

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO
“BENEDICTO XVI”

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DE CONCENTRACIÓN DE NaCl Y
SUPERPLASTIFICANTE SIKA CEM SOBRE CARACTERÍSTICAS
FÍSICO-QUÍMICAS DE ACERO ASTM A615-G60 DE UN
CONCRETO REFORZADO**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Br. Mendoza Huamán, Angel Justo
<https://orcid.org/0000-0002-6937-0814>

ASESOR

Ms. Castillo Chung, Aldo Roger
<https://orcid.org/0000-0002-2270-1671>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Vivienda, saneamiento y transporte

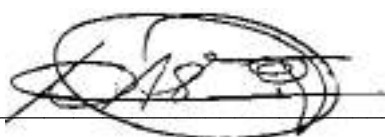
TRUJILLO – PERÚ

2025

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura:

Yo, Ms. Aldo Roger Castillo Chung con DNI N° 18132971 , como asesor del trabajo de investigación titulado **“INFLUENCIA DE CONCENTRACIÓN DE NaCl Y SUPERPLASTIFICANTE SIKA CEM SOBRE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE ACERO ASTM A615-G60 DE UN CONCRETO REFORZADO”**, desarrollado por el egresado Mendoza Huamán, Angel Justo con DNI N° 75471267 del Programa de estudios de Ingeniería Civil; considero que dicho trabajo reúne las condiciones técnicas y científicas, las cuales están alineadas a las normas establecidas en el Reglamento de Estudiantes y de Grados y Títulos de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en la normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por los jurados designados por la mencionada facultad.



Ms. Aldo Roger Castillo Chung

Asesor

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

EXMO. MONS. GILBERTO ALFREDO VIZCARRA MORI, S.J.

Arzobispo Metropolitano de Trujillo

Gran Canciller

Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”

DR. MARCOANTONIO PACHERRES TORREJÓN

Rector de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”

DRA. SILVIA ANA VALVERDE ZAVALA

Vicerrectora Académica

DRA. GINA GENARA ZAVALA ESPEJO

Vicerrectora de Investigación

MS. HENRY ALEXANDER CHIPANA SALDAÑA

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

DRA. TERESA SOFÍA REATEGUI MARÍN

Secretaria General

DEDICATORIA

A mis padres, Justo Mendoza Huilca y Rosa Huamán Quispe, por ser mi fortaleza y soporte durante la trayectoria de mi formación académica.

A mis seres queridos, amigos y familiares, por su compañía, su aliento, consejos y motivación a seguir adelante en los momentos de incertidumbre y por recordarme en todo momento que los sueños son alcanzables con dedicación, esfuerzo y perseverancia.

Mendoza Huamán, Angel Justo
Autor

AGRADECIMIENTO

A Dios, gracias a su guía constante en todos mis planes, por llenarme de fortaleza y esperanza en cada paso de este camino.

A mi querida familia, gracias por el apoyo continuo. Su presencia y aliento me acompañaron en cada paso de este camino, haciéndolo posible.

Expreso agradecimiento profundo a la “**Universidad Católica de Trujillo**” por ofrecer una sólida base académica y un entorno enriquecedor. Su compromiso con la excelencia educativa ha sido fundamental para mi desarrollo profesional.

A mis docentes, cuya dedicación incansable y compromiso ejemplar han sido pilares fundamentales en mi formación. Gracias por transmitir sus conocimientos con pasión, inspirando no solo aprendizaje, sino también valores que guiarán mi camino profesional y personal.

Mendoza Huamán, Angel Justo

Autor

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

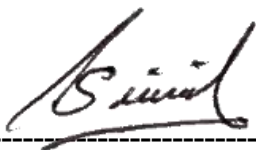
Yo, **Angel Justo Mendoza Huamán** con **DNI N.º 75471267**, egresado del **Programa de estudios de Ingeniería Civil** de la **Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”**, doy fe de que he seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos establecidos por la **Facultad de Ingeniería y Arquitectura** para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: **“INFLUENCIA DE CONCENTRACIÓN DE NaCl Y SUPERPLASTIFICANTE SIKACEM SOBRE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE ACERO ASTM A615-G60 DE UN CONCRETO REFORZADO”**, el cual consta de un total de **135 páginas**, incluyendo tablas y figuras y **47 páginas de anexos**.

Dejo constancia de la **originalidad y autenticidad** de la mencionada investigación y declaro, bajo juramento y en cumplimiento de los principios éticos, que el contenido del documento es **de mi exclusiva autoría** en cuanto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizo que los fundamentos teóricos están debidamente sustentados en fuentes bibliográficas, asumiendo la responsabilidad de cualquier omisión involuntaria en la citación de autores.

En este sentido, declaro que el uso de herramientas de inteligencia artificial en el presente trabajo se ha limitado exclusivamente a la mejora de la redacción y corrección de errores gramaticales y sintácticos, sin que ello haya influido en la generación del contenido, análisis o interpretación de los resultados de la investigación.

Del mismo modo, reconozco que cualquier vulneración a los derechos de autor derivada del presente trabajo será de mi exclusiva responsabilidad, asumiendo las consecuencias académicas y legales que pudieran derivarse conforme a la normativa vigente.

El autor



Angel Justo Mendoza Huamán

DNI: 75471267

ÍNDICE

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD	2
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	6
ÍNDICE.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE TABLAS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN.....	14
II. METODOLOGÍA	51
2.1. Enfoque y tipo.....	51
2.2. Diseño de Investigación	51
2.3. Objeto de Estudio	52
2.4. Instrumentos, técnicas, equipos de laboratorio de recojo de datos	54
2.4.1. Instrumentos de recojo de datos	54
2.4.2. Técnicas de recojo de datos.....	54
2.4.3. Equipos de laboratorio de recojo de datos.....	55
2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	55
2.5.1. Técnicas de procesamiento.....	55
2.5.2. Análisis de Datos	60
2.6. Aspectos éticos en investigación.....	60
III. RESULTADOS.....	61
3.1. Descripción de resultados.....	61
3.1.1. Pérdida de masa por corrosión	61
3.1.2. Velocidad de corrosión.....	62
3.1.3. Caracterización Microscópica de superficie.....	65
3.1.4. Análisis químico FTIR de productos de corrosión.....	68
3.2. Prueba de hipótesis.....	69
3.2.1. Prueba de hipótesis de pérdida de masa por corrosión	69
3.2.2. Prueba de hipótesis de velocidad de corrosión	71

3.2.3. Prueba de hipótesis de caracterización microscópica de superficie	72
3.2.4. Prueba de hipótesis de análisis químico FTIR de productos de corrosión	72
IV. DISCUSIÓN	73
V. CONCLUSIONES.....	78
VI. RECOMENDACIONES	79
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXOS	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Planteamiento del problema de investigación</i>	17
Figura 2 <i>Columna de concreto reforzado</i>	31
Figura 3 <i>Varillas de Acero ASTM A615-G60</i>	34
Figura 4 <i>Proceso de corrosión de acero en concreto inducido por cloruros</i>	37
Figura 5 <i>Acción del superplastificante sobre las partículas de cemento: (a) Partículas de cemento floculadas; (b) dispersión de las partículas de cemento por la fuerza repulsiva generada por el superplastificante cargado negativamente; (c) liberación del agua atrapada</i>	42
Figura 6 <i>Dimensiones de muestra experimental</i>	52
Figura 7 <i>Procedimiento experimental</i>	59
Figura 8 <i>Pérdida de masa por corrosión promedio de acero en concreto mediante distintas concentraciones de NaCl y superplastificante Sika Cem</i>	61
Figura 9 <i>Velocidad de corrosión promedio de acero en concreto mediante distintas concentraciones de NaCl y superplastificante Sika Cem</i>	62
Figura 10 <i>Fotografías microscópicas de superficie de acero en concreto mediante 3.5% de NaCl y distintas concentraciones de superplastificante Sika Cem: a) 0% SP, b) 1.5% SP, c) 2.0% SP y d) 2.5% SP</i>	65
Figura 11 <i>Análisis de espectros FTIR de productos de corrosión de acero en concreto mediante 3.5% de NaCl</i>	68
Figura 12 <i>Prueba de hipótesis ANOVA de pérdida de masa por corrosión de acero en concreto mediante distintas concentraciones de NaCl y superplastificante Sika Cem</i> ..	69
Figura 13 <i>Prueba de hipótesis ANOVA de velocidad de corrosión de acero en concreto mediante distintas concentraciones de NaCl y superplastificante Sika Cem</i>	71
Figura 14 <i>Corte de varillas de acero ASTM A165-G60</i>	98
Figura 15 <i>Elaboración de molde de probetas de concreto reforzado</i>	98
Figura 16 <i>Colocación de varillas en molde</i>	99
Figura 17 <i>Mezcla de concreto</i>	99
Figura 18 <i>Adición de soluciones de NaCl para amasado</i>	100
Figura 19 <i>Preparación de soluciones de superplastificante Sika Cem</i>	100
Figura 20 <i>Adición de superplastificante Sika Cem en mezcla de concreto</i>	101
Figura 21 <i>Mezcla de concreto final</i>	101
Figura 22 <i>Llenado de probetas de concreto reforzado en molde</i>	102

Figura 23 <i>Probeta de concreto reforzado conformada.....</i>	102
Figura 24 <i>Desmolde de probeta de concreto reforzado conformada</i>	103
Figura 25 <i>Probeta de concreto reforzado conformada.....</i>	103
Figura 26 <i>Recubrimiento de zona de no interés de probeta de concreto reforzado ...</i>	104
Figura 27 <i>Extracción de varilla de acero sin aditivo después de tiempo de exposición salina</i>	104
Figura 28 <i>Extracción de varilla de acero con aditivo después de tiempo de exposición salina</i>	105
Figura 29 <i>Comparación superficial de varillas con y sin aditivo después de tiempo de exposición salina</i>	105
Figura 30 <i>Pesaje de varilla de acero ASTM A165-G60 antes de tiempo de exposición salina</i>	106
Figura 31 <i>Pesaje de varilla de acero ASTM A165-G60 después de tiempo de exposición salina</i>	106
Figura 32 <i>Prueba de hipótesis ANOVA de pérdida de masa por corrosión de acero en concreto mediante distintas concentraciones de NaCl y superplastificante Sika Cem</i>	107
Figura 33 <i>Prueba de hipótesis ANOVA de velocidad de corrosión de acero en concreto mediante distintas concentraciones de NaCl y superplastificante Sika Cem</i>	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Variables y niveles de estudio</i>	53
Tabla 2 <i>Matriz de diseño.....</i>	54
Tabla 3 <i>Matriz de consistencia</i>	88
Tabla 4 <i>Matriz de operacionalización de variables.....</i>	90
Tabla 5 <i>Resultados experimentales de masa final de varillas de acero.....</i>	92
Tabla 6 <i>Resultados experimentales de pérdida de masa por corrosión de varillas de acero</i>	92
Tabla 7 <i>Resultados experimentales de velocidad de corrosión de varillas de acero....</i>	93
Tabla 8 <i>Ficha de información de recolección de datos experimentales</i>	94

RESUMEN

La investigación evaluó la influencia de distintas concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) y del aditivo superplastificante Sika Cem en las propiedades físico-químicas del acero ASTM A615-G60 embebido en concreto reforzado. Se aplicaron técnicas de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), microscopía óptica y ensayos de pérdida de masa por corrosión conforme a la norma ASTM G31-21. El estudio, de enfoque explicativo y cuantitativo, incluyó concentraciones de NaCl de 1.5 %, 2.5 % y 3.5 %, y proporciones de Sika Cem de 0 %, 1.5 %, 2.0 % y 2.5 %. Los resultados evidenciaron una relación directa entre la concentración de NaCl y la velocidad de corrosión, observándose mayores pérdidas de masa a concentraciones más altas. La adición de 2.5 % de Sika Cem redujo significativamente la corrosión, alcanzando pérdidas mínimas de 0.0017 % (0.51 $\mu\text{m/año}$) en 1.5 % NaCl y 0.0086 % (2.58 $\mu\text{m/año}$) en 3.5 % NaCl, lo que representó disminuciones del 54.05 % y 40.00 %, respectivamente, frente a las muestras sin aditivo. El Sika Cem demostró un efecto protector adicional al disminuir la penetración de iones cloruro y mejorar la durabilidad del concreto armado. Los análisis por FTIR confirmaron la presencia de óxidos y carbonatos de hierro, mientras que la microscopía óptica reveló alteraciones superficiales en el acero, confirmando la acción corrosiva del NaCl y la eficacia parcial del aditivo a mayores concentraciones. En conclusión, el uso controlado de Sika Cem contribuye a mejorar la resistencia a la corrosión y la vida útil de las estructuras expuestas a ambientes salinos.

Palabras Clave: corrosión de acero, concreto reforzado, NaCl, superplastificante, pérdida de masa por corrosión

ABSTRACT

The research evaluated the influence of different concentrations of sodium chloride (NaCl) and the superplasticizer additive Sika Cem on the physicochemical properties of ASTM A615-G60 steel embedded in reinforced concrete. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), optical microscopy, and mass loss corrosion tests were conducted in accordance with ASTM G31-21 standards. The study, with an explanatory and quantitative approach, included NaCl concentrations of 1.5%, 2.5%, and 3.5%, and Sika Cem proportions of 0%, 1.5%, 2.0%, and 2.5%. The results showed a direct relationship between NaCl concentration and corrosion rate, with higher mass loss observed at increased salt levels. The addition of 2.5% Sika Cem significantly reduced corrosion, achieving minimum mass losses of 0.0017% (0.51 $\mu\text{m}/\text{year}$) in 1.5% NaCl and 0.0086% (2.58 $\mu\text{m}/\text{year}$) in 3.5% NaCl, representing reductions of 54.05% and 40.00%, respectively, compared to samples without the additive. Sika Cem exhibited an additional protective effect by reducing chloride ion penetration and improving the durability of reinforced concrete. FTIR analysis confirmed the presence of iron oxides and carbonates, while optical microscopy revealed surface alterations in the steel, confirming the corrosive action of NaCl and the partial effectiveness of the additive at higher concentrations. In conclusion, the controlled use of Sika Cem contributes to enhancing corrosion resistance and service life of reinforced concrete structures exposed to saline environments.

Keywords: steel corrosion, reinforced concrete, NaCl, superplasticizer, mass loss due to corrosion

Anexo 12: Reporte de Turnitin

Página 2 de 144 - Descripción general de integridadIdentificador de la entrega: 31172541863504

9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, excluidas las fuentes superpuestas, para cal...

Filtrado desde el informe

- + Bibliografía
- + Texto citado
- + Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 0% Fuentes de Internet
- 7% Publicaciones
- 7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar incongruencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y lo revise.

Página 2 de 144 - Descripción general de integridadIdentificador de la entrega: 31172541863504

Fuentes principales

- 6% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.uct.edu.pe	1%
2	Trabajos del estudiante	PREGRADO en 2025-10-24	<1%
3	Trabajos del estudiante	PREGRADO en 2025-10-11	<1%
4	Internet	eprints.uanl.mx	<1%
5	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez en 2025-01-07	<1%
6	Publicación	Vargas Soler, Erika Julieth González Jiménez, Ana Jessyca. "Análisis de las Mezcla...	<1%
7	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Colombia on 2020-04-30	<1%
8	Trabajos del estudiante	Universitat Politècnica de València on 2017-01-08	<1%
9	Trabajos del estudiante	PREGRADO en 2025-11-07	<1%
10	Internet	upcommons.upc.edu	<1%
11	Trabajos del estudiante	Universidad Carlos III de Madrid - EUR on 2024-09-16	<1%

Anexo 13: Reporte de Escritura de Inteligencia Artificial



ANGEL JUSTO MENDOZA HUAMAN

INFORME DE TESIS - MENDOZA HUAMAN ANGEL JUSTO-



INFORMES DE TESIS

Detalles del documento

Identificador de la entrega:

tmscid:3117:541863504

Fecha de entrega:

18 dic 2025, 9:34 GMT-5

Fecha de descarga:

18 dic 2025, 11:32 GMT-5

Nombre del archivo:

INFORME DE TESIS - MENDOZA HUAMAN ANGEL JUSTO.docx

Tamaño del archivo:

29.3 MB

134 páginas

29.323 palabras

162.241 caracteres



*% detectado como IA

La detección de IA incluye la posibilidad de que haya falsos positivos. Aunque cierto texto en esta entrega se generó probablemente con IA, los puntajes inferiores al umbral del 20 % no aparecen porque tienen una mayor probabilidad de falsos positivos.

Precaución: Se necesita revisión.

Es esencial comprender los límites de la detección de IA antes de tomar decisiones acerca del trabajo del estudiante. Te alentamos a obtener más información acerca de las funciones de detección de IA de Turnitin antes de usar la herramienta.

Aviso legal

Nuestra evaluación de escritura con IA está diseñada para ayudar a los académicos a identificar texto que podría haberse preparado mediante una herramienta de IA generativa. Es posible que nuestra evaluación de escritura con IA no siempre sea precisa (existe la posibilidad de que identifique erróneamente redacciones probablemente generadas por humanos como generadas por IA, y redacciones probablemente generadas por IA como generadas por humanos); por lo que no debe usarse como único fundamento para aplicar sanciones a un estudiante. Para determinar si es un caso de deshonestidad académica, se necesita de un escrutinio mayor y el juicio humano, junto con la aplicación de las políticas académicas específicas de la organización.

Preguntas frecuentes

¿Cómo debería interpretar los falsos positivos y el porcentaje de escritura con IA de Turnitin?

El porcentaje que se muestra en el reporte de escritura con IA es la cantidad del texto calificado en la entrega que el modelo de detección de escritura con IA de Turnitin determina se generó probablemente con IA desde un modelo de lenguaje de gran tamaño.

Los falsos positivos (que marcan incorrectamente alertas de texto escrito por humanos como generado con IA) son una posibilidad en los modelos de IA.

Los puntajes de detección de IA inferiores al 20 %, que no aparecen en reportes nuevos, tienen una mayor probabilidad de ser falsos positivos. Para reducir la probabilidad de malinterpretación, no se atribuye ningún puntaje o resultado y se indican con un asterisco en el reporte (*%).

El porcentaje de escritura con IA no debe ser el único fundamento para determinar si ha ocurrido una mala conducta. El revisor/instructor debería usar el porcentaje como un medio para iniciar una conversación formativa con sus estudiantes o usarlo para examinar el ejercicio entregado según las políticas de la escuela.

¿Qué significa "texto calificado"?

Nuestro modelo sólo procesa texto calificado en la forma de escritura de formato largo. La escritura de formato largo se refiere a los enunciados individuales en párrafos que constituyen una parte más grande del trabajo escrito, como un ensayo, una disertación, un artículo, etc. El texto calificado que se ha determinado que se generó probablemente con IA se resaltará en color cian en la entrega.

El texto no calificado, como viñetas, bibliografías comentadas, etc., no se procesará y puede crear disparidad entre los puntos destacados de la entrega y el porcentaje mostrado.

