



Universidad
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**Efectos de la corrosión en el comportamiento
estructural para edificaciones de concreto
reforzado**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER
EN INGENIERIA CIVIL**

Autores

Saldaña Meza Jhadira Judith

<https://orcid.org/0000-0002-5238-5446>

Tello Coronel Jhon Kelvin

<https://orcid.org/0009-0006-2006-5997>

Asesora

Ph.D. Heredia Llatas Flor Delicia

<https://orcid.org/0000-0001-6260-9960>

Línea de Investigación

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la
Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

Sublínea de Investigación

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e
Infraestructura**

Pimentel – Perú

2024



Universidad
Señor de Sipán

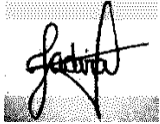

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, somos estudiantes del Programa de Estudios de **Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

“EFECTOS DE LA CORROSIÓN EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL PARA EDIFICACIONES DE CONCRETO REFORZADO”

El texto de nuestro trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informamos que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Saldaña Meza Jhadira Judith	DNI: 75614168	
Tello Coronel Jhon Kelvin	DNI: 72179549	

Pimentel, 23 de agosto del 2024.

PAPER NAME AUTHOR
**SALDAÑA_MEZA_JHADIRA_JUDITH-TEL -
LO_CORONEL_JHON_KELVIN-_TRABAJO
_DE_INVESTIGACION.docx**

WORD COUNT CHARACTER COUNT
6106 Words 32999 Characters

PAGE COUNT FILE SIZE
29 Pages 39.3KB

SUBMISSION DATE REPORT DATE
Aug 25, 2024 2:40 PM GMT-5 Aug 25, 2024 2:41 PM GMT-5

● **6% Overall Similarity**

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 4% Internet database
- 0% Publications database
- 5% Submitted Works database

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a Dios, fuente de fortaleza y sabiduría, cuyo guía y protección me han acompañado a lo largo de este camino. A mis padres, cuyo amor incondicional, sacrificio y apoyo constante han sido el pilar fundamental de mi vida y mi formación. A mis hermanas, por su aliento, comprensión y apoyo durante todos estos años. Y a mi querida sobrina, por ser una fuente de inspiración y alegría en mi vida. Este logro es para todos ustedes, que han sido mi mayor motivación y apoyo.

Saldaña Meza Jhadira Judith

Este proyecto de investigación está dedicado a Dios, mi fuente de fortaleza y sabiduría que a través de su guía y protección ha estado conmigo a lo largo de este camino. A mis padres, a quienes les debo mucho de sacrificio y apoyo constantes que han sido mi pilar fundamental. A mi hermana, quien ha sido mi soporte durante todos estos años. Y a mis abuelos, quienes con su sabiduría y amor han marcado mi camino en esta vida. A cada uno de ustedes, gracias por darme motivo, lo logré porque sé que ustedes me han ayudado.

Tello Coronel Jhon Kelvin

Agradecimientos

Agradezco profundamente a Dios por su guía y fortaleza a lo largo de mi vida. A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios que han sido esenciales para alcanzar este logro. A mis hermanas, por su comprensión y aliento durante todo el proceso de mi carrera. Y a mi querida sobrina, por traer alegría e inspiración a mi vida. Sin el apoyo y amor de cada uno de ustedes, este logro no habría sido posible. Mi más sincero agradecimiento a todos ustedes.

Saldaña Meza Jhadira Judith

Agradezco a Dios, por ser una fuente de fortaleza y una guía a lo largo de mi vida y a la vez por su protección que me ha brindado. A mis padres, cuyo amor incondicional, mucho sacrificio y apoyo constante han sido un pilar fundamental de mi vida y mi formación durante todos estos años. A mi hermana, por su aliento, comprensión y apoyo incondicional. Y a mis queridos abuelos, por su sabiduría, amor y enseñanzas para nunca rendirme en mis objetivos. Sin su apoyo, comprensión y amor de cada uno de ustedes, este logro no habría sido posible. Solo darles mi más cordial agradecimiento para cada uno de ustedes desde lo más profundo de mi ser.

Tello Coronel Jhon Kelvin

ÍNDICE

Dedicatoria.....	4
Agradecimientos	5
Resumen.....	8
Abstract	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Realidad problemática.....	10
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Hipótesis	14
1.4. Objetivos	14
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	15
II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	22
III. RESULTADOS	23
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	25
V. REFERENCIAS	28
VI. ANEXOS.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Artículos distribuidos según la base de datos y año de publicación	22
Tabla 2: Resultados en el ensayo de tracción de varillas alteradas por corrosión.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama momento curvatura de una sección rectangular bien con daños por corrosión estimados mediante el ancho de grieta.....	24
Figura 2: Principales Patologías encontradas	24

Resumen

El acero y concreto son los materiales más empleados dentro de la construcción, sin embargo, son alterados por el fenómeno de la corrosión, bajando las resistencias y propiedades del concreto reforzado. La corrosión provoca grandes costos económicos en el mantenimiento de estructuras corroídas, el colapso de dichas estructuras, y estar más propensa a grandes daños ante sismos. Por ello se busca evaluar los efectos de la corrosión en las estructuras formadas de concreto reforzado. Para lo cual se realizó la búsqueda de fuentes confiables tales como: Google académico, Scopus, revistas y artículos. Los resultados mostraron que los efectos generados por la corrosión se manifiestan en el deterioro de las estructuras elaboradas con concreto reforzado y mientras mayor sea el ancho de grieta mayor será el daño en la estructura. Finalmente se concluye que, el fenómeno de la corrosión provoca pérdida de masa de los elementos estructurales, colapso de las estructuras, estructuras vulnerables, etc.

Palabras Clave: corrosión; acero; concreto reforzado; falla; estructuras.

Abstract

Steel and concrete are the most commonly used materials in construction, however, they are altered by the phenomenon of corrosion, lowering the strength and properties of reinforced concrete. Corrosion causes great economic costs in the maintenance of corroded structures, the collapse of these structures, and being more prone to great damage in the event of earthquakes. Therefore, the effects of corrosion on reinforced concrete structures are evaluated. For this purpose, a search of reliable sources such as: Google Scholar, Scopus, journals and articles was carried out. The results showed that the effects generated by corrosion are manifested in the deterioration of structures made of reinforced concrete and the greater the crack width, the greater the damage to the structure. Finally, it is concluded that the phenomenon of corrosion causes loss of mass of the structural elements, collapse of the structures, vulnerable structures, etc.

Keywords: corrosion; steel; reinforced concrete; failure; structures.

I.INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

Con el transcurso del tiempo, el concreto armado ha sido y es el principal material de construcción para las estructuras convencionales. Sin embargo, se han visto edificaciones que empiezan a deteriorarse, esto podría estar asociado por la presencia de la corrosión en el refuerzo. En las zonas costeras de Colombia existen problemas que bajan la vida útil de estructuras elaboradas con concreto armado por consecuencia de las negativas condiciones ambientales en las que están expuestas, como la salinidad, variación de temperatura, entre otros, que facilitan el fenómeno de la corrosión. Es por ello que se debe tener en cuenta el fenómeno de la corrosión ya que expone a la sociedad y ocasiona grandes pérdidas económicas [1].

A nivel mundial, los terremotos han sido un problema frecuente. Estructuras que con el transcurso del tiempo han venido deteriorándose debido a los errores de diseño estructural o por construcciones defectuosas, principalmente estructuras de concreto reforzado han sido afectadas por la corrosión del refuerzo, reduciendo así la vida útil de dichas estructuras. Se realizaron estudios en columnas y vigas de CR expuestas a corrosión, lográndose determinar que mediante mayor corrosión presente la estructura mayor será la grieta, ocasionando el desprendimiento del hormigón y la ruptura de las barras de refuerzo. Concluyendo así que cuánto mayor deterioro tiene la estructura colapsará por el bajo desempeño estructural que produce la corrosión [2].

Las estructuras al estar expuestas a ambientes agresivos como el cloruro ocasionarán la corrosión del refuerzo, que por ende disminuirá su vida útil y pondrá en riesgo la seguridad de la sociedad. Al realizar un análisis experimental de fallas en 13 vigas corroídas determinó que el daño por cortante se dio debido al alto nivel de corrosión de los estribos. Asimismo, NACE International publicó una encuesta el cuál señaló que aproximadamente 2.5 billones de dólares estaría costando el mantenimiento de las estructuras dañadas por corrosión, por ello es de vital importancia concientizar a la sociedad para que realice medidas que reduzcan los riesgos de falla por corrosión [3].

Desde la antigüedad se ha buscado implementar un mejoramiento en los materiales de construcción, es por ello que se ha venido añadiendo elementos orgánicos e inorgánicos como parte de la construcción. El acero brinda y proporciona resistencia, seguridad y elegancia a las estructuras, sin embargo, conservarlos en su estado original resulta complicado por el problema de la Corrosión [4] “la corrosión en las estructuras de concreto reforzado se origina por un fallo en el proceso constructivo del cual genera la

filtración de oxígeno y agua dentro de la compactación del concreto” ocasionando la vulnerabilidad de la estructura que posteriormente generará grandes pérdidas económicas, inclusive de vidas. Por ello es importante mantener supervisados los procesos constructivos para que cumplan con las normas establecidas y se eviten posteriores fisuras que acabarían desplomándose, afectando así la funcionabilidad de la estructura.

El concreto y el acero de refuerzo son unos de los materiales que son más empleados en la amplia industria de la construcción, debido a que proporcionan resistencia a la compresión y tracción a la estructura. Sin embargo, la presencia de la corrosión en el acero específicamente en zonas costeras ocasiona que dichas estructuras se vean afectadas, siendo un problema crítico debido a los efectos patológicos que presentará la estructura. El fenómeno de la corrosión provocará una baja resistencia de los elementos estructurales, del mismo modo generará grandes costos de reparación de dicha estructura hasta inclusive la demolición de la misma. Finalmente, con todo lo dicho se puede demostrar que la corrosión es un problema que afecta económica y socialmente[5].

El concreto armado es uno de los principales que se emplea dentro de la industria de la construcción, acompañado del acero el cual en conjunto brindan durabilidad a las edificaciones. Sin embargo, La corrosión es el problema más frecuente que se presentan para las estructuras realizadas de concreto reforzado debido a que origina el deterioro de dichas infraestructuras; entonces cuando existe contacto entre agentes ambientales que ocasionen cambios perjudiciales para la capa pasiva se origina la corrosión, es decir que al estar expuestos a condiciones ambientales desfavorables generará así la disminución del tiempo estimado de durabilidad de dichas estructuras [6].

En Cusco, el concreto armado es el material que más se utiliza para el sector de la construcción; sin embargo, por el incremento de la población, surge la necesidad de construir viviendas, del cual por la topografía accidentada que presenta esta ciudad hace que se realicen malas prácticas en la construcción ya que el acero de refuerzo se encuentra expuesto a sus condiciones de clima y atmósfera, además, al momento de almacenar el acero que será utilizado en obra lo dejan que esté expuesto a la humedad, viniendo a ser factores predominantes para el surgimiento de la corrosión. Asimismo, el agua potable utilizado en el proceso constructivo para la mezcla de concreto en contacto con el acero también ocasionará corrosión [7].

Con el transcurso del tiempo ha surgido la necesidad de conocer y mitigar los daños causados en las construcciones. Los factores externos tales como la corrosión, temperatura y humedad son los que producen mayores fallas a las estructuras, tanto que

en algunas ocasiones causan daños irreparables. Logrando así el debilitamiento de las estructuras que están expuestas a estos factores, siendo Perú uno de los países que presenta el problema de la corrosión, debido a su geografía el cual en sus departamentos presenta variaciones de temperatura. Claro ejemplo es en los departamentos de Piura y Tumbes por la presencia del calor debido a sus playas, ya que mientras más cerca se encuentren ubicadas al mar, mayor serán las probabilidades de presentar corrosión [8].

A lo largo del tiempo, los profesionales en ingeniería se encuentran con problemas en las construcciones, del cual los propietarios de dichas estructuras recurren a ellos para que diagnostiquen el motivo de dicho problema y les brinden una solución. En el distrito de Pimentel se evidencia que instituciones educativas públicas presentan deterioros en sus estructuras, que con el pasar del tiempo podría ser riesgoso para los estudiantes que lo habitan y esto se debe a problemas por fisuras, corrosión y humedad. La corrosión se debe a que estas infraestructuras se encuentran cerca al mar, del cual el acero estará propenso a la salinidad y humedad, bajando así su resistencia y durabilidad de dichas estructuras [9].

El acero es un material indispensable para la construcción debido a que presenta propiedades como flexibilidad, durabilidad y resistencia a la tracción. Sin embargo, al estar expuestos al medio ambiente influirá diversos factores que ocasionará problemas de corrosión los cuales posteriormente se deberá hacer una reparación o demolición de dicha estructura. La corrosión ocasionará el colapso de la infraestructura, fallas y daños estructurales, provocando un riesgo a la sociedad y grandes costos económicos. Claro ejemplo es el colapso del puente Silver que se debió a la fatiga por corrosión, el cual ocasionó la muerte de 46 personas y grandes pérdidas económicas [10].

En la actualidad se puede ver que existen muchas construcciones elaboradas de concreto reforzado, de los cuales se esperó que tengan una ilimitada duración. Sin embargo, diversas investigaciones demuestran lo contrario, y es que existen diversos factores que provocan el deterioro de dichas infraestructuras. La principal falla que surge en el acero de refuerzo llega a ser la corrosión, lo cual influye en la durabilidad y funcionamiento de dichas estructuras, ocasionando el deterioro de la infraestructura debido a que la nitración se presenta en el interior del concreto, provocando así la pérdida de adherencia y el desprendimiento del material el cual al deteriorar la varilla producirá el colapso de dichas estructuras [11].

A nivel mundial, los problemas presentes en estructuras no son de relevancia importancia debido a que al realizar el proceso constructivo no se toma en cuenta el

reglamento y ejecutan la obra con conocimientos empíricos, los cuales con el transcurso del tiempo provocará que la estructura tenga un comportamiento irregular debido a diversos factores, principalmente por el problema de la corrosión. Los efectos más notorios son los daños en las edificaciones que presentan desgastes, aberturas o separación de los elementos constructivos, el cual afectará a su funcionabilidad y salubridad, siendo perjudicial para la estructura y por ende para los que habitan en ella [12].

El concreto armado es considerado un material de construcción importante para el desarrollo de un país, el cual brinda estabilidad y durabilidad a las estructuras. Sin embargo, al estar expuestos a un ambiente urbano con factores desfavorables como la humedad, cambios climáticos o agentes contaminantes afectará la calidad del hormigón ocasionando problemas por corrosión en la armadura, siendo así un gran problema debido a que al ocasionar pérdidas de electrones de los átomos proporcionará daños perjudiciales a las estructuras, lo cual trae consigo grandes pérdidas económicas y riesgos a la sociedad [13].

Alarcon y Delgado [8] mencionan que, la mezcla de concreto y acero reforzado forman el concreto armado, el cual es un material fundamental para la construcción de edificaciones debido a que brinda alta resistencia y esfuerzo mecánico a las estructuras. En muchos países utilizan el concreto armado, del cual se expondrá a diversos ambientes climáticos de acuerdo a la zona, lo que provocaría la existencia de factores que reduzcan la vida útil de estas estructuras. El factor negativo más conocido y recurrente es la corrosión, el cual es causada por la presencia de cloruros o sales, el incorrecto diseño de mezcla y el escaso mantenimiento, los cuales con el transcurso de los años origina fallas prematuras en el concreto armado, deterioro del material como el agrietamiento, recubrimientos mínimos para el acero que causara la perdida de las propiedades que originalmente presentaba.

La corrosión es el fenómeno que origina el desprendimiento del material de concreto en la construcción, siendo un problema crítico debido a que el acero forma parte de los materiales que más se utilizan para la construcción. En Perú usualmente se construye con concreto armado, del cual brinda resistencia a cargas de compresión, esfuerzos de tracción y corte. No obstante, existen estructuras que se encuentran expuestos a un ambiente agresivo, principalmente en la zona costera de nuestro país, ya que existen agentes agresivos como la niebla marina, sales disueltas y humedad lo que origina la corrosión, ocasionando así que la estructura se vuelva más vulnerable, afectando la resistencia mecánica de los elementos estructurales y reduciendo el tiempo de vida útil [9].

En Perú existen estructuras de concreto armado que presentan un alto grado de deterioro, el cual genera un gran costo para la reparación de dichas estructuras, aproximadamente 2.5 billones de dólares. Generando así una gran pérdida económica, es por ello que se debe evitar fallas en el proceso de construcción, además, se debe realizar un adecuado diseño. Según investigaciones realizadas en Perú, se determinó que la existencia de fisuras y la corrosión perjudica directamente a la vida útil y durabilidad de las estructuras. Por esta razón, en Lima realizan el seguimiento periódico anual de las estructuras del Centro Comercial Mall Plaza [10].

Existen problemas en las estructuras debido a que están expuestas a condiciones ambientales agresivas, viéndose afectada en cuanto a la durabilidad y el tiempo de vida útil que debería tener. El principal problema que debilita a la estructura es la exposición del acero de refuerzo con la corrosión, provocando la pérdida de las propiedades mecánicas de los elementos estructurales por consiguiente provocará la disminución en cuanto a la capacidad portante de las secciones. Como consecuencia, se perjudicará a las estructuras, específicamente en las zonas costeras o industriales por la presencia de la salinidad de los mares. Un estudio realizado por Berto et al. [11] en dos edificios tomando en cuenta los códigos sísmicos demuestran que la corrosión disminuye el desempeño mecánico-ambiental del concreto y la ductilidad del acero en las estructuras.

1.2. Formulación del problema

En ese contexto, ante edificaciones elaboradas con concreto reforzado afectadas por la corrosión. Se cuestiona en general: ¿Qué efectos genera la corrosión para las estructuras formadas con concreto reforzado?

1.3. Hipótesis

La corrosión provoca grandes costos económicos en el mantenimiento de estructuras corroídas, el colapso de dichas estructuras, y estar más propensa a grandes daños por sismos.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Evaluar los efectos de la corrosión con las estructuras hechas de concreto reforzado.

Objetivos específicos

- Evaluar la extensión del daño en las estructuras de concreto reforzado corroídas.
- Identificar las fundamentales manifestaciones que se ocasionan debido a la

corrosión en el acero de refuerzo.

1.5. Teorías relacionadas al tema

Corrosión del acero de refuerzo

La corrosión se produce debido a la reacción electroquímica que se origina en el acero de refuerzo, el cual afecta sus propiedades. Cuando se produce la corrosión, da paso a que se genere la pérdida de electrones y con ello la formación de iones positivos que causan una pérdida de masa [14].

Factores que afectan el acero de refuerzo

En el acero de refuerzo la corrosión es provocada por la presencia de agentes externos, tales como, cloruros sales, lluvias, la industria, el agua e inclusive las emisiones que provienen del tráfico vehicular. Principalmente, se puede decir que la corrosión aumenta por el clima y ambiente actual al que el planeta está expuesto.

El agua es un factor que afecta a la corrosión del acero de refuerzo debido a que origina procesos electroquímicos, es decir, mediante este proceso la corrosión va a depender de la fuerza que proporciona la potencia necesaria para culminar con el circuito eléctrico durante el fenómeno de la corrosión.

La lluvia ácida es un factor que afecta a la corrosión del acero de refuerzo, de tal modo que acelera su proceso [14].

Concreto reforzado

El concreto y a la vez el acero llega a ser materiales que tienen un comportamiento dúctil en comparación a sus demás elementos [15].

Se compone de materiales tales como: cemento, agua, agregados (fino y grueso) y acero.

Cemento

Es un polvo con apariencia gris verdusca, resultado de la mezcla de silicato tricálcico, dicálcico, aluminato tricálcico, ferroaluminato tetra cálcico, yeso y caliza.

Agregados

Proviene de la mezcla de arena y grava, los cuales se forman por fuerzas geológicas y presentan propiedades físicas, químicas y mecánicas.

Agua

Es fundamental para el diseño de mezcla y tiene relación con el cemento.

Acero

Considerado el material que más se emplea para el sector de la creación de construcciones, el cual comprende la combinación de hierro y carbono [14].

Ensayos de laboratorio

Son importantes realizarlos debido a que con ello se obtienen resultados que permiten conocer la calidad del agregado y por ende, realizar un correcto diseño de mezcla. Se recomienda realizar los ensayos tales como: Análisis granulométrico de los agregados, gravedad específica y absorción de cada agregado, contenido de aire, peso unitario del agregado, módulo de elasticidad, etc. [15].

Trabajos Previos

En EE. UU, en su artículo científico “Aprendizaje automático para la predicción de la evaluación del comportamiento de estructuras de hormigón armado existentes frente a terremotos”. El artículo tiene como objetivo predecir el comportamiento de los edificios existentes frente a terremotos e identificar los factores de riesgo significativos, haciendo uso de técnicas de aprendizaje automático. Se pudo determinar que las edificaciones se deterioran debido a errores cometidos en el diseño estructural y los problemas que proporciona la corrosión. Finalmente se puede concluir que para evitar costos y desastres ocasionados por el colapso de las estructuras se debe concientizar a los usuarios para que tomen decisiones de prevención ante desastres y se reduzca la gravedad de los mismos frente a sismos [12].

En China, en su artículo “Modelado del comportamiento cíclico de muros achaparrados de hormigón armado expuestos a deposición ácida”. El artículo tiene como objetivo establecer un método de simulación confiable para muros estructurales de hormigón armado corroídos debido al efecto del ataque ácido. Se hizo empleo de estudios experimentales y analíticos con la finalidad de desarrollar un modelo razonable que evidencie el comportamiento no lineal de las paredes de concreto reforzado. Los resultados determinan que cuando las paredes de concreto reforzado corroídas llegan a su capacidad máxima, su capacidad de carga disminuye notoriamente y que el modelado propuesto no es lo suficientemente capaz de simular el proceso de falla. Se pudo concluir que el comportamiento que presenta la estructuras de las edificaciones de concreto reforzado depende del nivel sísmico y de los efectos negativos que ocasionan los factores ambientales como la corrosión [13].

En la Ciudad Ho Chi Minh, en su artículo “Evaluación de la resistencia a la flexión residual de vigas de hormigón armado corroídas utilizando redes neuronales convolucionales de una memoria tanto a corto y a la vez largo plazo”. El artículo tiene como objetivo estimar la velocidad de la corrosión en las barras de refuerzo de acero para las estructuras de concreto reforzado, se utilizó encuestas y pruebas de flexión destructivas. Los resultados obtenidos determinan que el modelo CLNN proporciona estabilidad en cuanto a la determinación del diámetro de la barra de acero longitudinal presentes en las vigas corroídas de concreto armado. Se logró concluir que la velocidad de la corrosión varía de 1 a 3 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ y que la resistencia a flexión disminuye la vida útil de edificios de concreto reforzado debido a la presencia de la corrosión [16].

En China, en su artículo “Análisis de fragilidad sísmica de túneles de protección en servicio teniendo en cuenta la construcción de superficies y la corrosión de pernos de juntas”. La investigación tiene como objetivo principal evaluar la fragilidad sísmica de los túneles de protección, se utilizó el programa de elementos finitos, el cual permite realizar simulaciones de temas de ingeniería frente a terremotos. Los resultados obtenidos determinan que existen daños en las estructuras porque hay presencia de fisuras de tracción originados por la corrosión de los pernos de juntas. Finalmente se logró concluir que mediante el uso de curvas de fragilidad se puede evaluar los efectos de la corrosión de los pernos permitiendo determinar el comportamiento sísmico de la estructura del túnel [17].

En Corea, en su artículo “Evaluación del desempeño sísmico de daños por corrosión Columnas de Concreto Armado controladas por Cortante basado en Experimento y FEA”. La presente investigación llega a tener como objetivo central el plantear un método práctico que permita evaluar el desempeño sísmico de los elementos estructurales frente a los daños por corrosión. Se hizo empleo del programa CANIN el cual permite analizar la corrosión. Los resultados obtenidos determinaron que la tasa de corrosión se acelera frente a especímenes expuestos a la corrosión. Por último, se logró concluir que resulta difícil estimar el grado de efecto de la corrosión de estructuras frente a la presencia de sismos debido a que en su mayoría no se toma en cuenta la influencia de la corrosión del acero [18].

En China, en su artículo “Modelado de perfiles de concentración de cloruros en concreto por la consideración de los factores de material de concreto bajo ambiente de mareas marinas. El artículo tiene como objetivo cuantificar la influencia de los factores integrales del material del concreto. Se hizo empleo de ensayos experimentales mediante

el uso de muestras de concreto en probetas. Los resultados obtenidos determinaron que cuanto mayor tiempo esté expuesta la relación agua/cemento, mayor será la concentración de cloruro. Finalmente se logró concluir que se puede determinar los factores influyentes en el material mediante la prueba de simulación numérica mesoscópica [19].

En Ningbo, en su artículo “Estudio comparativo del comportamiento mecánico a la tracción de barras de PRFV bajo y después de exposición a altas temperaturas”. El artículo tiene como objetivo analizar el rendimiento de tracción residual de las barras hechas a base de polímero fortalecido con fibras del material de vidrio, es por ello que se empleó barras de PRFV envueltas helicoidalmente para realizar el experimento. Los resultados obtenidos muestran que las barras de PRFV se rompen cuando están expuestas a altas temperaturas. Finalmente se concluye que el uso de barras hechas de polímero reforzado con la fibra es una alternativa para reemplazar al acero convencional debido a que le brinda alta resistencia a las estructuras expuestas a corrosión [20].

En Francia, en su artículo “Análisis probabilístico de fallas, evaluación del desempeño y análisis de sensibilidad de estructuras de concreto reforzado corroídas”. La investigación tiene como objetivo proponer un marco numérico probabilístico para estimar el desempeño estructural de estructuras elaboradas con concreto reforzado, es por ello que se hizo empleo de métodos analíticos y de elementos finitos. Los resultados obtenidos determinan que la unión de la carga de la viga y la deflexión aumenta cuando el grado de corrosión es alto. Finalmente se logró concluir que el método propuesto es de gran utilidad ya que nos brinda datos exactos para medir el rendimiento de estructuras de concreto reforzado y analizar las fallas que ocasiona la corrosión a las estructuras [21].

En Mexico, en su artículo “Evaluación numérica del comportamiento sísmico de edificios existentes de hormigón armado con barras corrugadas lisas corroídas”. La investigación tiene como objetivo investigar la capacidad última de los componentes de concreto reforzado en estructuras con acero corroído, se hizo empleo de pruebas experimentales que permitan corroborar el enfoque numérico propuesto. Los resultados obtenidos determinaron que cuando las estructuras de CR están en contacto con la corrosión, el aumento de frecuencias naturales va aumentar provocando la pérdida de masa de los elementos estructurales. Finalmente se concluyó que en la actualidad la población tiene en cuenta los efectos que trae la corrosión a las estructuras y se concientiza en realizar investigaciones y análisis que permitan determinar el desempeño de estructuras de concreto reforzado corroídas [22].

En China, en su artículo “Evaluación del rendimiento del segmento CR parcialmente dañado por corrosión que incorpora la variabilidad espacial de la corrosión del acero”. La investigación tiene como objetivo proponer un modelo probabilístico que simule la variabilidad espacial de la corrosión del acero, para ello se realizó un ensayo que permita determinar el comportamiento a flexión y compresión de probetas con acero de refuerzo corroído. Los resultados obtenidos determinaron que la resistencia a flexión de estructuras de concreto reforzado se ve alterada debido a la presencia del fenómeno de corrosión en el acero de refuerzo. Finalmente se logró concluir que al aplicar la carga de tracción se expone a que ingresen los iones de cloruro en el concreto, el cual ocasionará la pérdida en la capacidad de la carga que puede resistir la estructura corroída [23].

En China, en su artículo “Límites de deformación de columnas de hormigón armado corroídas”. La investigación tiene como objetivo proponer criterios de clasificación que se centren específicamente en la deformación que provoca la corrosión al material, se hizo empleo del software Abaqus que permitió evaluar el rendimiento de las columnas de concreto reforzado corroídas. Los resultados obtenidos demuestran que mientras más relación tenga la corrosión con el acero de las columnas de concreto reforzado, mayor será la pérdida de sus propiedades mecánicas. Finalmente se logró concluir que el rendimiento de las columnas corroídas se verá perjudicado debido a la falta de adherencia y a la presencia de fisuras en la estructura [24].

En Suecia, en su artículo “Evaluación numérica de las relaciones adherencia-deslizamiento para barras de refuerzo simples corroídas naturalmente en vigas de concreto”. La investigación tiene como objetivo evaluar la conducta estructural de estructuras elaboradas de concreto reforzado corroídas, por ello se hizo empleo de estudios de elementos finitos no lineales. Los resultados obtenidos determinaron que existe una buena relación entre dichos análisis con las pruebas experimentales logrando proporcionar información acerca del comportamiento estructural de las vigas de concreto reforzado corroídas. Finalmente, se logró concluir que la corrosión origina la pérdida de adherencia en cuanto a la fluencia en el concreto, ocasionando agrietamientos en las vigas de concreto corroídas [25].

En Florencia, en su artículo “Protocolo DEMSA: Modelado del efecto de deterioro para evaluación estructural de CR”. La investigación tiene como objetivo diseñar la opción más sostenible para la rehabilitación de edificios corroídos, es por ello que hace uso del protocolo DEMSA para la recopilación de los datos. Los resultados que han sido obtenidos muestran que mediante este protocolo se puede obtener la información necesaria para

mitigar la corrosión y proponer un diseño que permita mejorar las condiciones de dichas estructuras. Finalmente se llegó a la conclusión que el protocolo DEMSA permite al usuario obtener información acerca de si la estructura presenta daños por corrosión y que efectos posibles se estiman [26].

En Corea, en su artículo “Rendimiento estructural degradación de daños por corrosión de vigas de hormigón armado basadas en análisis de elementos finitos”. La investigación tiene como objetivo proponer una metodología sencilla que permita evaluar el desempeño de los edificios frente a sismos, es por ello que se utiliza un estudio de análisis de elementos finitos. La resultante obtenida demostraron que el análisis para los elementos finitos permitió conocer el desempeño estructural frente a las vigas corroídas. Finalmente se logró concluir que mediante el FEA se pudo determinar el impacto de la adherencia que tienen las estructuras al estar en contacto con la corrosión [27].

En Italia, en su artículo “Hacia la definición de parámetros de daño equivalentes para la evaluación de estructuras de CR corroídas”. La investigación tiene como objetivo incluir la corrosión en la evaluación de las estructuras de concreto reforzado, el cual utiliza el protocolo DEMSA para descifrar los efectos de la corrosión. Los resultados obtenidos determinaron que no se puede conocer con exactitud los ataques de corrosión es por ello que se propone un método simplificado. Finalmente se concluye que para poder determinar los efectos que produce la corrosión a las estructuras elaboradas de concreto reforzado se deben realizar muchos estudios, incluso más de los que se propuso en este artículo [28].

En Ecuador, en su artículo “Efecto de las cargas y la corrosión en la estructura de puentes de concreto reforzado”. La investigación tiene como principal objetivo narrar los efectos de la corrosión y las cargas actuantes sobre los puentes, es por ello que se hace uso de la revisión de documentos. Los resultados obtenidos muestran que la corrosión en el acero que es de refuerzo para las estructuras daña el comportamiento mecánico de la infraestructura. Finalmente se logró concluir que, para evitar mayores daños en los elementos estructurales, causados por la corrosión, se debe considerar a la corrosión en los diagramas de momento que se realiza en el diseño de la estructura [29].

En Italia, en su artículo “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de pilas de puentes de hormigón armado con barras corroídas”. La investigación tiene como objetivo describir el comportamiento sísmico de los elementos de concreto reforzado corroídos basándose en la formulación de una bisagra de fibra, es por ello que se emplea pruebas de pacómetro

y un mapa cromático. Los resultados obtenidos permitieron determinar el grado de corrosión real de las barras de acero involucradas en el experimento, el cual baja las propiedades de resistencia de dichas barras. Finalmente se logró concluir que el modelo propuesto permite evaluar la vulnerabilidad de las estructuras de concreto reforzado cuando están a condiciones ambientales agresivas [30].

En Suiza, en su artículo “Comportamiento carga-deformación de segmentos de muros de contención de hormigón armado localmente corroídos: resultados experimentales”. La investigación llega a tener como objetivo central el evaluar el comportamiento de muros de contención expuestos a la corrosión, es por ello que se realizan ocho experimentos. Los resultados obtenidos determinaron que la carga y deformación dependen de la corrosión, es por ello que mientras más corroída se encuentre la estructura, mayor daño y deformación presentará la estructura. Finalmente se logró concluir que la seguridad estructural se ve afectada cuando los muros de contención estén expuestos a la corrosión [31].

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Tipo y enfoque de la investigación: Este proyecto se clasifica como una investigación básica, caracterizada por ser no experimental y con un enfoque cualitativo. Para verificar la hipótesis, se han consultado diversas fuentes de autores internacionales, nacionales y locales. La metodología utilizada es cualitativa, ya que la confirmación de la hipótesis se basa en las opiniones y experiencias de los investigadores.

La presente revisión se efectuó empleando 35 artículos que encontramos de Scopus y de Google académico, del cual se encontró 4 artículos que se encontraron en el 2020, 7 artículos en el 2021, 15 artículos en el 2022, 6 artículos en el 2023 y 3 artículos en el 2024. Para la encontrar los artículos se llegaron a usar las palabras claves: concreto; corrosión; acero; efectos; concrete; corrosión; steel; effects. Se escogieron los artículos relacionados a estudios de concreto reforzado y se descartaron los artículos relacionados a estudios de concreto asfáltico. Para una mejor comprensión, se presenta a detalle en la tabla 1 en el cual se distribuyen a los artículos según la base de datos y el año de publicación.

Tabla 1: Artículos distribuidos según la base de datos y año de publicación

Base de datos	Año de publicación					Total
	2020	2021	2022	2023	2024	
Scopus	1	3	2	1	3	10
Google académico	3	4	13	5	0	25
Total	4	7	15	6	3	35

III. RESULTADOS

Se realizaron diversos estudios para explicar acerca del fenómeno de la oxidación, y sus daños que producen con el transcurso del tiempo. Para ello se utilizaron muestras de las barras, las cuales se encontraban oxidadas y 4 barras corrugadas que no presentaban corrosión, con la finalidad de analizar mediante el ensayo de tracción qué efectos tienen ambas en el comportamiento de las estructuras [14].

Las resultantes de la Tabla 2 nos muestran que las varillas C y D son las que cumplen con el parámetro del porcentaje mínimo de elongación uniforme (9%).

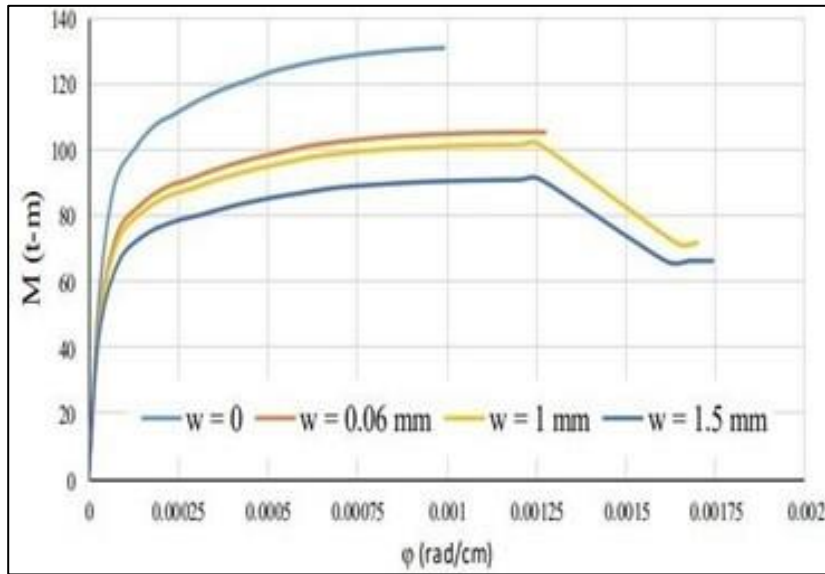
Tabla 2: Resultados en el ensayo de tracción de varillas alteradas por corrosión

	A	B	C	D	E	F
Tiempo en la intemperie (años)	> 5	> 5	> 5	2	3	3
Ø mm	8	9	11,5	12	9	9
L0 cm	24	40,3	39,8	31,1	30,4	30,1
Lf cm	24,7	41,1	43,8	35	31,8	31,7
% elongación	2,92%	1,99%	10,05%	12,54%	4,61%	5,32%
Límite de fluencia Mpa	216,85	330,09	398,58	367,83	253,08	438,56
Límite de fluencia kg/cm ²	2211,25	3366,1	4064,4	3750,8	2580,7	4472,01
Carga máx. kN	10,9	24,1	71,1	59,8	20,1	32,8

Por ende, podemos observar que dichas muestras no estarían tomando en cuenta la normativa de las construcciones, debido a que se establece que tanto vigas y columnas solo pueden tener una cobertura > a 30 veces el diámetro del acero de refuerzo. Del cual, como podemos observar en la Tabla 2, no se estaría cumpliendo, por lo tanto, presentan corrosión, generando así la pérdida de las propiedades del acero.

En la investigación realizada por Estupiñan y Caballero [32] se hizo un estudio a una varilla que contiene 100 mm de corrosión, y un f'c de 250 kg/cm². Del cual se obtuvo la Figura 1.

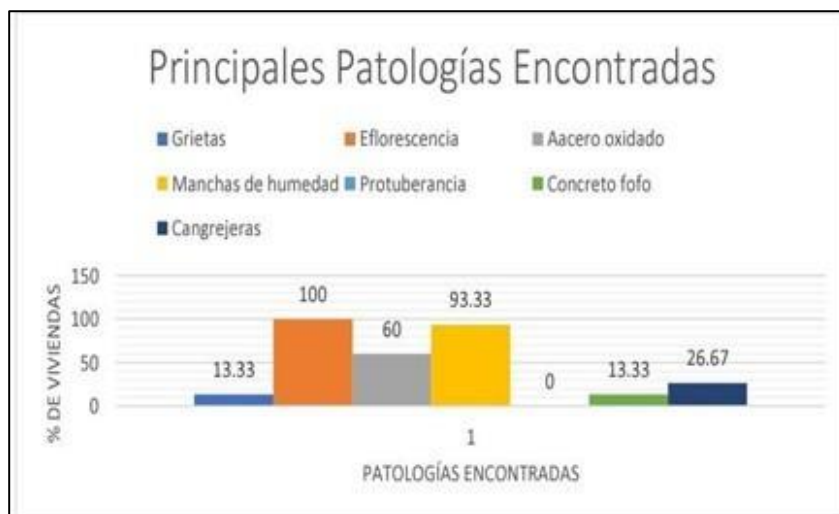
Figura 1: Diagrama momento curvatura de una sección rectangular bien con daños por corrosión estimados mediante el ancho de grieta.



Se observó que, el diagrama de momento de curvatura se encuentra afectado por el fenómeno de la corrosión. Asimismo, podemos visualizar que cuando aparece la primera grieta el momento de curvatura empieza a disminuir más y mientras más es el ancho de grieta mayor será la curvatura última y el daño en la estructura.

Un estudio realizado determina que las principales patologías encontradas en las viviendas de concreto armado por efecto de la corrosión al 150% de viviendas son: 13.33 % de grietas, 100% de eflorescencia, 13.33 % de concreto fofo, 26.67% de cangrejeras, 0% de protuberancia, 93.3% de manchas de humedad y el 60% de acero oxidado. Logrando ver que la eflorescencia es la patología que más se encuentra en las viviendas corroídas [33].

Figura 2: Principales Patologías encontradas



IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusiones

Según los datos obtenidos dichas muestras no estarían tomando en cuenta la normativa de las construcciones, debido a que se establece que tanto vigas y columnas solo pueden tener una cobertura $>$ a 30 veces el diámetro del acero de refuerzo. Por lo tanto, presentan corrosión, generando así con el transcurso del tiempo la pérdida de las propiedades del acero e inclusive el colapso de las estructuras [5].

Conuerdo con lo mencionado por Cosgun [12], quien corrobora que las edificaciones se deterioran debido a errores cometidos en el diseño estructural y los problemas que proporciona la corrosión. Asimismo, presenta similitud con lo expresado por Yaipen [15] quien afirma que en el concreto reforzado, la corrosión genera que la sección geométrica de las varillas se reduzca, ocasionando la pérdida de los elementos estructurales. Asimismo, señalan que la corrosión genera la pérdida de las propiedades de la varilla.

Según Estupiñan [32] de acuerdo a las resultantes obtenidas en la investigación podemos entonces resaltar que, los efectos generados por el fenómeno de la corrosión se manifiestan con presencia de fisuras y grietas que posteriormente generan el desgaste de las estructuras hechas de concreto que esta reforzado, y ocasionan pérdidas económicas en cuanto a gastos por mantenimiento e inclusive ponen en riesgo la seguridad de muchas personas debido a que cuánto mayor deterioro tiene la estructura colapsará por el bajo desempeño estructural que produce la corrosión.

Determinar el nivel de daño de las estructuras de concreto reforzado corroídas

Según las resultantes obtenidas en [15] se determinó que el diagrama de momento de curvatura se encuentra afectado por el fenómeno de la corrosión. Asimismo, se pudo visualizar que cuando aparece la primera grieta el momento de curvatura empieza a disminuir más y mientras más es el ancho de grieta mayor será la curvatura última y el daño en la estructura.

Conuerdo con lo mencionado en [29] quienes corroboran que, la oxidación del acero para refuerzo para las estructuras daña el comportamiento mecánico de la infraestructura.

Asimismo, guarda relación con Chuquilin y Galarreta [5] quienes afirman que, en el acero de refuerzo la corrosión es provocada por la presencia de agentes externos, tales como, cloruros sales, lluvias, la industria, el agua e inclusive las emisiones que provienen del tráfico vehicular. Y principalmente el daño por corrosión aumentará debido al clima y ambiente actual al que el planeta está expuesto.

Según el estudio de acuerdo a las resultantes obtenidas para la investigación podemos entonces resaltar que, para evitar mayores daños en los elementos estructurales, causados por la corrosión, se debe considerar a la corrosión en los diagramas de momento que se realiza en el diseño de la estructura debido a que las estructuras están expuestas a diversos factores que ocasionan la corrosión.

Identificar las fundamentales manifestaciones que se ocasionan por la corrosión del acero de refuerzo.

Según las resultantes obtenidas por Vera [33] se determinó que las principales patologías encontradas en las viviendas de concreto armado por efecto de la corrosión al 150% de viviendas son: 13.33 % de grietas, 100% de eflorescencia, 13.33 % de concreto fofo, 26.67% de cangrejeras, 0% de protuberancia, 93.33% de marcas de humedad y un 60% de acero que esta corroído. Logrando ver que la eflorescencia es la patología que más se encuentra en las viviendas corroídas.

Coincido con lo mencionado por Di Sarno y Pugliese [22] quienes corroboran que, cuando las estructuras de concreto reforzado están en contacto con la corrosión, el aumento de las frecuencias naturales va incrementar provocando la pérdida de masa de los elementos estructurales.

Del mismo modo, guarda relación con Chiriboga et al. [14] quienes afirman que la corrosión se produce debido a la reacción electroquímica que se origina en el acero de refuerzo, el cual afecta sus propiedades. Cuando se produce la corrosión, da paso a que se genere la pérdida de electrones y con ello la formación de iones positivos que causan una pérdida de masa.

Según el estudio de acuerdo a las resultantes obtenidas en la investigación podemos entonces señalar que, el rendimiento de las estructuras con columnas corroídas se verá perjudicado debido a la falta de adherencia y a la presencia de fisuras en la estructura.

4.2 Conclusiones

- Finalmente se concluye que, el fenómeno de la corrosión provoca pérdida de masa de los elementos estructurales, grandes costos para el mantenimiento de estructuras corroídas, desastres debido al colapso de las estructuras, estructuras vulnerables, pérdida de resistencia de las propiedades mecánicas del acero, presencia de fisuras en la estructura y disminución de la capacidad portante de las secciones.
- Asimismo, se determinó que el nivel de daño de las estructuras de concreto reforzado alteradas por la corrosión es crítico debido a que los factores externos dañan a los elementos estructurales generando en algunas ocasiones daños irreparables.
- Del mismo modo, se identificó que las fundamentales manifestaciones que se ocasionaron por la corrosión del acero de refuerzo son: presencia de grietas en las estructuras, eflorescencia, cangrejas y acero oxidado que posteriormente acabarían con el desplome de las estructuras o afectando su funcionalidad.

V. REFERENCIAS

- [1] F. M. Ospino Ospino y J. M. Martínez Gamero, «Análisis de los efectos de la corrosión en el comportamiento estructural para una edificación apoticada convencional de concreto reforzado en Colombia [Tesis de pregrado],» Repositorio Institucional, 2021.
- [2] Y.-S. Kim, B.-G. Lee, J.-S. Jung y K.-S. Lee, «Seismic Performance Evaluation of Corrosion-Damaged Reinforced Concrete Columns Controlled by Shear Based on Experiment and FEA,» *materials*, vol. 15, nº 18, p. 6361, 2022.
- [3] H. Guo, Y. Dong, E. Bastidas Arteaga y L. G. Xiang, «Probabilistic failure analysis, performance assessment, and sensitivity analysis of corroded reinforced concrete structures,» *Engineering Failure Analysis*, vol. 124, p. 105328, 2021.
- [4] E. Morales Urriburu, «Estado de conservación del acero para evitar la expansión del concreto armado de una edificación, centro vacacional Huampani Lima 2020 [Tesis de pregrado],» Repositorio Institucional, 2020.
- [5] T. C. Chuquilin Zamora y C. F. Galarreta Arroyo, «Guía para la caracterización de la corrosión del acero como consecuencia de las patologías en el concreto armado, Cajamarca 2021 [Tesis de pregrado],» Repositorio institucional, 2022.
- [6] L. F. Ayala Bolaños y B. K. Camacho Ruiz, «Evaluación de viviendas de concreto armado en el asentamiento humano Primavera, distrito La Esperanza – Provincia Trujillo - La Libertad – 2022 [Tesis de pregrado],» Repositorio Institucional, Trujillo, 2023.
- [7] A. S. Cedeño de Sánchez, C. Hernández, F. Ortiz de Vergara y J. A. Villar, «Acción del microambiente sobre el concreto reforzado,» *Prisma Tecnológico*, vol. 13, nº 1, pp. 10-16, 2022.
- [8] S. G. Alarcon Ramirez y L. E. Delgado Pereyra, «Propuesta de utilización de barras de Polímeros Reforzados con Fibras de Vidrio (PRFV), mediante la técnica Inhibir-Reparar-Fortalecer (IRF) para rehabilitación estructural en vigas y losas de concreto armado con refuerzo corroído [Tesis de pregrado],» Repositorio Institucional, 2024.
- [9] C. Y. Pichardo Neyra y W. Tovar Párraga, «Estudio comparativo estructural de una sección circular de concreto armado con barras de fibra de vidrio (GFRP) en lugar de barras de acero expuesto a la corrosión por cloruros en la costa peruana [Tesis de pregrado],» Repositorio Institucional, 2024.
- [10] G. M. Pajuelo Bedon, «Estudio del modelo semiprobabilístico para la estimación de la vida útil residual en estructuras de plantas industriales en concreto armado con problemas de corrosión [Tesis de pregrado],» Repositorio Institucional, 2021.
- [11] L. Berto, S. Caprili, A. Saetta, W. Salvatore y D. Talledo, «Corrosion effects on the seismic response of existing rc frames designed according to different building codes,» *Engineering Structures*, vol. 216, p. 110397, 2020.
- [12] C. Cumhur, «Machine learning for the prediction of evaluation of existing reinforced concrete structures performance against earthquakes,» *Structures*, vol. 50, pp. 1994-2003, 2023.
- [13] Y. Zhou, L. Chen y L. Long, «Modeling cyclic behavior of squat reinforced concrete walls exposed to acid deposition,» *Journal of Building Engineering*, vol. 63, p. 105432, 2023.
- [14] C. Chiriboga Chiriboga, J. Maldonado Noboa y B. Chiriboga Zuñiga, «Influencia de la corrosión en varillas de acero de refuerzo, y sus efectos en la resistencia estructural de edificaciones.,» *MQRInvestigar*, vol. 6, nº 4, p. 396-419, 2022.
- [15] R. A. Yaipen Trelles, «Factores que influyen en la determinación del módulo de elasticidad del concreto 2021 [Tesis de pregrado],» Repositorio Institucional, 2022.
- [16] T. Nguyen, T. Truong, T. Nguyen Thoi, L. Hong Bui y T. Hung Nguyen, «Evaluation of residual flexural strength of corroded reinforced concrete beams using convolutional long short-term memory neural networks,» *Structures*, vol. 46, pp. 899-912, 2022.
- [17] H. Liu, K. Song, Z. Ye, C. Wang y H. Liu, «Seismic fragility analysis of in-service shield tunnels considering surface building and joint-bolt corrosion,» *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 162, p. 107455, 2022.
- [18] Y.-S. Kim, B.-G. Lee, J.-S. Jung y K.-S. Lee, «Seismic Performance Evaluation of Corrosion-Damaged Reinforced Concrete Columns Controlled by Shear Based on Experiment and FEA,» *Materials*, vol. 15, nº 18, p. 6361, 2022.
- [19] X. Ju, L. Wu, M. Liu, H. Jiang y W. Zhang, «Modelling of Chloride Concentration Profiles in Concrete by the Consideration of Concrete Material Factors under Marine Tidal Environment,» *Journal of Marine Science and*

Engineering, vol. 10, nº 7, p. 917, 2022.

- [20] C. Zhou, J. Pan, Z. Zhang y Y. Zhu, «Comparative study on the tensile mechanical behavior of GFRP bars under and after high temperature exposure,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 16, p. e00905, 2022.
- [21] H. Guo, Y. Dong, E. Bastidas Arteaga y X.-L. Gu, «Probabilistic failure analysis, performance assessment, and sensitivity analysis of corroded reinforced concrete structures,» *Engineering Failure Analysis*, vol. 124, p. 105328, 2021.
- [22] L. Di Sarno y F. Pugliese, «Numerical evaluation of the seismic performance of existing reinforced concrete buildings with corroded smooth rebars,» *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 18, p. 4227–4273, 2020.
- [23] Z. He, C. He, G. Ma, W. Yang y X. Kang, «Performance assessment of partially corrosion-damaged RC segment incorporating the spatial variability of steel corrosion,» *Construction and Building Materials*, vol. 371, p. 130789, 2023.
- [24] X. Liu, T. Zhong, H. Jiang, Y. Liu y G. Zixiong, «Deformation limits of corroded reinforced concrete columns,» *Structures*, vol. 49, pp. 903-917, 2023.
- [25] X. Yu, S. Robuschi, I. Fernandez y K. Lundgren, «Numerical assessment of bond-slip relationships for naturally corroded plain reinforcement bars in concrete beams,» *Engineering Structures*, vol. 239, p. 112309, 2021.
- [26] E. Casprini, C. Passoni, A. Marini y G. Bartoli, «DEMSA Protocol: Deterioration Effect Modelling for Structural Assessment of RC Buildings,» *Buildings*, vol. 12, nº 5, p. 574, 2022.
- [27] J.-S. Jung, J.-W. Jeong y K.-S. Lee, «Structural Performance Degradation of Corrosion-Damaged Reinforced Concrete Beams Based on Finite Element Analysis,» *Applied Sciences*, vol. 12, nº 4, p. 2090, 2022.
- [28] E. Casprini, C. Passoni, A. Marini y G. Bartoli, «Toward the definition of equivalent damage parameters for the assessment of corroded RC structures,» *Structural Concrete*, vol. 24, 2022.
- [29] T. M. Solís Santamaría y S. M. Amaya Sandoval, «Efecto de las cargas y la corrosión en la estructura de puentes de concreto reforzado,» *E-IDEA*, vol. 4, nº 9, 2022.
- [30] D. De Domenico, D. Messina y A. Recupero, «Seismic vulnerability assessment of reinforced concrete bridge piers with corroded bars,» *Structural Concrete*, vol. 24, 2023.
- [31] S. Haefliger y W. Kaufmann, «Load-deformation behavior of locally corroded reinforced concrete retaining wall segments: Experimental results,» *Structural Concrete*, vol. 24, pp. 288-317, 2022.
- [32] D. F. Jaimes Estupiñán y J. J. García Caballero, «Importancia del concreto en el campo de la construcción,» *Formación Estratégica*, vol. 2, nº 1, pp. 1-13, 2020.
- [33] R. A. Villao Vera, «Actualidad de las técnicas de análisis de corrosión en estructuras de concreto reforzado,» *E-IDEA Journal of Engineering Science*, vol. 3, nº 8, pp. 1-10, 2021.
- [34] D. M. Benítez Álvarez, «ANÁLISIS DE SOBRESFUERZOS EN COLAPSO DE EDIFICACIONES DE CONCRETO REFORZADO [Tesis de pregrado],» Repositorio Institucional, 2021.
- [35] J. S. Alor Suarez y J. C. Alfaro Paredes, «Mejoramiento a la compresión, flexión y tracción del concreto con agregado grueso reciclado, fino natural y virutas de acero para el uso de viviendas en Lima Metropolitana [Tesis de pregrado],» Repositorio Institucional, 2024.

VI. ANEXOS





Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, somos estudiantes del Programa de Estudios de **Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

“EFECTOS DE LA CORROSIÓN EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL PARA EDIFICACIONES DE CONCRETO REFORZADO”

El texto de nuestro trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informamos que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Saldaña Meza Jhadira Judith	DNI: 75614168	
Tello Coronel Jhon Kelvin	DNI: 72179549	

Pimentel, 23 de agosto del 2024.

PAPER NAME AUTHOR
**SALDAÑA_MEZA_JHADIRA_JUDITH-TEL
LO_CORONEL_JHON_KELVIN-_TRABAJO
_DE_INVESTIGACION.docx** -

WORD COUNT CHARACTER COUNT
6106 Words **32999 Characters**

PAGE COUNT FILE SIZE
29 Pages **39.3KB**

SUBMISSION DATE REPORT DATE
Aug 25, 2024 2:40 PM GMT-5 **Aug 25, 2024 2:41 PM GMT-5**

● **6% Overall Similarity**

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 4% Internet database
- 0% Publications database
- 5% Submitted Works database