóvenes Investigadores en Tecnología del Cemento y el Hormigón, pp.52-54. AATH, UNS, Bahía Blanca 2023. (ISBN 978-631-90193-0-8)

Aristarán, L.; Paulo, C. & Tironi, A. (2023) *“Pastas elaboradas con cal hidráulica y arcillas calcinadas: análisis de la captación de CO₂ ambiental”*. Revista del Museo de La Plata 8(2), pp. 122-131. (ISSN - 2545-6377)

Aristarán, L.; Paulo, C. & Tironi, A. (2022) *“Estudio de la captación de CO₂ ambiental en pastas de cal y arcillas calcinadas”*. Libro de resúmenes de las 5tas Jornadas Nacionales de Investigación Cerámica, pp.83 - 85. Facultad de Ciencias Exactas (UNLP). Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica. (ISBN: 978-950-34-2220-5)

La Plata, 26 de febrero de 2025

A QUIEN CORRESPONDA

Sirva esta carta como invitación a la Ing. Luisina Aristarán (D.N.I. 37978763), Ingeniera Química recibida en la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires y, actualmente, cursando el Doctorado en Ingeniería, mención Tecnología Química de dicha Universidad, para la realización de una estancia de formación e investigación en mi lugar de trabajo, el Centro de Tecnología de recursos Minerales y Cerámica (CETMIC).

El CETMIC es una Unidad de Ejecutora de triple dependencia (CONICET-CIC PBA-UNLP), ubicada en el Campus Tecnológico de la CIC PBA, perteneciente al Centro Científico Tecnológico - La Plata del CONICET y a la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata. El CETMIC investiga y desarrolla materiales cerámicos, refractarios y aplicaciones de minerales para la industria; es un centro que realiza tanto investigaciones científicas en el campo de los materiales cerámicos, refractarios y aplicaciones tecnológicas de arcillas, así como estudios y desarrollos tecnológicos para la industria. Los estudios cubren desde los aspectos geológicos y de caracterización de materias primas (arcillas y minerales en general) procesos de elaboración hasta la caracterización de los productos finales y el desarrollo de nuevos productos.

La estancia de investigación se llevará a cabo durante el 2025 en el marco del Programa de Fortalecimiento de Doctorados: Estancias de investigación para estudiantes avanzados de Doctorado de la U.N.C.P.B.A. Durante el periodo de estancia, la Ing. Luisina Aristarán realizará tareas de investigación y formación en la caracterización de los materiales bajo estudio de su tesis doctoral. La estancia prevista de la doctoranda implica que el Programa se hará cargo de todos los gastos de viaje, seguro de enfermedad, alojamiento y manutención que conlleve la misma.

Quedo a disposición,
Saludo atte.



Dra. MOCCIARO Anabella
Investigadora adjunta CONICET