UNS UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

2026

Bahía Blanca, Argentina

Tesis de Doctorado en Ingeniería

Compuestos orgánicos como inhibidores de corrosión de estructuras de hormigón armado

Ing. Natalia Delbianco

Directores: Carla Priano y Edgardo Irassar

PREFACIO

Esta tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado académico de Doctora en Ingeniería, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur, durante el período comprendido entre septiembre de 2019 hasta marzo de 2026, bajo la dirección de la Dra. Ing. Carla Priano y el Ing. Edgardo Fabián Irassar.

Ing. Natalia Delbianco

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

Subsecretaría de Posgrado

La presente Tesis ha sido aprobada el ..14../..07../..2026.. mereciendo la calificación de ...10.... (.SOBRESALIENTE.)

IBAÑEZ MARTIN Maria Maria

Firmado digitalmente por IBAÑEZ MARTIN Maria Maria
Fecha: 2026.09.07 15:06:41 -03'00'

A mis papás, por estar siempre a mi lado

Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento al Departamento de Ingeniería y a la Subsecretaría de Posgrado de la Universidad Nacional del Sur, así como al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), por brindarme las condiciones institucionales, académicas y el apoyo económico que hicieron posible el desarrollo de esta tesis doctoral.

Quiero dedicar un reconocimiento muy especial a Néstor, quien fue mi director en los inicios de este camino y el impulsor de la idea que dio origen a esta investigación. Su visión marcó el punto de partida de este trabajo.

Agradezco profundamente a Carla, mi directora y jefa del laboratorio, por acompañarme con generosidad, cariño y contención en la continuidad de este proceso. Su guía fue fundamental para sostener y consolidar esta investigación.

Asimismo, quiero expresar mi sincero agradecimiento a Fabián, mi director, quien se sumó posteriormente desde Olavarría y realizó un aporte sustancial al desarrollo de esta tesis. Su mirada enriqueció significativamente el trabajo experimental y el análisis de los resultados.

Asimismo, deseo agradecer especialmente a Mónica, por su generosidad y permanente acompañamiento desde los inicios de esta investigación. Su experiencia en el área de química y su colaboración en la preparación y obtención de los extractos vegetales fueron fundamentales para el desarrollo experimental de esta tesis.

También quiero expresar mi sincero agradecimiento a Daniel, quien generosamente abrió las puertas de su laboratorio y me brindó su asesoramiento en la realización de los ensayos electroquímicos de corrosión.

Mi reconocimiento a todo el equipo del Laboratorio de Estudio y Ensayo de Materiales, por el clima humano y profesional que construimos día a día. Un agradecimiento especial a los técnicos, Diego y Gustavo, cuyo conocimiento y ayuda permanente fueron indispensables para la realización de los ensayos experimentales.

Quiero dedicar unas palabras muy especiales a Rocío, mi amiga y compañera desde el inicio de este doctorado. Gracias por compartir cada desafío, cada ensayo, cada frustración y cada logro. Tu apoyo y tu amistad hicieron que este camino fuera más liviano y feliz.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a la Dra. María Cruz Alonso, por su generosidad y su acompañamiento durante mi estancia de investigación en el IETcc de Madrid. Su experiencia y criterio fueron fundamentales para el desarrollo de los ensayos de corrosión en morteros que forman parte de esta tesis. Asimismo, agradezco a todos los investigadores y técnicos de allí por el apoyo brindado y el excelente ambiente de trabajo que enriquecieron dicha estancia.

A mi familia, mi base y mi sostén. A mis padres, por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la honestidad. Gracias por confiar siempre en mí y acompañarme en todo momento.

A mis amigos, por acompañarme en este proceso con paciencia, alegría y comprensión.

Y finalmente, a mi compañero de vida, por sostener y celebrar cada pequeño avance como si fuera propio. Gracias por tu amor y por impulsarme siempre a ir un poco más allá.

Resumen

La corrosión de las armaduras constituye uno de los principales mecanismos de deterioro prematuro en estructuras de hormigón armado expuestas a ambientes con presencia de cloruros, comprometiendo su vida útil y generando elevados costos de mantenimiento. En este contexto, el desarrollo de inhibidores de corrosión de origen natural surge como una alternativa sustentable frente a los inhibidores convencionales, en línea con los principios de la construcción sostenible.

El objetivo de esta tesis fue evaluar el potencial inhibidor de extractos vegetales de orégano y yerba mate para su aplicación en hormigón armado, analizando su desempeño desde una perspectiva integral que abarca su caracterización química, su interacción con el acero en medios alcalinos y su comportamiento y compatibilidad en matrices cementíceas.

Para ello, se obtuvieron y caracterizaron los extractos mediante ensayos fisicoquímicos y de actividad antioxidante. Posteriormente, se evaluó la compatibilidad con matrices cementíceas mediante la incorporación en pastas, morteros y hormigones, analizando su influencia en el estado fresco, el proceso de hidratación, la microestructura y sus propiedades mecánicas y de transporte. Luego, se evaluó su efecto electroquímico en el proceso de corrosión sobre el acero en solución de poros simulada y embebido en matrices cementíceas.

Los resultados evidenciaron que ambos extractos presentan capacidad inhibidora en los tiempos de ensayo estudiados, aunque con mecanismos de acción diferenciados. Se comprobó que el desempeño depende de la dosis incorporada y de la interacción específica con la matriz cementícea, por lo que no es posible generalizar el

comportamiento de los extractos vegetales como inhibidores de corrosión del hormigón armado.

En conjunto, la investigación demuestra la viabilidad de emplear extractos naturales de orégano y yerba mate como inhibidores de corrosión en hormigón armado, aportando conocimiento sobre los mecanismos involucrados y estableciendo criterios para su aplicación en sistemas cementíceos expuestos a ambientes marinos.

Abstract

Reinforcement corrosion is one of the main mechanisms of premature deterioration in reinforced concrete structures exposed to chloride-containing environments, compromising their service life and generating high maintenance costs. In this context, the development of natural corrosion inhibitors emerges as a sustainable alternative to conventional inhibitors, aligned with the principles of sustainable construction.

This doctoral thesis aims to evaluate the inhibiting potential of plant-based extracts from oregano and yerba mate for application in reinforced concrete, analyzing their performance through an integral approach that includes chemical characterization, interaction with steel in alkaline media, and their compatibility and performance within cementitious matrices.

The extracts were obtained and characterized through physicochemical and antioxidant activity tests. Their compatibility with cementitious matrices was assessed by incorporating them into pastes, mortars, and concretes, evaluating their influence on fresh-state properties, hydration process, microstructure, and mechanical and transport properties. Subsequently, their electrochemical effect on the corrosion process was studied both in simulated pore solution and in steel embedded in cementitious matrices.

The results demonstrated that both extracts exhibit corrosion-inhibiting capacity within the exposure times studied, although through differentiated mechanisms of action. Performance was shown to depend on the incorporated dosage and on the specific interaction with the cementitious matrix, indicating that the results obtained for these plant-based extracts cannot be extrapolated to the use of any plant material as a corrosion inhibitor for reinforced concrete.

Overall, this research demonstrates the feasibility of employing natural extracts as corrosion inhibitors in reinforced concrete, providing insights into the mechanisms involved and establishing criteria for their application in cementitious systems exposed to marine environments.