



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Efectos de la aplicación adicionando fibra de vidrio y silicona en elementos estructurales de viviendas para evitar la corrosión del acero Magdalena del Mar - 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Molina Pecho, Marco Antonio (ORCID: 0000-0002-1432-0676)

ASESOR:

Mag. Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-523X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico Estructural

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA:

Este trabajo de investigación, está dedicado a mi familia y en especial a mis segundos padres Elsa y Jorge que con su amor me enseñaron que se puede seguir adelante en la vida.

MARPEC

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme sabiduría, paciencia y perseverancia para poder realizar este trabajo y así poder alcanzar mí meta.

A mi madre y hermana, que con su amor y apoyo incondicional siempre he podido salir adelante de las dificultades que se presentaron en el camino.

A mi Gordilla, que con su amor y fuerza hemos podido salir adelante en este largo camino universitario.

A mis asesores el Mg. Carlos Minaya y el Dr. Felimon Córdova, que en todo momento me dieron el apoyo, a lo largo de este año del desarrollo de la investigación.

A la Universidad César Vallejo y Maestros, por compartir en sus aulas sus conocimientos y experiencias para que pudiera seguir creciendo y aprendiendo de esta manera han contribuido en la formación de mi vida profesional.

MARPEC

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	21
3.1 Tipo Y Diseño de investigación.....	21
3.2 Variables, Operacionalización	21
3.3 Población, muestra y, muestreo.....	22
3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	23
3.5 Procedimientos.....	25
3.6 Método de análisis de datos.....	26
3.7 Aspectos Éticos.....	26
IV. RESULTADOS.....	27
V. DISCUSIÓN.....	49
VI. CONCLUSIONES.....	53
VII. RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS	56
ANEXOS	61

Índice de tablas

Tablas 01: Carbonatación, pH - % de cloruros y Sulfatos del Concreto.....	29
Tablas 02: Carbonatación, pH - % de cloruros y Sulfatos del Concreto.....	29
Tablas 03: Resistencia a Compresión.....	30
Tablas 04: Resistencia a Compresión. – Interpolación.....	31
Tablas 05: Compresión. – Interpolación – Ficha de registro de Datos.....	31
Tablas 06: Resistencia a Flexión.....	33
Tablas 07: Resistencia a Flexión. – Interpolación.....	33
Tablas 08: Flexión. – Interpolación – Ficha de registro de Datos.....	34
Tablas 09: Potencial Corrosivo.....	35
Tablas 10: Potencial Corrosivo. – Interpolación.....	36
Tablas 11: Flexión. – Interpolación – Ficha de registro de Datos.....	36
Tablas 12: Resistencia a Compresión.....	38
Tablas 13: Resistencia a Compresión. – Interpolación.....	39
Tablas 14: Compresión. – Interpolación – Ficha de registro de Datos.....	39
Tablas 15: Resistencia a Flexión.....	41
Tablas 16: Flexión. – Interpolación.....	41
Tablas 17: Flexión. – Interpolación – Ficha de registro de Datos.....	42
Tablas 18: Potencial Corrosivo.....	43
Tablas 19: Potencial Corrosivo. – Interpolación.....	44
Tablas 20: Flexión. – Interpolación – Ficha de registro de Datos.....	45
Tablas 21: Análisis de Costos unitario – Muestra patrón.....	46
Tablas 22: Análisis de Costos unitario – M. patrón + 3.2% de Fibra de Vidrio....	47
Tablas 23: Análisis de Costos unitario – M. patrón + 5% de Sikagard 705L.....	47

Índice de figuras

Figura 01: Corrosión en estructuras de concreto armado.....	15
Figura 02: Parámetros de corrosión del refuerzo por densidad de corriente.....	16
Figura 03: Ubicación de la Zona.....	27
Figura 04: Resumen de la evaluación de Resistencia a Compresión.....	32
Figura 05: Resumen de la evaluación de Resistencia a Flexión.....	34
Figura 06: Resumen de la evaluación de Corrosión.....	37
Figura 07: Resumen de la evaluación de Resistencia a Compresión.....	40
Figura 08: Resumen de la evaluación de Resistencia a Flexión.....	42
Figura 09: Resumen de la evaluación de Corrosión.....	45
Figura 10: Resumen de Costos unitarios.....	48

Resumen

La siguiente investigación que tuvo como objetivo Determinar cómo afecta la aplicación de fibra de vidrio y silicona (Sikagard 705L) para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, para ello tomaremos en cuenta factores más comunes que desencadenan el fenómeno de la corrosión, utilizar estos productos en la elaboración del concreto armado, todo esto ayudara a mejorar la resistencia a la corrosión del acero.

Esta investigación se desarrolló con el fin de que el concreto armado mejorar su resistencia a la corrosión del acero, para lo cual busco determinar y explicar las causas y condiciones en la que el fenómeno de la corrosión se hace presente en el acero estructural, para lo cual se hicieron comparaciones utilizando como referencias dos tesis.

Dichas investigaciones utilizaron una metodología experimental donde se desarrollaron ciertos ensayos como el test del pulso galvanostático, resistencia a compresión y flexión, en los porcentajes de 3%, 5%, y 7% para fibra de vidrio, y porcentajes de 4% y 6% para silicona (Sikagard 705L) para dos tesis, de esta manera se identificó las siguientes dosificaciones 50% y 100%

Finalmente, con los ensayos se vio, que es factible el uso de fibra de vidrio y silicona (Sikagard 705L) ya que disminuyo los valores I_{corr} y de esta manera disminuyeron el potencial corrosivo del acero estructural.

Palabras clave: Corrosión, Acero, elementos estructurales, fibra de vidrio, silicona (Sikagard 705L)

Abstract

The following research that aimed to determine how the application of fiberglass and silicone (Sikagard 705L) affects to prevent corrosion of steel in structural elements, for this we will take into account more common factors that trigger the corrosion phenomenon, use these products in the manufacture of reinforced concrete, all this will help improve the corrosion resistance of steel.

This research was developed in order for reinforced concrete to improve its resistance to steel corrosion, for which I seek to determine and explain the causes and conditions in which the phenomenon of corrosion is present in structural steel, for which comparisons were made using two theses as references

These investigations used an experimental methodology where certain tests were developed, such as the galvanostatic pulse test, resistance to compression and flexion, in the percentages of 3%, 5%, and 7% for fiberglass, and percentages of 4% and 6% for silicone (Sikagard 705L) for two theses, in this way the following dosages 50% and 100% were identified

Finally, with the tests it was found that the use of fiberglass and silicone (Sikagard 705L) is feasible since it decreased the I_{corr} values and thus decreased the Corrosive potential of structural steel.

Keywords: Corrosion, Steel, structural elements, fiberglass, silicone (Sikagard 705L)

I. INTRODUCCIÓN

Los problemas que se originan a causa de la humedad, vivir con esto es cotidiano para las personas ya que tenemos que lidiar con esto día a día, son muchos los motivos para hablar de la Humedad ya que es una situación que afecta a nuestra salud y nuestra forma de vivir.

Pero hablar de la humedad en zonas cercanas al ambiente marino, es un tema muy importante ya encontramos presentes, minerales, sales y cloruro, que se encuentran presentes en el medio ambiente (humedad), y estos por increíble que parezca afectan de manera considerable a nuestras viviendas, poniéndolas en serio riesgo y debilitándolas, por este motivo buscamos la mejor manera de proteger las viviendas y construcciones en general para que no se vean afectadas. Y así evitar gastos en reparación ya que estos suelen tener un costo muy elevado generando pérdidas en tiempo y dinero.

Este fenómeno natural lo podemos ver en todo el mundo debido a esto, países como México y Colombia utilizaron como opción para combatir este efecto corrosivo a la Fibra de Vidrio y siliconas obteniendo resultados positivos a la hora de su aplicación, vemos que este material en los últimos años ha tomado más presencia en la construcción gracias a la versatilidad del material, que nos permite usarlo ya sea para mejorar las características mecánicas del concreto o como en este caso que se usó para combatir la corrosión del concreto armado gracias a su propiedad altamente anticorrosiva. A nivel internacional se obtuvieron mayores logros en esta investigación y lograron obtener como resultado que la adición de este material logro contribuir en la mejora del concreto armado”

Así mismo en el Perú el uso de la fibra de vidrio como opción para reforzar el concreto armado es muy bajo pero encontramos lugares como Trujillo, Piura, Lima que cuentan con un litoral marino y vieron que sus muelles y construcción que se encuentran cercanas al mar sufren los efectos de estos agentes agresivos que podemos encontrar presentes en la brisa marina, así también se ven afectadas las viviendas las cuales están expuestas a este fenómeno natural (humedad), por este motivo buscamos una solución al problema encontraron en la fibra de vidrio y silicona una solución obteniendo buenos resultados contra la corrosión.

En ciudad de lima también se encontraron con este problema, ya que cuenta con un extenso litoral marino. El distrito de Magdalena del Mar es uno de los que convive con este litoral en la llamada costa verde y Entendiendo que resulta un gran problema el tema de la corrosión, planteamos adicionar fibra de vidrio y silicona, para realizar un recubrimiento como medida de protección del acero estructural, por tal motivo es importante no llegar a debilitar ni tampoco perjudicar las propiedades físico-mecánicas.

Humedad viene a ser cantidad que tiene de vapor el aire. Esta cantidad nunca es constante, por lo general va depender de muchos factores, uno de ellos es la lluvia, o si nos encontramos en el mar, La temperatura que presente el aire es también determinante. Podemos decir que, en cuanto el aire disminuye la temperatura tendrá la capacidad de contener menos vapor, y así es que se forma el vapor al respirar, y de igual manera encontramos al rocío nocturno. El aire se encuentra saturado de vapor, no tiene la capacidad de contener tanta cantidad de agua, de esa manera el agua se condensa.

Teniendo claro lo que es la humedad veremos cómo esta puede afectar a nuestras viviendas, en la ciudad de Lima en los meses de junio a octubre que tenemos el invierno, se ven afectadas con mayor fuerza, el distrito de Magdalena del Mar se ven afectados todo el año por la brisa, estas sufren el daño debido a que los minerales, sales y sulfatos presentes en el agua marina también los podemos encontrar ambiente marino, estos afectan al concreto hasta llegar al punto de carbonatarse, y llegan para alterar, el ambiente frecuentemente alcalino del concreto que se encarga de proteger el acero corrugado del ataque de los agentes corrosivos Cuando el concreto se carbonata y este llega hasta niveles donde se encuentra el acero, aquí es cuando la corrosión hace su aparición afectando directamente al acero y a la estructura por completo. En ocasiones la insuficiencia de oxígeno que cubre al acero causa en los metales que se disuelva y aparezca y baje el PH. Por tal motivo las viviendas que estén afectadas son vulnerables a los sismos, incendios, tsunamis, también son afectas por el mismo peso de la construcción ya que los elementos estructurales no deben sufrir daños internos para asegurar su funcionalidad óptima.

Cuando una construcción de concreto es reforzada con acero sufren muchas veces el ataque de los agentes corrosivos y esto resulta un gran problema, muy importante para los elementos estructurales de hormigón armado porque la misma está asociada con la pérdida de gran parte de la sección transversal y esto genera tensiones de tracción en el hormigón, provocadoras de la fisuración o desprendimiento, causadas por los agentes corrosivos que ocupan mayor volumen en relación al acero ordinario, en consecuencia se deteriora el enlace estructural del acero de refuerzo y del concreto. Además, la alta conductividad eléctrica, térmica y magnética de este material complementa su debilidad en lo que concierne a la función estructural que se le confía en las obras civiles

Estos hechos me motivaron para utilizar un material novedoso y de bajo costo para la mejora de la protección del acero ante la corrosión y a su vez mantener la calidad del concreto, logrando obtener elementos estructurales que tengan mayor tiempo de vida y generar así, la seguridad en las viviendas, cercanas al mar y que se encuentran expuestas a la humedad y a las sales agresivas todo el año en Magdalena.

La presente investigación encuentra su justificación, por que surge la necesidad de afrontar la realidad que representa la problemática en el distrito de Magdalena del Mar donde las construcciones reforzadas adicionando acero, que se encuentran cercanas al mar son afectadas por la humedad y las sales de mar, las cuales corroen el acero debilitando así los elementos estructurales y por tanto las viviendas en general, es así que el acero de refuerzo recubriéndolo de fibra de vidrio ha tenido gran impacto en el sector de la construcción, como un elemento para la protección contra la corrosión. Gracias a que le aporta muchas ventajas físico-mecánicas, ya que las propiedades químicas del material lo hacen resistente a la corrosión.

Su uso es esencialmente adecuado para evitar que el acero de refuerzo se vea afectado por la carbonatación del concreto por la exposición a la humedad y a los agentes corrosivos presentes en el agua de mar.

Esta investigación se realizará con la finalidad estudiar el efecto del uso de fibra de vidrio y silicona como recubrimiento para el acero en la

construcción del concreto armado y la información que se origine durante este período será de vital importancia porque permitirá conocer el método correcto del uso fibra de vidrio y silicona para la elaboración del recubrimiento del acero del concreto armado y no afectar sus propiedades mecánicas, de tal manera que no altere su calidad y función.

De todo lo expuesto, se considera importante realizar esta investigación para que la información generada aporte con la utilización de fibras de vidrio y silicona como protección de los agentes corrosivos a los que se encuentran expuestos al litoral marino, en el Perú y el mundo.

“La formulación del problema se lleva a cabo a través de una interrogante que debe de relacionar dos o más variables también debe mencionar la población de estudio, el lugar y año de investigación. Deben elaborarse, como mínimo, tres preguntas, de las cuales la primera debe pertenecer al problema general y las dos restantes a los problemas específicos “a” y “b” [...]. [1]

Para el desarrollo de la investigación se realizó la formulación del problema:

¿Cómo afecta la aplicación del recubrimiento de fibra de vidrio y silicona para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Magdalena - 2019?, también se formularon los siguientes problemas específicos.

¿Cómo influye la dosificación de la fibra de vidrio para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Magdalena - 2019?

¿Cómo influye la dosificación de la silicona para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Magdalena - 2019?

¿De qué manera influye la dosificación óptima de Fibra de Vidrio en los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Magdalena - 2019?

¿De qué manera influye la dosificación óptima de goma de silicona en los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Magdalena - 2019?

Se planteó la siguiente hipótesis como posible solución al problema, El recubrimiento con fibra de vidrio y silicona evita de forma considerable la corrosión del acero en elementos estructurales, Magdalena – 2019, también se formularon las hipótesis específicas siguientes:

La aplicación de las Diferentes Dosificaciones de Fibra de Vidrio evita la corrosión del acero en elementos Estructurales, Magdalena – 2019.

La aplicación de las Diferentes Dosificaciones de Silicona evita la corrosión del acero en elementos estructurales, Magdalena – 2019.

La dosificación óptima de Fibra de Vidrio, influye considerablemente en los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Magdalena – 2019.

La dosificación óptima de silicona, influye considerablemente en los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Magdalena – 2019.

Por tal motivo la investigación tiene como objetivo principal, Determinar cómo afecta la aplicación de fibra de vidrio y silicona para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Magdalena – 2019. También cuenta con objetivos específicos que mejoraran el desarrollo de la investigación.

Determinar la Dosificación óptima de fibra de vidrio, Para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Magdalena – 2019.

Determinar la Dosificación óptima de Silicona, Para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Magdalena – 2019.

Determinar la dosificación óptima de Fibra de Vidrio, y reducir los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Magdalena – 2019.

Determinar la dosificación óptima de silicona, y reducir los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Magdalena – 2019.

II. MARCO TEÓRICO

Pichardo y Tovar (2020) en su tesis titulada ***“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*** de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas tuvo como objetivo de investigación Realizar el análisis comparativo de la sección circular de concreto armado reforzado con barras de fibra de vidrio (GFRP) como reemplazo de las barras de acero expuestas a la corrosión. Es un estudio de tipo aplicada La población que se aborda en la presente investigación son aquellas estructuras ubicadas a lo largo de la costa del Perú, La muestra es la sección de uno de los pilotes del proyecto “Puerto Pesquero Artesanal de Huacho”. La ubicación de dicho muelle es la ciudad de Huacho, a 130 Km de la ciudad de Lima, provincia de Huaura, departamento de Lima; sus instrumentos son programación en Matlab y programación de software etabs como resultado obtuvieron que, En el diseño por corte, se obtiene en promedio un aumento del 56% en cuantía cuando se emplean espirales GFRP con respecto del acero para las diferentes cargas axiales aplicadas en el análisis. Se concluyó que La rigidez a la flexión en el rango plástico para la sección reforzada con GFRP sometido a 15%, 30%, 45% y 60% de la resistencia máxima a la compresión de diseño es 20.3%, 17.3%, 10.0% y 9.4% la pendiente del primer tramo, respectivamente. Por lo que, a menor carga axial, dicha sección puede desarrollar aporte de tracción de las barras GFRP y la rigidez a la flexión efectiva aumenta. [2]

Muñoz Á. (2013), indico en la investigación: ***“Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de vidrio”***, presento en sus objetivos el determinar la influencia de incorporar en el hormigón fibra de vidrio para evaluar las propiedades del material. Para poder realizar la presente investigación realizamos una serie de ensayos y pruebas de laboratorio realizar las comparaciones entre el hormigón convencional contra el hormigón dosificado con distintos porcentajes de fibra de vidrio. Evaluamos también la capacidad de resistencia al flexo compresión y a la compresión. Analizando los resultados de las pruebas, se observó que mejora en gran porcentaje las capacidades físico mecánicas del hormigón sobre todo con el que tiene la dosificación de 1.5%. [3]

Mancilla y Chávez (2018) en su tesis titulada **“Análisis de principales causas de corrosión en estructuras de concreto armado de viviendas autoconstruidas en la urbanización Manco Cápac, San Juan de Lurigancho, 2018”**, de la universidad Cesar Vallejo cuyo objetivo principal es Determinar de qué manera la corrosión afecta las estructuras de concreto armado de viviendas autoconstruidas en la urbanización Manco Cápac, San Juan de Lurigancho, 2018, investigación de tipo explicativa, un total de doscientos cincuenta y seis lotes de la urbanización Inca Manco Cápac 1ra etapa parte alta, serán consideradas como población, Para efectos de la presente investigación se optarán por dos tipos de criterios para determinar el tipo de muestra desde el punto de vista muestra probabilística y el segundo es muestra no probabilística por conveniencia, El muestreo probabilístico se hará para hacer la verificación de la parte de observación y determinar cuáles son las condiciones en cuanto al fenómeno que estamos estudiando. Los resultados obtenidos, por lo que fue llevada al laboratorio para hallar el pH. Por medio de la tabla estandarizada según el Reglamento Nacional de edificaciones da a indicar que está entrando a la acidez con un pH equivalente a 8,56, por lo que se da a entender que el pH equilibrado del concreto es de 13, vemos que está comienzos.^[4] Se llegó a la conclusión, En conclusión, las principales causas de corrosión en estructuras de concreto armado de viviendas autoconstruidas mediante un sistema de calificación de grado de corrosión donde muestra un nivel alto y medio con un porcentaje 75% y 16% respectivamente del año 1993 hasta la actualidad.^[4]

Castillo A, (2016) en su tesis titulada **“Estudio De Durabilidad De Estructuras De Concreto Armado Frente A Los Agentes Químicos Agresivos”** menciona, el concreto hoy en día es fabricado para elevadas resistencias a compresión, en muchos casos no llegan a finalizar el tiempo de servicio estimado en la fabricación gracias a las condiciones donde fue construido, cuando se inició la investigación se da entender sobre las características del concreto, donde pasa por diversas fases, cuando fragua el concreto, mencionamos en el capítulo todos los factores que producen que se deteriore el concreto en relación al ataque de agentes agresivos, igual que se puede ver en el proceso constructivo inadecuado, se realizó pruebas de laboratorio como la carbonatación, corrosión del acero e refuerzo y mediciones in situ en las instalaciones del instituto de ciencias de la

Construcción Eduardo Torroja en Madrid España, finalmente se concluyó el ataque al concreto por agentes químicos, las cuales ingresan de manera profunda en el concreto, se debe a la relación a/c baja, donde esta es una causa importante para reducir la permeabilidad del concreto. [5]

Zapata y Arango (2013) en su tesis titulada "***Influencia De La Fibra De Vidrio En Las Propiedades Mecánicas De Mezclas De Concreto***" de la Universidad EAFIT de Colombia tuvo como objetivo Analizar el comportamiento mecánico de mezclas de concreto común con inclusión de fibras de vidrio. Fue un estudio de tipo experimental la muestra utilizada se definió la mezcla de referencia buscando una resistencia a la compresión entre 21 y 28 Mpa y un asentamiento entre 18 y 20 cm. Para alcanzar las características definidas para la mezcla de referencia fue necesario realizar diferentes mezclas con diferentes dosificaciones, con el fin de determinar cuál era la más propicia para esta investigación los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio tanto para la mezcla de referencia (M-REF), mezcla con adición de 0.5% de fibra de vidrio (M-0.5), mezcla con adición de 1% de fibra de vidrio (M-1), mezcla con adición de 1.5% de fibra de vidrio (M-1.5), mezcla con adición de 2% de fibra de vidrio (M-2) y mezcla con adición de 2.5% de fibra de vidrio (M-2.5). Se presentan los resultados de los ensayos de trabajabilidad, resistencia a la compresión, resistencia a la tensión y módulo de elasticidad concluyeron que Los porcentajes de fibras usados durante la fase experimental del proyecto fueron 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2% y 2.5% del peso total de la mezcla de concreto. [6]

Aguilar (2013) en su tesis titulada "***Influencia Del Deterioro Por Corrosión Del Acero Sobre La Re Alcalinización Del Concreto Reforzado Carbonatado***", que tiene como objetivo lograr minimizar y acabar con el daño que sufren las estructuras .tenemos que utilizar métodos antes no usados, las cuales tenemos a las electroquímicas cuenta con una problemática debido a la corrosión por carbonatación en elementos estructurales de acero y concreto donde indica que el porcentaje es elevado, esto se debe al exceso de co2 en el ambiente, donde se adhiere en las estructuras, provocando la disminución de vida útil. La re alcalinización electroquímica hace que el concreto vuelva a hacer alcalino, Minimizando su corrosión en el tiempo. El trabajo se enfoca en determinar la

Eficiencia de este método relacionado a la corrosión del acero, se hizo la preparación del hormigón, con una dosificación de agua/concreto inicial de 0.65 y la otra de 0.50, el tiempo de curado fue un total de 7 días, para luego ser carbonatado completamente, todas las mezclas se partió en 3 niveles de corrosión, donde se hizo la aplicación del método de re alcalinización electroquímica, donde dieron resultados en el pH superiores a 10 y a todo ello en 21 días de medición. Se minimizo la velocidad de corrosión y la resistividad aumento.^[7]

Castro P, y Veleza L (2015) in his scientific article ***“Time of Wetness and RH-T Complex as Tools for Corrosion Risk Evaluation in a Concrete Block Exposed to a Humid Tropical Environment”*** Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN/Physical Applicate whose main objective was is demonstrates the influence of different environmental parameters associated with a humid tropical climate where the samples used were a concrete block and electric data collection system for RH-T. A concrete block (300x 300 x 150 mm) was made using type I Portland cement, aggregates and potable water at a 0.5 w/c. six humidity chambers were placed inside the block at a depth of 75 mm from the thinner concrete block wall. This research is experimental, the present data represent one year of exposure in a rural-urban environment with a humid tropical environment. They are comparisons between concrete internal RH-T complexes and the external environment. The RH and T values shown below are for the winter months (October or January) when external RH values are high and therefore have a greater impact on concrete degradation and steel reinforcement corrosion.^[8]

Chaparro W, y Vera E. (2012) in his scientific article. ***“Corrosion Behavior Of Steel Bar Embedded In Alkaliactivated Slag Concrete Subjected To Carbonation And Chloride Attack”*** Of The University National Of Colombia, The aim of this paper is to study the corrosion properties of steel rebar's embedded in artificially carbonated AAS (3% CO₂) and concrete exposed to a chloride solution. For comparative purposes, steel rebar's were embedded in OPC under identical experimental conditions, this research is experimental. The specimens were studied by using corrosion potential, linear polarization

resistance, and electrochemical impedance spectroscopy methods. The results show the values of corrosion. Versus time for the steel bar embedded in AAS and OPC concrete. AAS concrete. Has a 10% probability of corrosion after 28 days of normal curing, once fully carbonated reaches a 90% with a potential of -0.51 V vs. Cu/CuSO₄. When this material is subsequently exposed to chloride, the corrosion potentials remain in the range between -0.51 and -0.56 V vs. Cu/CuSO₄, it was concluded that the Open-circuit potential evolution AAS concrete exposed to accelerated carbonation, showed a high corrosion, next to the one immersed in saline solution, indicating depassivation corrosion behaviour during the first 3 months. That would allow for us to predict the time for corrosion initiation on existing reinforced AAS concrete structures. [9]

Castaneda A, Howland A. (2012) in his scientific article. "**Study of Atmospheric Corrosion of Reinforcement Steel in Havana, Cuba**" of the Pontificia Universidad Católica de Chile, this research has two principal objectives: The first was the interest to demonstrate the impact of the reinforced steel corrosion using marine sand in the concrete production. The second was the interests to evaluate the efficiency of a group of corrosion inhibitor of the reinforced steel, this research is experimental, and an exposure site placed at 20 m from the seashore without the presence of artificial or natural screening in the Havana northern coast was selected. In general it was proved that for a level very high of corrosive aggressiveness for the main metallic materials more frequently used in the construction industry, the atmospheric corrosion of the reinforced steel tends to increase in the time of exposure for concretes with water/cement ratios of 0.5 and 0.6 for both recovering thickness used, just like to the concrete with water/cement ratio of 0.4 where the reinforced steels were placed at 20 cm of recovering thickness, it was concluded that may be expected in these cases, and for this aggressiveness condition (zones of the city very close to the sea and without screening effect), an outstanding deterioration in a short period of time.[10]

Godoy I, (2015) en su artículo científico titulado "**Comportamiento Mecánico De Hormigón Reforzado Con Fibra De Vidrio**" de la Universidad Austral de Chile cuyo objetivo principal fue de la presente investigación es determinar la influencia de la fibra de vidrio sobre las propiedades mecánicas del hormigón que son la

compresión, tracción y fatiga. Se analizaron en forma experimental distintos Porcentajes de adición de fibra de vidrio a la mezcla, El tipo de investigación fue Orden experimental para alcanzar resultados basados en la experimentación, La fibra de vidrio utilizado es del tipo AR-glass, correspondiente a álcali resistente con una densidad de 2,5 g/cm³ y una longitud de 6cm. Para lograr los objetivos planteados, se fabricaron mezclas de hormigón con distintos porcentajes de fibra de vidrio y un hormigón patrón de referencia sin fibra. Se realizaron 6 repeticiones de cada dosificación con porcentajes de fibra de 0% (hormigón patrón), 5%, 10% y 15%. Los porcentajes se determinaron en forma volumétrica, Los resultados obtenidos del promedio de las 6 repeticiones muestran que la resistencia a la compresión aumenta a medida que la cantidad de fibra aumenta. Aunque este cambio es muy pequeño es significativo. El porcentaje de variación es de 7,82%. Al hacer la regresión lineal la pendiente es positiva con una confiabilidad de un 95% y un error de 0,998, En conclusión, se observa que al aumentar el porcentaje de fibra aumenta la resistencia. Esto es válido para la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y a la fatiga.^[11]

Hernández H, y Franco M. (2015). En su artículo científico titulado **“Gel De Aloe-Vera Como Potencial Inhibidor De La Corrosión Del Acero De Refuerzo Estructural”** de la universidad Autónoma del Estado de México El objetivo de este trabajo fue mostrar la efectividad de un GEL natural extraído de las hojas del ALOE VERA como una sustancia inhibidora de la corrosión del acero de refuerzo. el tipo de investigación es de tipo experimental ya que obtendremos resultados mediante la experimentación, se utilizaron distintas muestras a 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16 ml. Para cada adición se aplicó la técnica de impedancia electroquímica (EIS) usando como parámetro una diferencia de potencial sinusoidal de 10± mV en un intervalo de frecuencia de 100000 a 0.001Hz, con respecto al potencial de corrosión De acuerdo con los resultados de la isoterma de LANGMUIR, el mecanismo de inhibición obedece a un proceso de fisorción de las moléculas de ALOE VERA que forman multicapas en la interface del acero/electrólito a la energía de absorción de 14.17 kJ/mol. Estos resultados fueron confirmados por la disminución de los valores de carga de la doble capa electroquímica (32.57 F/cm²) que indican la presencia de moléculas adsorbidas en la interface eléctrica del acero y modifican la

constante dieléctrica. Estas moléculas incrementan el efecto de barrera frente a los iones corrosivos se concluyó que Dado el efecto sobre el comportamiento electroquímico en presencia del GEL y del mecanismo físico descrito, esta sustancia se puede clasificar como un inhibidor natural del tipo mixto, pero con mayor tendencia a la rama anódica, es decir puede suprimir las reacciones desarrolladas por la fase ferrífica.^[12]

Vera R: y Delgado D. (2009). En su artículo científico titulado ***“Evaluación de acero galvanizado estructural frente a la corrosión en atmósfera marina. Parte 1. Resultados después de 1 año de exposición”*** de la Pontificia Universidad Católica de Chile cuyo objetivo principal es estudiar el comportamiento de acero galvanizado en caliente frente a la corrosión en atmósfera marina, como también el correspondiente proceso run off que presenta en el medio, el tipo de investigación es de carácter experimental. Se expusieron muestras de acero galvanizado de 10x10x0.6cm, con un espesor de recubrimiento de Zn de 114 μm , en la ciudad de Valparaíso, V Región, Chile. El deterioro del galvanizado fue evaluado por medidas de potencial de corrosión y disminución del espesor del recubrimiento de cinc “in situ” y morfología del ataque por microscopia electrónica de barrido (MEB). La composición de los productos de corrosión se determinó por difracción de rayos-X (DRX). Las soluciones run off recolectadas después de los eventos de lluvias se analizaron por diferentes técnicas para determinar pH, contenido de iones Cl^- y concentración de iones Zn^{+2} . Los resultados después de 1 año de exposición de las probetas muestran que el potencial de corrosión del galvanizado aumentó en el tiempo, lo que corrobora la formación de una película protectora de productos de corrosión de cinc, los cuales fueron identificados como cincita (ZnO) y simonkoleita ($\text{Zn}_5(\text{OH})_8\text{Cl}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$). Por otra parte, la velocidad de corrosión determinada en el tiempo fue de 16,4 $\mu\text{m}/\text{año}$. Con respecto a los eventos de lluvia, los valores de pH de las soluciones run off son similares al pH del agua de lluvia. El contenido de cloruro también muestra una tendencia a disminuir y a estabilizarse en el tiempo y la cantidad total de cinc perdida como producto soluble es fuertemente influenciada por la cantidad de lluvia caída, de su duración y periodicidad entre períodos secos.^[13]

“La aceración es un proceso donde el hierro, surgió debido a la necesidad por tener que usar un material que posea las mismas características de resistencia que tiene el bronce. Como afecta el carbono para endurecer el hierro, puede ser comparable con el efecto que tiene el estaño en el cobre. Buscaremos lograr una superioridad sobre el bronce, se tuvo que introducir el 0.4 % de carbono, al hierro. Ya que no resulta fácil. Para lograr este proceso los herreros metían el carbono envuelto en el hierro para que se fundieran juntos. A una temperatura de 950°C, esto lleva 9 horas para poder formar la corteza de acero (con un porcentaje de 0.5% de carbono) con un espesor de 1.5 mm de cobertura del hierro. A este proceso se le llama cementación y aun es utilizado en algunos países” [...] [14].

El acero es una aleación la cual la podemos ubicar dentro del grupo de los metales, junto con el hierro, zinc, el aluminio, titanio o el cobre u otros, generalmente estos elementos tienen como característica el presentar una alta resistencia al impacto y su buena, también son elementos dúctiles, por estos motivos son muy utilizados como elementos estructurales en la construcción y para el soporte de cargas. Uno de los métodos más antiguos de fabricación de acero es el proceso de aceración en convertidores al oxígeno “En este proceso se introduce oxígeno a un determinado ángulo con respecto a la superficie del baño metálico, el que se encuentra en un horno rotatorio inclinado. El convertidor usado es muy similar al usado en los procesos Bessemer y Thomas, pero con fondo sólido. Además, tiene la capacidad de inclinarse en diferentes posiciones para que se lleven a cabo las diferentes operaciones de carga y descarga, al mismo tiempo el horno puede girar sobre su eje longitudinal, a una velocidad de 30 rpm [...]” [15].

Las barras de acero fabricadas por SIDERPERU son fabricadas por el método de los Convertidores LD, este proceso nos permite producir el acero líquido sin residuales e impurezas. Las barras de acero fabricadas por este método obtienen mayor ductilidad y tenacidad; mientras que las barras de acero fabricadas por el método de hornos eléctricos contienen muchos residuales (no deseables: níquel, cobre, cromo molibdeno y estaño).

“Para lograr un trabajo efectivo por parte del acero es importante conseguir una fuerte cohesión entre el acero y el concreto, y asegurar que se produzcan

deslizamientos entre el concreto circundante y las barras de acero. Esta Adherencia o unión, se consigue básicamente por tres medios: el enlace químico que se consigue entre interface, el concreto y el acero, la rugosidad que poseen la superficie de las barras de acero corrugado laminado en caliente. Es importante lograr adherencia para lograr que el acero y el concreto trabajen en conjunto evitando se vean afectadas, por las fuerzas actuantes en las estructuras Ejemplo: vigas, columnas. [...]” [16]

“Las barras de acero de refuerzo son producidas por el carbono, pequeñas cantidades de, fósforo, silicio, oxígeno azufre y el hierro fundido, esta variación del contenido aportara características muy específicas a este material. Gracias al acero laminado obtendremos las barras de acero estructural, su sección en forma transversal y circular, cuadrada o hexagonal. Son clasificados según el límite de fluencia, (grado) y al acabado final de su superficie puede ser corrugada o lisa. Estos se usan en las construcciones para agregarles mayor resistencia y soporte. Las armaduras para el concreto Son de dos tipos [...]” [17]

Las calidades de acero que son posibles de emplear, como acero de refuerzo para trabajar con concreto, tenemos resumen en la tabla 3-2. Indica el esfuerzo de fluencia (f_y) tanto mínimo como máximo, el esfuerzo ultimo o esfuerzo máximo (f_u) mínimo, a este también se le denomina como resistencia a la tracción (tensile strenght). (*) “Sociedad Americana para Pruebas de Materiales” [...]” [18]

Las características principales que tienen que poseer los aceros que son usados de refuerzo, fueron mencionadas en la Normativa de:

- Norma Peruana Itintec 341.031-A-42. Acero Grado 60.
- Norma ASTM A615. Acero Grado 60.
- Norma ASTM A706. Acero de baja aleación, soldable. Grado 60.

Desventajas del acero como material estructural:

1. **Altamente Corrosivo.** - El **acero** común, al verse expuesto por mucho tiempo a la humedad, inicia un proceso de oxidación, el cual crea en la superficie muchas capas de oxidación pulverulento sobre el hierro, Si este proceso no se detiene a tiempo continuara hasta llegar a corroerse. [...]” [19]

2. Costoso mantenimiento. - en su mayoría los aceros son incapaces de soportar los agentes corrosivos, cuando son expuestos a la intemperie, al agua, a la brisa marina, por lo tanto, los costos en mantenerlos para mantenerlos libres de la corrosión son muy altos ya, que se tienen que utilizar pinturas especiales anticorrosivos.

“La corrosión del acero se origina en el momento en el que los metales entran en contacto con los agentes químicos que se encuentra en un ambiente húmedo; la consecuencia es que los metales sufran una destrucción debido a la oxidación que sufre. El medio natural, La corrosión puede atacar de dos maneras: una corrosión originada por agentes químicos y la corrosión electroquímica [...]” [20].

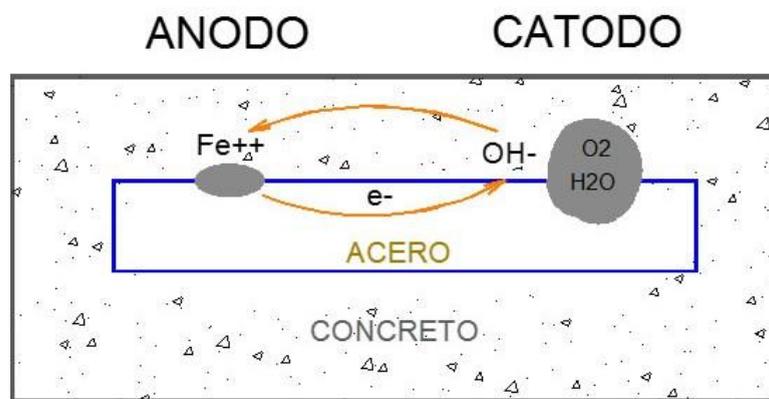


Figura 01: Corrosión en estructuras de concreto armado

“Se puede entender cuando hablamos de corrosión, se realiza un proceso químico el cual atacan a los elementos metálicos, al entrar en contacto con sustancias químicas, las cuales modifican la estructura química de los metales, debilitando, y reduciendo sus propiedades mecánicas. [...]” [21].

En el hormigón, el proceso corrosivo origina, cuando el óxido crea una ligera capa sobre la superficie, generalmente aumenta el volumen original del acero de 2 a 4 veces su tamaño. Esto hará que reduzcan sus capacidades mecánicas óptimas. Cuando la corrosión ataca al acero este origina vacíos y el descascaramiento en su superficie, cuando observamos que la sección transversal del acero sufre una reducción, perderá la capacidad de poder resistir a las fuerzas axiales y da como resultado la debilitación del elemento estructural. [...]” [22].

La corrosión en el acero estructural concentrado se origina principalmente por, un fenómeno electroquímico, donde con frecuencia se puede encontrar la acción de la electricidad el cual da comienzo al proceso corrosivo por inducción electrolítica, la existencia en el concreto de humedad y oxígeno dará comienzo al fenómeno de la corrosión. “Encontramos dos acciones claramente distinguidas en el concreto estructural. Veremos que, correspondiente al proceso corrosivo del acero estructural reduciéndose su adherencia al concreto, por lo que resulta de manera desfavorable perdiendo de esta manera sus propiedades mecánicas, por lo que pierde su capacidad de trabajo estructural. Por otro lado, se dan transformaciones volumétricas que proceden de la creación de los resultados de la corrosión, donde ciertas transformaciones ocasionan presiones de gran magnitud lo suficiente para lograr formar grietas en el concreto, para situaciones críticas, puede ocasionar que el concreto se desprenda con facilidad. [...]” [23].

Corriente de Corrosión (I_{corr})	Corrosión en Refuerzo
$I_{corr} < 0,2 \mu A/cm^2$	Corrosión No Esperada
$I_{corr} 0,2 - 1 \mu A/cm^2$	Corrosión en 10-15 años
$I_{corr} 1 - 10 \mu A/cm^2$	Corrosión en 2-10 años
$I_{corr} > 10 \mu A/cm^2$	Corrosión en 2 años o menos

Figura 02: Parámetros de corrosión del refuerzo por densidad de corriente.

Los factores fundamentales por lo cual se corroe el acero son;

- **La humedad.** – “En el concreto normalmente el acero se encuentra en estado pasivo, se encuentra libre de corrosión, por otro lado, cuando reforzamos el concreto poniéndole acero. Y lo usamos en lugares o situaciones, que la humedad contacte al acero se ve afectado por las sales y cloruros que encontramos en el agua genera que la capa que sirve de protección a la superficie del acero se oxide y pierda partes de sus propiedades físicas. [...]” [24].
- **La Carbonatación** – en este proceso ocurre cuando el concreto pierde su PH establecido, debido a que tuvo una pérdida de dióxido de carbono, y este

Reacciona al contacto con la humedad, atacando los poros que tiene el concreto y transforma el hidróxido de calcio y se transforma en carbonato de calcio, ya que este presenta el pH neutro. [...] [25].

“La fibra de vidrio se encuentra mayormente de forma alargada y muy fina. Con frecuencia es utilizado como un material capaz de aislar componentes. Gracias a la capacidad que tiene de soportar las cargas y los esfuerzos que puedan ser aplicados, esto lo veremos en la gran diversidad de polímeros que se encuentran en el mercado, esto lo hace ser un material capaz de soportar muchos esfuerzos pero a su vez es muy ligero y liviano, y es llamado como un plástico que fue reforzado con fibra de vidrio, posee muchas propiedades que se pueden comparar a otras fibras tales como la fibra de carbono o las fibras de polímeros y en ocasiones con la fibra de aluminio o las fibras de cobre, pero no llega a ser tan resistente como las fibras ya mencionadas, pero es un material más y resulta tener menos fragilidad [...]”[26].

Ya que la **fibra de vidrio se compone** de muchos filamentos finos de vidrio aglomerado y resinas al unirse, crean un fuerte enlace capaz de soportar la acción de fuerzas externas, dándole la capacidad de ser usados como elementos estructurales.

La denominación de “FRIBRA DE VIDRIO” viene del inglés “FIBER GLASS”, al ser traducido al español obtenemos la terminología en cuestión. Al tratar de entender la terminología para poder definir cómo es que se origina este material, podemos decir que se dan mediante un tejido de los hilos de vidrio que fueron solidificados a través de una máquina especializada este tejido se realiza mediante un patrón que logra darle la calidad necesaria para soportar altas cargas. [...]” [27].

Las principales propiedades del material son:

- Resistencia a la Tracción.
- altamente maleable.
- Peso específico bajo.
- Dieléctrico.
- Aislador térmico.

- Soportan temperaturas elevadas.
- Pose mucha resistencia a fuerzas.
- Resistente a la corrosión.
- La flexibilidad.

“Este tipo de vidrio se encuentra mayormente de forma alargada y muy finos. Con frecuencia es utilizado como un material capaz de aislar componentes. Gracias a la capacidad que tiene de soportar las cargas y los esfuerzos que puedan ser aplicados, esto lo veremos en la gran diversidad de polímeros que se encuentran en el mercado, esto lo hace ser un material capaz de soportar muchos esfuerzos pero a su vez es muy ligero y liviano, y es llamado como un plástico que fue reforzado con fibra de vidrio, posee muchas propiedades que se pueden comparar a otras fibras tales como la fibra de carbono o las fibras de polímeros y en ocasiones con la fibra de aluminio o las fibras de cobre, pero no llega a ser tan resistente como las fibras ya mencionadas, pero es un material más y resulta tener menos fragilidad[...]”[28].

“Si hablamos netamente del uso de la Fibra veremos cómo está compuesta su. Esta resulta de unir un polímero termo estable con los filamentos de vidrio que componen una malla. La resina epoxi inicia el proceso de forma líquida para pasar luego a solidificarse y tomar la forma definitiva, que será adquirida por la maquina en la cual pasa por el proceso de solidificación. La fibra de vidrio se clasifica en 5 tipos los cuales los detallamos a continuación. [...]” [29].

Fibras Tipo (E).

Es una de las fibras con mayor demanda en la industria de la construcción, su capacidad dieléctrica y ocupa el 90% del refuerzo para composites, es de naturaleza inorgánica compuesta por 53 a 54 % de Oxido de Silicio.

- 14 a 15 % de Oxido de Aluminio
- 20 a 24 % de Oxido de Calcio
- 6.5 a 9 % de Oxido de Magnesio y Oxido de Boro.
- 1 % de álcalis.
- Posee un Pe de 2.6 g/cm³Las

Características antes mencionadas como los costos bajos del material y las materias primas con las que se fabrican, lo puesto como uno de los materiales novedosos en la revolución industrial. Las propiedades de esta fibra son adaptables a cualquier situación usando pocos recursos.

“La silicona, los polímeros de origen sintético, son compuestos a través de una combinación de silicio y oxígeno originando un enlace químico. Todos estos son derivados de cuarzo y debido al fuerte enlace químico podemos lograr resultados estéticos y técnicos que no se pueden obtener de materiales clásicos, se pueden esterilizar mediante radiación, con óxido de etileno este proceso se realizara con una autoclave. Las Características de la goma de silicona. [...]” [30].

- Anticorrosivo.
- Resiste de (-60° a 250°C).
- Resiste a la exposición de la humedad y la intemperie.
- Buena resistencia eléctrica.
- Tiempo de vida útil prolongado.
- Buena resistencia a fuerzas de compresión.

“Por contener Silicio y Oxígeno dentro de su composición química, llega a ser muy flexible y maleable, es incoloro y es resistente al desgaste, no se deteriora, tampoco exuda con facilidad, logrando así que no se deteriore, no se corroe al contando con la humedad y el agua de mar posee gran resistencia a esfuerzos externos, no se contamina al contacto con el medio ambiente. La carbonatación del concreto es un proceso que se origina principalmente por la humedad. [...]”. Ahora podemos hablar de la manera en que se determine la carbonatación del concreto por medio de pruebas en laboratorio y con la realización del test de fenolftaleína podremos determinar cómo se origina la carbonatación del concreto. [31].

La forma de determinar si un concreto está carbonatado se da mediante un proceso sencillo: solo debemos de medir el (PH) al concreto. Esto determinará que nivel de alcalinidad o acidez que contiene el material, ya que esto es un proceso

Químico en el cual se evalúa la concentración de los iones de hidrogeno (H_3O^+). “Para la medición de la alcalinidad o acides del concreto, usaremos una escala para determinar la disolución acuosa que, nos permite medir el porcentaje de concentración de los iones-hidrogeno, esta tabla inicia con el 0 siendo ese un ácido, y en el nivel 7 siendo un compuesto neutro y al final tenemos el número 14 el cual indica que es un elemento básico. [...]” [32] [33].

El hormigón cuando se encuentra en estado sólido, tiene un PH de 12.5 se puede considerar que el elemento se encuentra en un rango de alcalinidad, este puede llegar a medir entre 12.6 y 14 el cual sería totalmente básico cuando se inicia la carbonatación del concreto cambia su PH y este llega a bajar a niveles inferiores a los 9. A pesar que el concreto aún se presenta dentro del rango de una base, no es suficiente para poder proteger al acero de refuerzo. [...]” [34].

Un elemento puede ser un Acido o una Base, en esto radica el equilibrio que posee cada elemento o material si se altera, este equilibrio mezclándolo con algún otro elemento que sea una base o un ácido lograra producir un cambio en composición de esta manera si, acido llega a mezclarse con una base el nivel de acidez del elemento bajara considerablemente, llevando así al cambio en sus propiedades químicas las cuales no están, preparadas para relacionarse o proteger de los de los cloruros y sales que encontramos en el ambiente tornándose más débiles al perder sus propiedades físicas. [...]” [35].

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo Y Diseño De Investigación.

3.1.1. Tipo de Investigación:

“Cuando nos referimos a los tipos de investigación, aludimos a la clasificación de la investigación, tradicionalmente se presentan tres tipos de investigación, básica, aplicada y tecnológica u operativa. Cada uno de estos tipos de investigación tienen objetivos y estrategias distintos para llevar a cabo el proceso investigativo [...]” [36].

Aplicada porque utiliza los conocimientos adquiridos en la práctica como las características y propiedades del acero, para aplicarlo en las obras, y obtener resultados en beneficio de la población y el medio ambiente, tiene como propósito la solución de problemas.

3.1.2. Diseño de la Investigación:

“conviene reiterar que el diseño de la investigación es la estrategia o plan que se utilizara para obtener la colecta de datos, responder a la formulación del problema, al cumplimiento de los objetivos, y para aceptar o rechazar la hipótesis nula [...]” [37].

El proyecto de investigación adapta un diseño experimental, modificando así la Variable independiente planteando diferentes proporciones con el fin de obtener los resultados esperados en base a la variable dependiente.

3.2. Variables Y Operacionalización

3.2.1. Variable Dependiente: Resistencia a la Corrosión

“Una variable dependiente es aquella que resulta de las variaciones hechas en la independiente [...]” [38]

3.2.2. Variable Independiente:

- Fibra de Vidrio.
- Silicona.

“Una variable es llamada independiente cuando su efecto es controlado por el investigador, con lo cual se busca obtener un resultado sobre la variable dependiente, mediante sus modificaciones

3.2.3. Operacionalización de la Variable:

“En un lenguaje sencillo, la Operacionalización de las variables viene a ser la búsqueda de los componentes o elementos que constituyen dichas variables, para precisar las dimensiones e indicadores, estas operan mediante la definición conceptual. La matriz de Operacionalización de las variables, (Ver - Anexo figura 2)

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA:

3.3.1. Población:

“El universo en las investigaciones es el conjunto de eventos que se van a estudiar con las diferentes técnicas que se ha analizado, [...]. En la investigación, la población accesible; es la utilizable ya que ayuda a la investigación” [39].

De acuerdo a los datos obtenidos, la costa verde en el distrito Magdalena del Mar, cuenta con ocho manzanas donde a cada manzana le corresponde treinta y dos viviendas, que hacen un total de doscientos cincuenta y seis, viviendas que se encuentran expuestas a la humedad y a las Sales marinas, las mismas que serán consideradas como población.

Criterios de Inclusión: Las vigas y columnas son elementos proyectados a soportar y transmitir cargas a las que están sometidas las estructuras, por tal motivo es importante reducir el deterioro de sus elementos para evitar posibles fallas, la reparación y rehabilitación de estos elementos estructurales resultan ser muy costosos, por ello tomaremos como muestra estos elementos.

3.3.2. Muestra:

Es un subconjunto representativo de un universo o población. Es representativo porque refleja finalmente las características de la población.

3.3.2. Muestreo:

Es el proceso de selección de una parte representativa de la población, la cual permite estimar los parámetros de la población, u parámetro es un valor numérico que caracteriza la población que es objeto de estudio

Se realizará un muestreo no probabilístico donde iniciaremos tomando las muestras de menos porcentaje y finalizando con la de mayor porcentaje.

3.4. Técnicas e Instrumento de recolección de Datos.

3.4.1. Técnicas

“Que para la investigación científica en la actualidad hay diferentes técnicas o instrumentos para recolectar datos en la tarea o trabajo de campo de una establecida investigación, dependerá del tipo de investigación que se va hacer para lo cual se aplicará la técnica adecuada de varias.

Para la elaboración de recolección de datos se elaborará la técnica de observación (inspección) directa donde tomaremos nota como se manifestó el elemento a estudiar o analizar,

También usaremos la técnica del experimento, donde realizaremos ensayos y pruebas en laboratorio esta etapa bastante importante para el análisis y juicio de los elementos de concreto armado.

Siendo necesarias para precisar las causas de corrosión en elementos estructurales de dichas viviendas, estas técnicas servirán para poder ordenar, seleccionar y analizar toda la problemática afectadas por corrosión, así llegar a comprender las principales causas que aquejan a nuestra localidad para después hacer un análisis con los resultados y finalmente concluir la verdadera causa que afectó a dichas viviendas Evaluadas.

3.4.2. Instrumentos.

Que la observación no se trata solo de mirar, sino que se enfoca en registrar información válida y confiable de comportamientos, conductas manifestadas, la observación puede ser usada de manera cuantitativa, es donde, se registra la frecuencia con que aparecen importantes conductas, es dada solo por conteos.

La ficha de observación será la fuente de instrumento para recolectar datos de dichas viviendas afectadas por corrosión.

Los instrumentos del laboratorio y los instrumentos para los ensayos será nuestra segunda fase para la obtención de resultados para confirmar nuestra hipótesis. Para la información de un diagnóstico de corrosión se debe obtener a partir de ensayos de campo como en laboratorio, no todas las pruebas serán necesarias realizarlas (depende del evaluador y su conocimiento).

PE1: pH; se medirá con el instrumento llamado “Phmetro digital”, la cual consiste en sacar dos muestras trituradas y pesadas de concreto, se homogeniza la muestra con agua des ionizada, para luego medir con el Phmetro, los rangos de 11 a 12 indica buen concreto y los menores de 10 a 8 concreto acido es decir el acero se encuentra despasivado.

PE2: Carbonatación; de la muestra extraída de concreto, realizaremos el ensayo de Carbonatación, donde se utiliza la “fenolftaleína” al 1% en “alcohol etílico”, esta solución es incolora en PH menores a 8.5 (carbonatado).

3.4.3. Validez

C. Se realizarán fichas de recolección de datos de los ensayos, los cuáles serán validados y firmados por 3 Ingenieros Civiles Colegiados.

Los ensayos a realizar son: La técnica del Pulso galvanizado, Ensayo a la Compresión, Ensayo a la Flexión.

D. Las constancias de los ensayos deberán estar firmadas por el Ingeniero especialista y el Ingeniero jefe del laboratorio, validando el trabajo y el resultado final.

3.4.4. Confiabilidad

Si mis instrumentos se encuentran en mal estado o son defectuosas de nada me serviría realizar mi investigación ya que no me darán resultados confiables y así no podré llegar a mi objetivo.

“Uno puede tener las preguntas de investigación más impactante o imaginativa, con la hipótesis bien estandarizada o definida y bien expresada, pero si las herramientas que usas para medirla son defectuosas, es como si no hubieras hecho nada o tuvieras nada.

Los instrumentos Serán debidamente calibrados de acuerdo a la normativa peruana y para usarse los instrumentos en el campo tendrán garantía de la empresa en la cual se realizará la calibración de los instrumentos los cuales otorgarán los certificados de aprobación de la Norma Internacional ISO 9001.

“la medición que se realizara con diferentes instrumentos, y está siendo aplicada a un sujeto u objeto da resultados similares o iguales tantas veces sea, podemos decir que estamos ante un instrumento confiable.

Al hacer uso del instrumento en el laboratorio del instituto de corrosión y protección ubicada en la Universidad Nacional de Ingeniería nos darán un certificado de todos sus instrumentos a usar estén en óptimas condiciones y bien calibradas y así obtener resultados correctos.

3.5. Procedimientos

En el sub campo matemático del análisis numérico, se denomina **interpolación** a la obtención de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto discreto de puntos.

- Interpolación de datos de tesis y expedientes técnicos.

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

3.6. Método de Análisis de Datos

Se aplicó las fichas de observación en hojas de cálculo de MS Excel. Las informaciones recolectadas por medio de las fichas técnicas sirvieron para hacer el análisis de las principales causas de corrosión en los elementos de concreto armado de viviendas expuestas a la humedad. Y agentes corrosivos.

3.7. Aspectos Éticos

A. Ética en la recolección de datos. – Aplicar de manera responsable el análisis de datos respetando a los autores de acuerdo al ISO 690-210.

B. Ética para el inicio de la investigación. - Elaborar el trabajo de investigación pasara por la evaluación del programa turnitin, para garantizar la originalidad de la presente investigación.

C. Ética en la solución de resultados. -Conseguir los resultados de análisis de las muestras, tomando siempre en cuenta la veracidad de los elementos corroídos obtenidos en el campo de trabajo y cuáles son las principales causas de dichas viviendas para que lleguen a corroerse. Comprobar a criterio del evaluador si los análisis realizados coinciden con lo hallado en el lugar de trabajo basados a la realidad de la misma.

IV. RESULTADOS.

4.1. Ubicación Geográfica

El Lugar donde se realizó la investigación en el distrito de Magdalena del Mar, provincia de Lima, departamento de Lima, como se muestra en la figura de ubicación en Google Maps.



Figura 03: Ubicación de la Zona.

4.2. Trabajo de Obtención de Datos

En la época de emergencia sanitaria de Febrero.20 a Julio.20 que nos tocó vivir, donde el virus del Covid.19 estuvo convertido en una Pandemia, no se podía salir de los domicilios porque se decretó la inmovilización domiciliaria, estaba prohibida el transporte en bus local e interprovincial y los laboratorios de Suelos y Concreto se mantuvieron cerradas, el mejor recojo de la información de los datos para elaborar el Desarrollo del Proyecto de Investigación fue mediante la técnica del Análisis Documental.

Método que dio la oportunidad de obtener datos mediante el acceso a la información de los ensayos realizados de las tesis presentes en los repositorios de las Universidades que contaban con la carrera de Ingeniería Civil a nivel nacional e

Internacional, así como también obtener la Teoría de los Artículos Científicos los cuales se encontraban en las páginas web de las revistas de investigación on line.

4.3. Trabajo de Laboratorios

Las Tablas y Figuras Bases de los ensayos que se muestran a continuación fueron obtenidas por medio del análisis documental, para los ensayos del Test de la Fenolftaleína (Carbonatación), pH del Concreto, para los ensayos de durabilidad del concreto y por último ensayo de Pulso Galvanostático para determinar el potencial corrosivo en el acero estructural.

Carbonatación y pH del Concreto

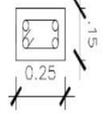
Los cloruros favorecen las picaduras localizadas corrosión del acero, y el efecto de carbonatación por la penetración de CO₂ en relación con la corrosión del refuerzo se da reduciendo el pH del poro de agua La caída del pH a ciertos niveles puede causar la pérdida de la primera pasiva, el inicio de la corrosión y con el tiempo, corrosión severa del refuerzo.

El análisis documental, para los ensayos practicados y presentes en la tesis de Mejilla y Chávez (2018) titulada ***“Análisis de principales causas de corrosión en estructuras de concreto armado de viviendas autoconstruidas en la urbanización Manco Cápac, San Juan de Lurigancho, 2018”*** de la universidad Cesar Vallejo, realizado en la ciudad de Lima – Perú.

Los datos de carbonatación, pH del concreto y los Cloruros y sulfatos, (original) presentes en el concreto se obtuvieron del ensayo del Test de la Fenolftaleína y con el uso del Phmetro Digital pudimos obtener los porcentajes agentes corrosivos y el nivel de alcalinidad del concreto, en Vigas y Columnas de 2 viviendas evaluadas, según muestra la Tablas 01 y 02.

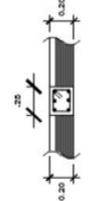
Análisis de Datos

Tablas 01: Carbonatación, pH - % de cloruros y Sulfatos del Concreto.

Vivienda 1									FICHA 01
N° de Pisos	Área Construida	Columnas		Vigas		Tipo de Daño			Nivel de Daño
		Cant. (Unid.)	Dañadas	Cant. (ml)	Dañadas	Indicios de Corrosion	Fisuras	Grietas	
1 ^{ro}	150m	25	14	120	50	50%	20%	30%	Critico
2 ^{do}	150m	25	14	120	45	50%	30%	20%	Critico
3 ^{ro}	N/P	0	0	0	0	0	0	0	
Resultados en Elementos Corroídos									R-1
Elemento Estructural	Ø de Acero	Detalle de Acero	R resultados en abono	Carbonatación	Sulfatos	Cloruros	pH	Recubrimiento	
Columna	1/2"-1/4"			SI	1.16%	0.09%	8.56	19.00mm	
								14.58mm	
								21.69mm	
								16.34mm	
							14.68mm		
			Critico	Critico	Leve	Critico	Critico		
Nivel de Daño									

Fuente: Elaboración propia.

Tablas 02: Carbonatación, pH - % de cloruros y Sulfatos del Concreto.

Vivienda 2									FICHA 02
N° de Pisos	Área Construida	Columnas		Vigas		Tipo de Daño			Nivel de Daño
		Cant. (Unid.)	Dañadas	Cant. (ml)	Dañadas	Indicios de Corrosion	Fisuras	Grietas	
1 ^{ro}	180m	20	10	150	60	50%	20%	30%	Critico
2 ^{do}	180m	20	10	150	60	50%	30%	20%	Critico
3 ^{ro}	N/P	0	0	0	0	0	0	0	
Resultados en Elementos Corroídos									R-2
Elemento Estructural	Ø de Acero	Detalle de Acero	R resultados en abono	Carbonatación	Sulfatos	Cloruros	pH	Recubrimiento	
Losa y Viga	1/2"-1/4"			SI	0.86%	0.06%	8.82	11.72mm	
								9.86mm	
			Critico	Moderado	Normal	Critico	Critico		
Nivel de Daño									

Fuente: Elaboración propia.

Fibra de Vidrio.

Durabilidad del Concreto.

“La durabilidad del concreto puede definirse como su capacidad para resistir la acción del medio ambiente circundante, los ataques químicos, biológicos, la abrasión y cualquier otro proceso de deterioro. [...]” [40].

El análisis documental practicados y presentes en la tesis de Tejada y Salvatierra (2019) titulada **“Efecto de la fibra de vidrio Tipo E sobre la resistencia a la compresión, flexión y absorción del concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ”** de la universidad Cesar Vallejo, realizado en la ciudad de Trujillo – Perú.

Los datos de Durabilidad (original) fueron obtenidos, mediante los ensayos de Resistencia a la Compresión, de tal manera que pudimos obtener las cargas a soportar del concreto, según la Tabla 03.

Tablas 03: *Resistencia a Compresión.*

Ensayo de Compresión		
%	días	(Kg/cm ²)
0%	28	370.84
3%	28	382.41
5%	28	313.16
7%	28	241.62

Fuente Tejada y Salvatierra (2019)

Interpolando.

En el sub campo matemático del análisis numérico, se denomina interpolación a la obtención de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto de puntos ante ello, insertamos nuestros datos dentro del intervalo donde conocemos los valores ya experimentados, para obtener los nuevos resultados, toda vez que, se asemejan en tipo de suelo, aditivos y porcentajes de la presente Tesis. Para lo cual se utilizó la siguiente formula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

Los valores que se interpolaron fueron realizados tomando en cuenta, los valores obtenidos en la Tabla 04, se realizó la interpolación del 1.5%, 2.5% y 3.2%, los

Cuales se encuentran dentro del rango de datos del 0% y 7% de la tesis original.

Tablas 04: Resistencia a Compresión. – Interpolación

Ensayo de Compresión		
%	días	(Kg/cm2)
0%	28	370.84
1.5%	28	376.63
2.5%	28	380.42
3%	28	382.41
3.2%	28	375.42
5%	28	313.16
7%	28	241.62

Fuente Elaboración propia

El cual dio como resultado una nueva ficha de registro de datos para la presente tesis, en base a los distintos porcentajes de las Fibras de Vidrio que al incorporarse a la mezcla del concreto dieron nuevos resultados dentro de los valores proyectados. Según Tabla 05.

Tablas 05: Compresión. – Interpolación – Ficha de registro de Datos

Ensayo de Compresión		
%	días	(Kg/cm2)
0%	28	370.84
1.5%	28	376.63
2.5%	28	380.42
3.2%	28	375.42

Fuente Elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla mostrada, se procedió a realizar un gráfico donde se aprecia la variación que se obtuvo aumentando los porcentajes de fibra de vidrio con respecto a los ensayos de compresión: A continuación, la siguiente figura muestra los porcentajes utilizados son de (1.5%, 2.5% y 3.2%).

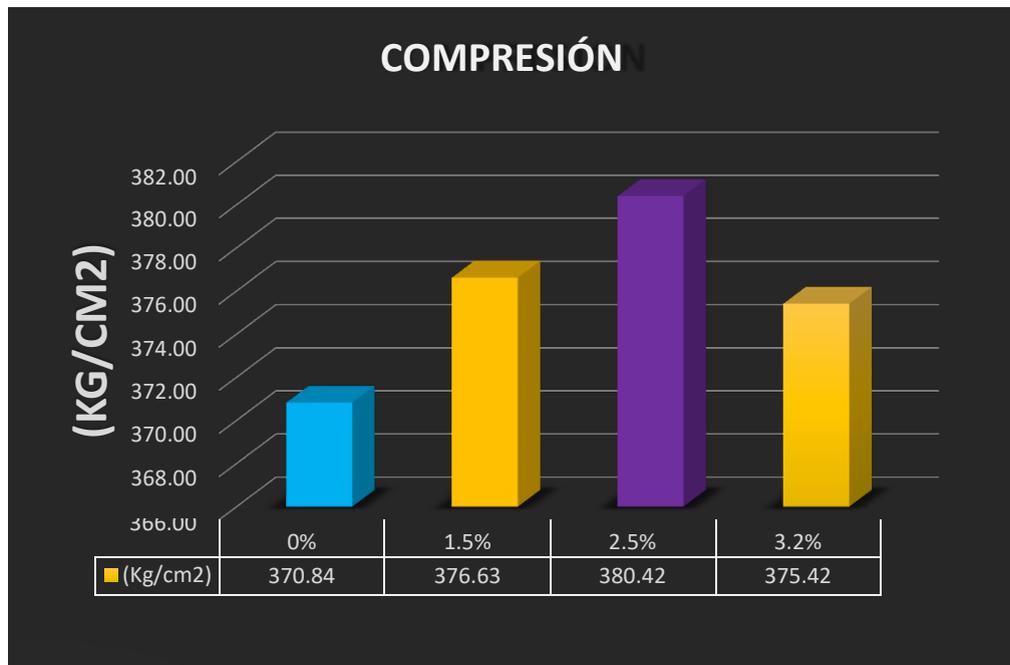


Figura 04: Resumen de la evaluación de Resistencia a Compresión

INTERPRETACIÓN

En la Figura 04, se mostró la variación de Resistencia a Compresión del concreto, respecto con la muestra patrón sin inhibidor que obtuvo una resistencia de **370.84 kg/cm²**; para la muestra con un contenido del **1.5% de fibra de vidrio** se obtuvo **376.63 kg/cm²** y, se reconoce el aumento de la **resistencia en un 1.56%** con respecto a la muestra patrón, para la muestra con un contenido del **2.5% de fibra de vidrio** se obtuvo **380.42 kg/cm²** y, se reconoce la disminución de la **resistencia en un 2.64%** con respecto a la muestra patrón, para la muestra con un contenido del **3.2% de fibra de vidrio** se obtuvo **375.42 kg/cm²** y, se reconoce el aumento de la **resistencia en un 1.24%** con respecto a la muestra patrón, podemos observar que las 3 dosificaciones mejoraron la resistencia en compresión del concreto.

Los datos de Durabilidad (original) fueron obtenidos, mediante los ensayos de Resistencia a la Flexibilidad, de tal manera que pudimos obtener las cargas a soportar del concreto, según la Tabla 06.

Tablas 06: Resistencia a Flexión

Ensayo de Flexión		
%	días	(Kg/cm2)
0%	28	38.51
3%	28	45.84
5%	28	39.17
7%	28	34.64

Fuente Tejada y Salvatierra (2019).

Interpolando.

En el sub campo matemático del análisis numérico, se denomina interpolación a la obtención de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto de punto ante ello, insertamos nuestros datos dentro del intervalo donde conocemos los valores ya experimentados, para obtener los nuevos resultados, toda vez que, se asemejan en tipo de suelo, aditivos y porcentajes de la presente Tesis.

Los valores que se interpolaron fueron realizados tomando en cuenta, los valores obtenidos en la Tabla 07, se realizó la interpolación del 1.5%, 2.5% y 3.2%, los cuales se encuentran dentro del rango de datos del 0% y 7% de la tesis original.

Tablas 07: Resistencia a Flexión. – Interpolación

Ensayo de Flexión		
%	días	(Kg/cm2)
0%	28	38.51
1.5%	28	42.18
2.5%	28	44.62
3%	28	45.84
3.2%	28	45.17
5%	28	39.17
7%	28	34.64

Fuente Elaboración propia

El cual dio como resultado una nueva ficha de registro de datos para la presente tesis, en base a los distintos porcentajes de las Fibras de Vidrio que al incorporarse a la mezcla del concreto dieron nuevos resultados dentro de los valores proyectados. Según Tabla 08

Tablas 08: Flexión. – Interpolación – Ficha de registro de Datos

Ensayo de Flexión		
%	días	(Kg/cm ²)
0%	28	38.51
1.5%	28	42.18
2.5%	28	44.62
3.2%	28	45.17

Fuente Elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla mostrada, se procedió a realizar un gráfico donde se aprecia la variación que se obtuvo aumentando los porcentajes de fibra de vidrio con respecto a los ensayos de Flexión: A continuación, la siguiente figura muestra los porcentajes utilizados son de (1.5%, 2.5% y 3.2%).

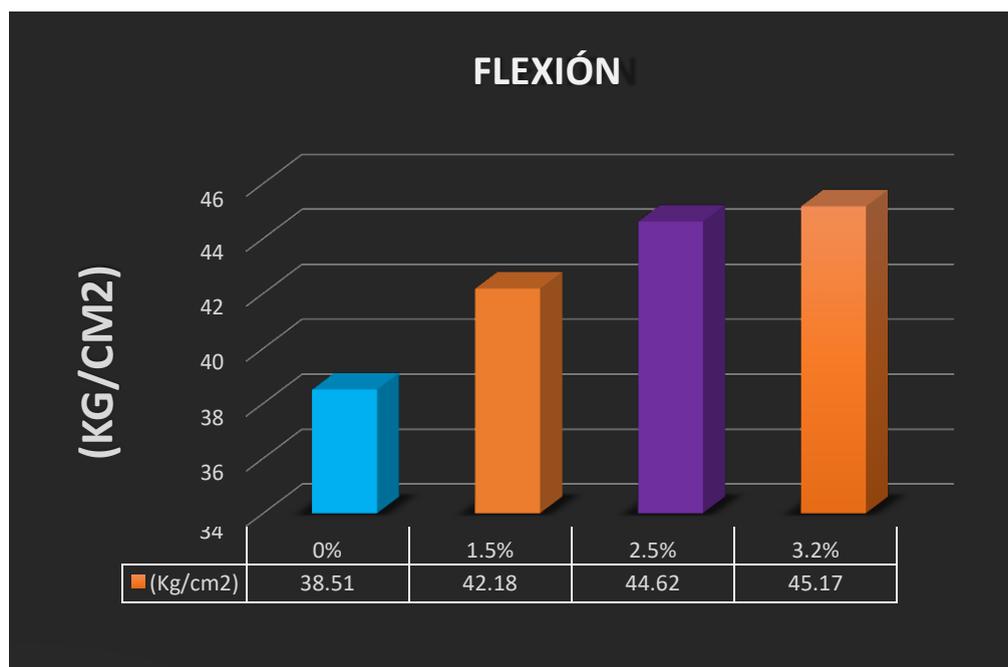


Figura 05: Resumen de la evaluación de Resistencia a Flexió

INTERPRETACIÓN

En la Figura 05, se mostró la variación de Resistencia a Flexión del concreto, respecto con la muestra patrón sin inhibidor que obtuvo una resistencia de **38.51 kg/cm²**; para la muestra con un contenido del **1.5% de fibra de vidrio** se obtuvo **42.18 kg/cm²** y, se reconoce el aumento de la **resistencia en un 9.53%** con respecto a la muestra patrón; para la muestra con un contenido del **2.5% de fibra de vidrio** se obtuvo **44.62 kg/cm²** y, se reconoce el aumento de la **resistencia en un 15.41%** con respecto a la muestra patrón; para la muestra con un contenido del **3.2% de fibra de vidrio** se obtuvo **45.17 kg/cm²** y, se reconoce el aumento en la **resistencia en un 17.30%** con respecto a la muestra patrón, podemos observar que las dosificaciones de fibra de vidrio obtuvo la mejoran resistencia a Flexión del concreto.

Corrosión de Acero

Los valores I_{corr} nos determinan la intensidad de corrosión que tiene el acero, y mientras la intensidad de corrosión baje el potencial de corrosión tiende a bajar, tenemos que tener en cuenta que los valores menores al $0.1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ representan un estado pasivo de corrosión, a medida que aumenta estos valores el fenómeno de la corrosión aumenta.

Los datos de Potencial de Corrosión I_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$) (original) fueron obtenidos, mediante ensayos de la técnica de pulso galvanostático, de tal manera que pudimos obtener el porcentaje del potencial corrosivo del acero estructura, según la Tabla 09.

Tablas 09: Potencial Corrosivo.

ENSAYO DE PULSO GALVANOSTÁTICO		
%	Días	I_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)
0%	28	9.95
3%	28	3.89
5%	28	3.46
7%	28	3.04

Fuente Tejada y Salvatierra (2019).

Interpolando.

En el sub campo matemático del análisis numérico, se denomina interpolación a la obtención de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto de punto ante ello, insertamos nuestros datos dentro del intervalo donde conocemos los valores ya experimentados, para obtener los nuevos resultados, toda vez que, se asemejan en tipo de suelo, aditivos y porcentajes de la presente Tesis.

Los valores que se interpolaron fueron realizados tomando en cuenta, los valores obtenidos en la Tabla 10, se realizó la interpolación del 1.5%, 2.5% y 3.2%, los cuales se encuentran dentro del rango de datos del 0% y 7% de la tesis original.

Tablas 10: *Potencial Corrosivo. – Interpolación*

ENSAYO DE PULSO GALVANOSTÁTICO		
%	Días	Icorr ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)
0%	28	9.95
1.5%	28	6.92
2.5%	28	4.90
3%	28	3.89
3.2%	28	3.85
5%	28	3.46
7%	28	3.04

Fuente Elaboración propia

El cual dio como resultado una nueva ficha de registro de datos para la presente tesis, en base a los distintos porcentajes de Fibra de Vidrio que al incorporarse a la mezcla del concreto dieron nuevos resultados dentro de los valores proyectados. Según Tabla 11

Tablas 11: *Potencial Corrosivo*

ENSAYO DE PULSO GALVANOSTÁTICO		
%	días	Icorr ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)
0%	28	9.95
1.5%	28	6.92
2.5%	28	4.90
3.2%	28	3.85

Fuente Elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla mostrada, se procedió a realizar un gráfico donde se aprecia la variación que se obtuvo aumentando los porcentajes de fibra de vidrio con respecto a los ensayos de pulso galvanostático: A continuación, la siguiente figura muestra los porcentajes utilizados son de (1.5%, 2.5% y 3.2%).

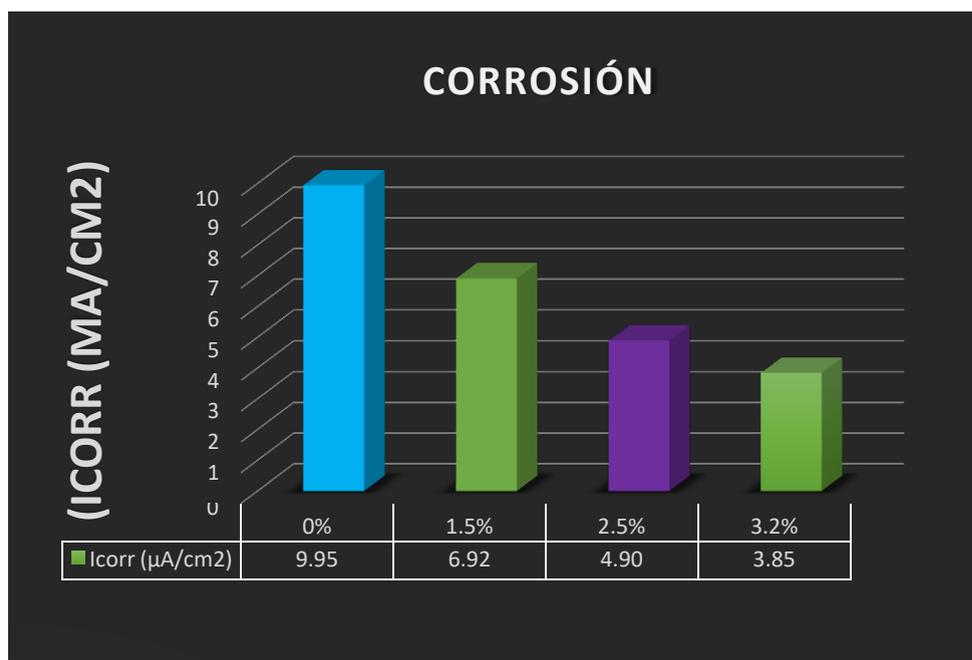


Figura 06: Resumen de la evaluación de Corrosión

INTERPRETACIÓN

En la Figura 06, se realiza una comparación con los resultados obtenidos en la última medida para probetas con y sin inhibidor, es posible observar que los resultados son menores que los obtenidos en la probeta sin inhibidor. Se obtuvo un valor de **9.95 (µA/cm²)** en la muestra patrón; para la muestra con un contenido del **1.5% de Fibra de Vidrio**, se obtuvo un valor de **6.92 (µA/cm²)** y se reconoce la disminución del **potencial corrosivo en un 30.45%** con respecto a la muestra patrón; para la muestra con un contenido del **2.5% de Fibra de Vidrio**, se obtuvo **4.90 (µA/cm²)** y se reconoce la disminución del **potencial corrosivo en un 50.75%** con respecto a la muestra patrón; para la muestra con un contenido del **3.2% de Fibra de Vidrio**, se obtuvo **3.85 (µA/cm²)** y reconoce la disminución del **potencial corrosivo en un 61.30%** con respecto a la muestra patrón, podemos observar que a mayor dosificación del inhibidor, este ayuda a disminuir más los valores Icorr, acercándose los valores menores al **0.1 (µA/cm²)**, el cual nos llevara a un estado pasivo, el cual, evitaría el fenómeno de la corrosión.

SIKAGARD 705L.

Durabilidad de Concreto

Practicados y presentes en la tesis de Bonilla (2017) titulada “**Eficacia de los inhibidores de corrosión en la reparación Estructural**” de la universidad Politécnica de Madrid.

Los datos de Durabilidad (original) fueron obtenidos, mediante los ensayos de Resistencia a la Compresión, de tal manera que pudimos obtener las cargas a soportar del concreto, según la Tabla 12

Tablas 12: *Resistencia a Compresión*

Ensayo de Compresión		
%	días	Mpa
0%	28	77.25
4%	28	78.75
6%	28	83.5

Fuente: Bonilla (2017).

Interpolando.

En el sub campo matemático del análisis numérico, se denomina interpolación a la obtención de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto de punto ante ello, insertamos nuestros datos dentro del intervalo donde conocemos los valores ya experimentados, para obtener los nuevos resultados, toda vez que, se asemejan en tipo de suelo, aditivos y porcentajes de la presente Tesis.

Los valores que se interpolaron fueron realizados tomando en cuenta, los valores obtenidos en la Tabla 13, se realizó la interpolación del 1%, 3% y 5%, los cuales se encuentran dentro del rango de datos del 0% y 6% de la tesis original.

Tablas 13: Resistencia a Compresión. – Interpolación

Ensayo de Compresión		
%	días	Mpa
0%	28	77.25
1%	28	77.63
3%	28	78.38
4%	28	78.75
5%	28	81.13
6%	28	83.5

Fuente Elaboración propia

El cual dio como resultado una nueva ficha de registro de datos para la presente tesis, en base a los distintos porcentajes del SIKAGARD 705L que al incorporarse a la mezcla del concreto dieron nuevos resultados dentro de los valores proyectados. Según Tabla 14.

Tablas 14: Compresión. – Interpolación – Ficha de registro de Datos

Ensayo de Compresión		
%	días	Mpa
0%	28	77.25
1%	28	77.63
3%	28	78.38
5%	28	81.13

Fuente Elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla mostrada, se procedió a realizar un gráfico donde se aprecia la variación que se obtuvo aumentando los porcentajes de SIKAGARD 705L con respecto a los ensayos de compresión: A continuación, la siguiente figura muestra los porcentajes utilizados son de (1%, 3% y 5%).

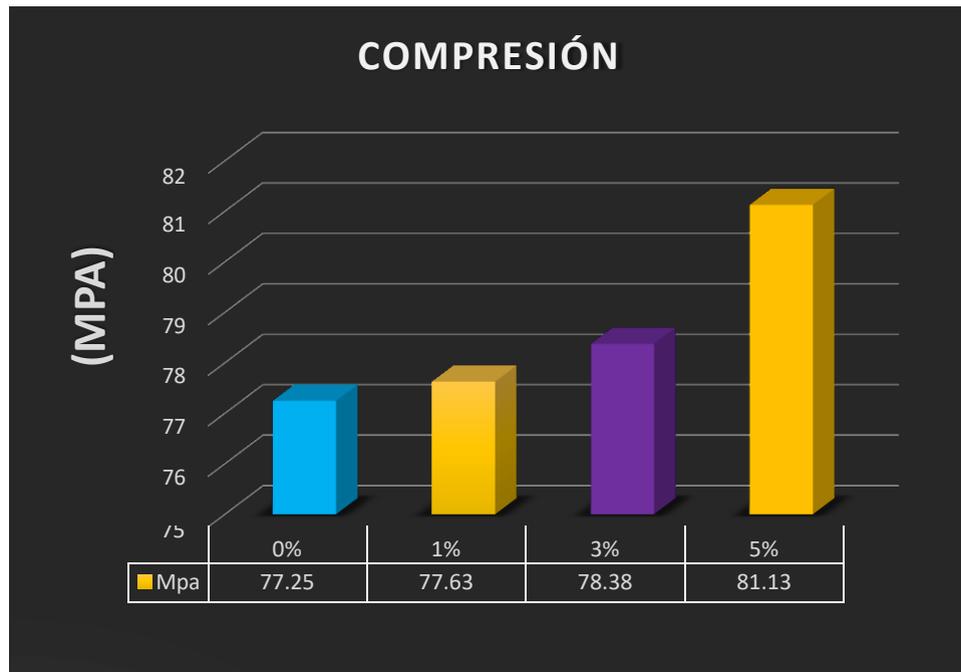


Figura 07: Resumen de la evaluación de Resistencia a Compresión

INTERPRETACIÓN

En la Figura 07, se mostró la variación de Resistencia a Compresión del concreto, respecto con la muestra patrón sin inhibidor que obtuvo una resistencia de **77.25 Mpa**; para la muestra con un contenido del **1% de SIKAGARD 705L** se obtuvo **77.63 Mpa** y, se reconoce el aumento de la **resistencia en un 0.49%** con respecto a la muestra patrón; para la muestra con un contenido del **3% de SIKAGARD 705L** se obtuvo **78.38 Mpa** y, se reconoce el aumento de la **resistencia en un 1.46%** con respecto a la muestra patrón; para la muestra con un contenido del **5% de SIKAGARD 705L** se obtuvo **81.13 Mpa** y, se reconoce el aumento de la **resistencia en un 4.37%** con respecto a la muestra patrón, podemos observar que a mayor porcentaje en la dosificación, podemos obtener mayor aumento en la resistencia a compresión del concreto.

Los datos de Durabilidad (original) fueron obtenidos, mediante los ensayos de Resistencia a la Compresión, de tal manera que pudimos obtener las cargas a soportar del concreto, según la Tabla 15

Tablas 15: Resistencia a Flexión

Ensayo de Flexión		
%	días	Mpa
0%	28	8
4%	28	8.65
6%	28	8.2

Fuente Bonilla (2017)

Interpolando.

En el sub campo matemático del análisis numérico, se denomina interpolación a la obtención de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto de punto ante ello, insertamos nuestros datos dentro del intervalo donde conocemos los valores ya experimentados, para obtener los nuevos resultados, toda vez que, se asemejan en tipo de suelo, aditivos y porcentajes de la presente Tesis.

Los valores que se interpolaron fueron realizados tomando en cuenta, los valores obtenidos en la Tabla 16, se realizó la interpolación del 1%, 3% y 5%, los cuales se encuentran dentro del rango de datos del 0% y 6% de la tesis original.

Tablas 16: Flexión. – Interpolación

Ensayo de Flexión		
%	días	Mpa
0%	28	8
1%	28	8.16
3%	28	8.49
4%	28	8.65
5%	28	8.43
6%	28	8.2

Fuente Elaboración propia

El cual dio como resultado una nueva ficha de registro de datos para la presente tesis, en base a los distintos porcentajes de SIKAGARD 705L que al incorporarse a la mezcla del concreto dieron nuevos resultados dentro de los valores proyectados. Según Tabla 17

Tablas 17: Flexión. – Interpolación – Ficha de registro de Datos

Ensayo de Flexión		
%	días	Mpa
0%	28	8
1%	28	8.16
3%	28	8.49
5%	28	8.43

Fuente Elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla mostrada, se procedió a realizar un gráfico donde se aprecia la variación que se obtuvo aumentando los porcentajes de fibra de vidrio con respecto a los ensayos de Flexión: A continuación, la siguiente figura muestra los porcentajes utilizados son de (1%, 3% y 5%).

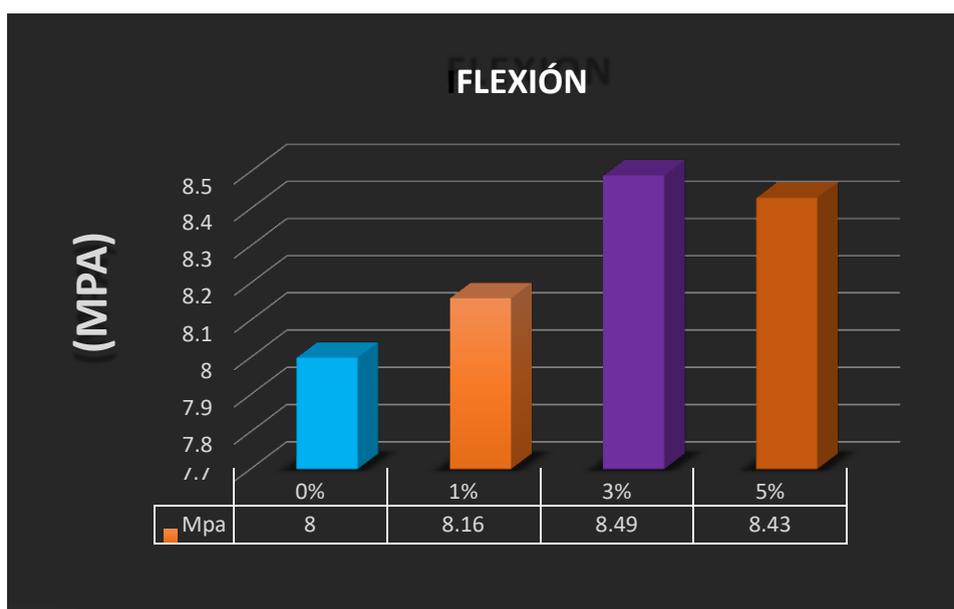


Figura 08: Resumen de la evaluación de Resistencia a Flexión

INTERPRETACIÓN

En la Figura 08, se mostró la variación de Resistencia a Flexión del concreto, respecto con la muestra patrón sin inhibidor que obtuvo una resistencia de **8.00 Mpa**; Para la muestra con un contenido del **1% de SIKAGARD 705L**, se obtuvo **8.16 Mpa**. Y se reconoce el aumento de la **resistencia en un 5.10%** con respecto a la muestra patrón; para la muestra con un contenido del **2% de SIKAGARD 705L** se obtuvo **8.49 Mpa**. Y, se reconoce el aumento de la **resistencia en un 6.13%** con respecto a la muestra patrón; para la muestra con un contenido del **5% de SIKAGARD 705L** se obtuvo **8.43 Mpa**. Y, se reconoce el aumento de la **resistencia en un 5.37%** con respecto a la muestra patrón, podemos observar que los tres porcentajes nos ofrecen un aumento en la resistencia a flexión con respecto a la muestra patrón.

Corrosión de Acero

Los valores I_{corr} nos determinan la intensidad de corrosión que tiene el acero, y mientras la intensidad de corrosión baje el potencial de corrosión tiende a bajar, tenemos que tener en cuenta que los valores menores al $0.1 \mu A/cm^2$ representan un estado pasivo de corrosión, a medida que aumenta estos valores el fenómeno de la corrosión aumenta.

Los datos de Potencial de Corrosión I_{corr} ($\mu A/cm^2$) (original) fueron obtenidos, mediante ensayos de la técnica de pulso galvanostático, de tal manera que pudimos obtener el porcentaje del potencial corrosivo del acero estructura, según la Tabla 18.

Tablas 18: Potencial Corrosivo.

ENSAYO DE PULSO GALVANOSTÁTICO		
%	días	I_{corr} ($\mu A/cm^2$)
0%	28	10.94
4%	28	4.16
6%	28	0.82

Fuente Bonilla (2017)

Interpolando.

En el sub campo matemático del análisis numérico, se denomina interpolación a la obtención de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto de punto ante ello, insertamos nuestros datos dentro del intervalo donde conocemos los valores ya experimentados, para obtener los nuevos resultados, toda vez que, se asemejan en tipo de suelo, aditivos y porcentajes de la presente Tesis.

Los valores que se interpolaron fueron realizados tomando en cuenta, los valores obtenidos en la Tabla 19, se realizó la interpolación del 1%, 3% y 5%, los cuales se encuentran dentro del rango de datos del 0% y 6% de la tesis original.

Tablas 19: *Potencial Corrosivo. – Interpolación*

ENSAYO DE PULSO GALVANOSTÁTICO		
%	días	I _{corr} (μA/cm ²)
0%	28	10.94
1%	28	9.30
3%	28	6.01
4%	28	4.16
5%	28	2.49
6%	28	0.82

Fuente Elaboración propia

El cual dio como resultado una nueva ficha de registro de datos para la presente tesis, en base a los distintos porcentajes de SIKAGARD 705L que al incorporarse a la mezcla del concreto dieron nuevos resultados dentro de los valores proyectados. Según Tabla 20.

Tablas 20: Flexión. – Interpolación – Ficha de registro de Datos

ENSAYO DE PULSO GALVANOSTATICO		
%	días	Icorr ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)
0%	28	10.94
1%	28	9.30
3%	28	6.01
5%	28	2.49

Fuente Elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla mostrada, se procedió a realizar un gráfico donde se aprecia la variación que se obtuvo aumentando los porcentajes de fibra de vidrio con respecto a los ensayos de Flexión: A continuación, la siguiente figura muestra los porcentajes utilizados son de (1%, 3% y 5%).

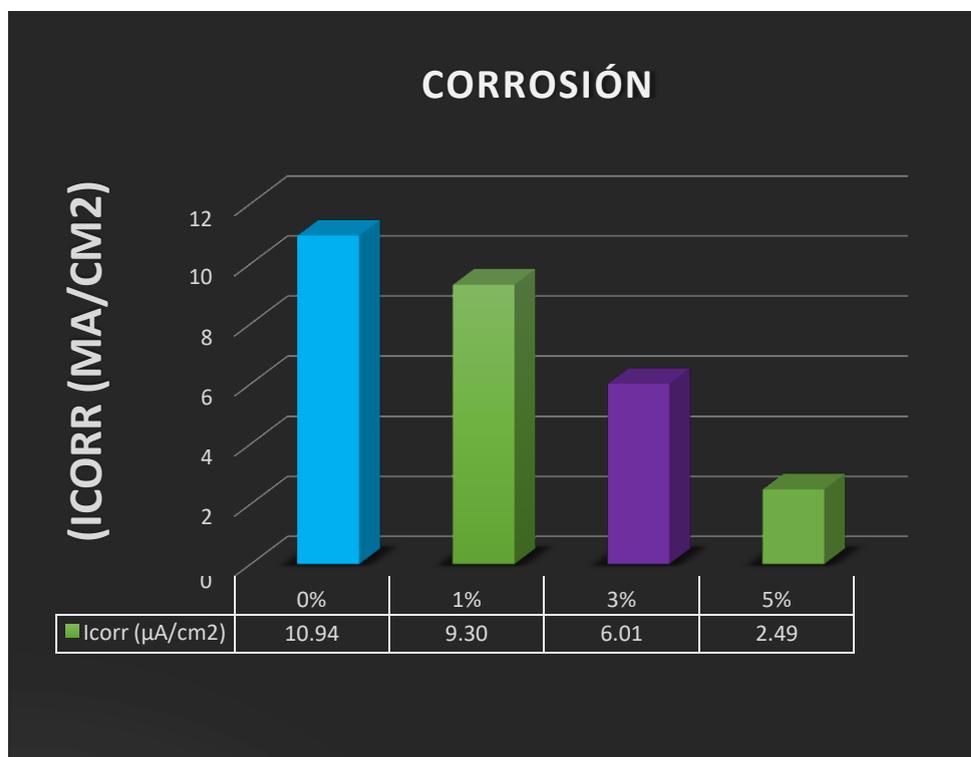


Figura 09: Resumen de la evaluación de Corrosión

INTERPRETACIÓN

En la Figura 09, se realiza una comparación con los resultados obtenidos en la última medida para probetas con y sin inhibidor, es posible observar que los resultados son menores que los obtenidos en la probeta sin inhibidor., se obtuvo un valor de **10.94 ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)** en la muestra patrón; para la muestra con un contenido del **1% de SIKAGARD 705L** y, se obtuvo un valor de **9.30 ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)** y se reconoce la disminución del **potencial corrosivo en un 14.99%** con respecto a la muestra patrón para la muestra con un contenido del **3% de SIKAGARD 705L**, se obtuvo **6.01 ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)** y se reconoce la disminución del **potencial corrosivo en un 45.06%** con respecto a la muestra patrón; para la muestra con un contenido del **5% de SIKAGARD 705L**, se obtuvo **2.49 ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)** y reconoce la disminución del **potencial corrosivo en un 77.23%** con respecto a la muestra patrón, podemos observar que a mayor dosificación del inhibidor, este ayuda a disminuir más los valores I_{corr} , acercándose los valores menores al **0.1 ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)**, el cual nos llevara a un estado pasivo, el cual, evitaría el fenómeno de la corrosión.

Análisis de costos Unitarios

Muestra Patrón

Tablas 21: Análisis de Costos unitario – Muestra patrón.

CONCRETO f' c 210kg/cm2 - Muestra Patrón					
RENDIMIENTO	20	M3/DIA			
JORNADA	8	H	Costo unitario x m3	340.32	
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					223.05
Cemento Portland tipo I (42.5 Kg)	bls		8.4300	20.50	172.82
Arena Gruesa	m3		0.5400	40.00	21.60
Piedra Chancada 1/2"	m3		0.5500	50.00	27.50
Agua	m3		0.2263	5.00	1.13
MANO DE OBRA					104.57
Capataz	hh	0.2000	0.0800	25.20	2.02
operario	hh	2.0000	0.8000	23.93	19.144
Oficial	hh	2.0000	0.8000	18.91	15.128
Peón	hh	10.0000	4.0000	17.07	68.28
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					12.7084
Herramientas manuales	%MO		0.0500	104.57	5.2284
Vibrador de Concreto 4hp 1.5"	hm	1.0000	0.4000	7.14	2.856
Mezcladora concreto de 18hp	hm	1.0000	0.4000	11.56	4.624

Fuente Elaboración propia

Fibra de Vidrio

Tablas 22: Análisis de Costos unitario – Muestra patrón + 6% de Fibra de Vidrio

CONCRETO f'c 210 kg/cm2 - Muestra Patrón + Fibra de vidrio					
RENDIMIENTO	20	M3/DIA			
JORNADA	8	H	Costo unitario x m3		468.56
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					351.28
Cemento Portland tipo I (42.5 Kg)	bls		8.4300	20.50	172.82
Arena Gruesa	m3		0.5400	40.00	21.60
Piedra Chancada 1/2"	m3		0.5500	50.00	27.50
Agua	m3		0.2263	5.00	1.13
Fibra de Vidrio	kg		7.16	17.91	128.24
MANO DE OBRA					104.57
Capataz	hh	0.2000	0.0800	25.20	2.02
operario	hh	2.0000	0.8000	23.93	19.14
Oficial	hh	2.0000	0.8000	18.91	15.13
Peón	hh	10.0000	4.0000	17.07	68.28
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					12.71
Herramientas manuales	%MO		0.0500	104.57	5.23
Vibrador de Concreto 4hp 1.5"	hm	1.0000	0.4000	7.14	2.856
Mezcladora concreto de 18hp	hm	1.0000	0.4000	11.56	4.624

Fuente Elaboración propia

SIKAGARD 705L

Tablas 23: Análisis de Costos unitario – Muestra patrón + 5% de Sikagard 705L

CONCRETO f'c 210 kg/cm2 - Muestra Patrón + Sikagard 705L					
RENDIMIENTO	20	M3/DIA			
JORNADA	8	H	Costo unitario x m3		356.24
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					238.96
Cemento Portland tipo I (42.5 Kg)	bls		8.4300	20.50	172.82
Arena Gruesa	m3		0.5400	40.00	21.60
Piedra Chancada 1/2"	m3		0.5500	50.00	27.50
Agua	m3		0.2263	5.00	1.13
Sikagard 705L	kg		12.53	1.27	15.9131
MANO DE OBRA					104.57
Capataz	hh	0.2000	0.0800	25.20	2.02
operario	hh	2.0000	0.8000	23.93	19.144
Oficial	hh	2.0000	0.8000	18.91	15.128
Peón	hh	10.0000	4.0000	17.07	68.28
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					12.7084
Herramientas manuales	%MO		0.0500	104.57	5.2284
Vibrador de Concreto 4hp 1.5"	hm	1.0000	0.4000	7.14	2.856
Mezcladora concreto de 18hp	hm	1.0000	0.4000	11.56	4.624

Fuente Elaboración propia

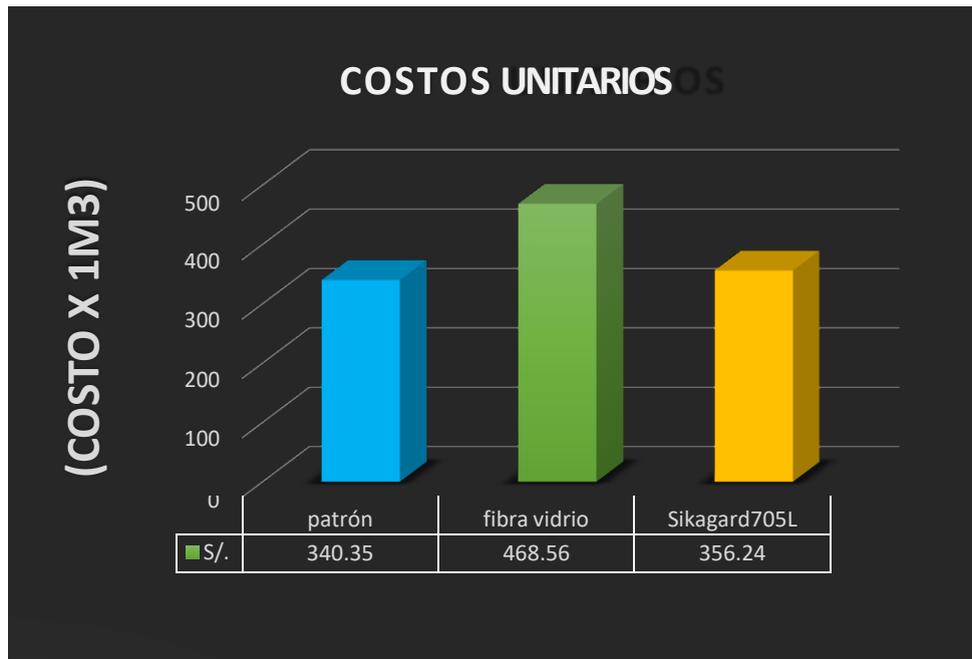


Figura 10: Resumen de Costos unitarios.

INTERPRETACIÓN

En la Figura 10, se realiza una comparación con los resultados obtenidos en la elaboración de costos unitarios, donde observamos un incremento **del 25.23% por 1 m³** al usar fibra de vidrio, con respecto a la muestra patrón; y un incremento del **4.46% por 1 m³** al usar silicona (Sikagard 705L) con respecto a la muestra patrón.

V. DISCUSIÓN

5.1. Influencia de la fibra de vidrio en la corrosión del acero estructural.

Según, Godoy (2015) en su investigación agregó de manera proporcional porcentajes de fibra de vidrio en el diseño de mezcla del concreto, de estas maneras obtuvieron variaciones en el potencial de corrosión del acero estructural logrando disminuir los valores I_{corr} ; en la presente investigación con la adición de diferentes dosificaciones de fibra vidrio se obtuvieron resultados similares al reducirse los valores I_{corr} .

La aplicación de las Diferentes Dosificaciones de Fibra de Vidrio evita la corrosión del acero en elementos Estructurales, Por medio del ensayo de pulso galvanostático para evaluar el potencial corrosivo del acero estructural, al aplicar las diferentes dosificaciones de fibra de vidrio en la elaboración del concreto armado, según los resultados obtenidos, disminuyó los valores I_{corr} , disminuyendo así el potencial corrosivo.

¿Cómo influye la dosificación de la fibra de vidrio para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales? A los 28 días, el acero estructural luego de ser sometido a humedad extrema, el modelo patrón obtuvo valores I_{corr} de **9.95 ($\mu A/cm^2$)** y en la medida que se incorporó la fibra de vidrio en **1.5%, 2.5% y 3.2%** el potencial corrosivo (I_{corr}) disminuyó, siendo el 3.2% la dosificación que mejor resultado nos dio en disminuir el potencial Corrosivo pues logro disminuirlo hasta alcanzar un valor I_{corr} de **3.85 ($\mu A/cm^2$)** logrando reducir los valores del potencial corrosivo, mejorando así la resistencia a corrosión el acero estructural.

Al realizar el análisis de Datos para el desarrollo del proyecto, la búsqueda de información de tesis de investigación no se logró encontrar ninguna tesis que tuvieran los porcentajes similares a los propuestos en la presente investigación. Modificamos los porcentajes de las dosificaciones para así estar dentro del rango de porcentajes de la tesis analizada.

5.2 Influencia de la silicona (Sikagard 705L) en la corrosión del acero en elementos estructurales.

Según, Hernández (2015) en su investigación agregó de manera proporcional porcentajes de Aloe vera en el diseño de mezcla del concreto, de estas maneras obtuvieron variaciones en el potencial de corrosión del acero estructural logrando disminuir los valores I_{corr} ; en la presente investigación con la adición de diferentes dosificaciones de silicona (Sikagard 705L) se obtuvieron resultados similares al reducirse los valores I_{corr} .

La aplicación de las Diferentes Dosificaciones de Silicona (Sikagard 705L) evita la corrosión del acero en elementos estructurales, Por medio del ensayo de pulso galvanostático para evaluar el potencial corrosivo del acero estructural, al aplicar las diferentes dosificaciones de Silicona (Sikagard 705L) en la elaboración del concreto armado, según los resultados obtenidos, disminuyó los valores I_{corr} , disminuyendo así el potencial corrosivo.

¿Cómo influye la dosificación de la silicona (Sikagard 705L) para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales? A los 28 días, el acero estructural luego de ser sometido a humedad extrema, el modelo patrón obtuvo valores I_{corr} de **10.94 ($\mu A/cm^2$)** y en la medida que se incorporó la silicona (Sikagard 705L) en **1%, 3% y 5%** el potencial corrosivo (I_{corr}) disminuyó, siendo el 5% la dosificación que mejor resultado nos dio en disminuir el potencial Corrosivo pues logro alcanzar un valor I_{corr} de **2.49 ($\mu A/cm^2$)** logrando reducir los valores del potencial corrosivo, mejorando así la resistencia a corrosión el acero estructural.

Al realizar el análisis de Datos para el desarrollo del proyecto, la búsqueda de información de tesis de investigación no se logró encontrar una sola tesis, que usara silicona para evitar la corrosión del acero estructural. Se tuvo que hacer el cambio de producto en la presente investigación.

5.3 Como influye la dosificación óptima de la fibra de vidrio en el costo para evitar la corrosión del acero estructural.

Según, Tejedas y Salvatierra (2019) en su investigación agrego porcentajes de **3%, 5% y 7%** de fibra de vidrio directamente al concreto, obteniendo una mejora en la protección contra la corrosión del acero estructural con el **7%**, en el desarrollo de la presente tesis, se incorporó fibra de vidrio en los porcentajes de **1.5%, 2.5% y 3.2%** también adicionándolo directamente al concreto, obteniendo mejoras en la protección contra la corrosión con el **3.2%** de fibra de vidrio.

La dosificación optima de Fibra de Vidrio, influye considerablemente en los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Por medio de los ensayos de pulso Galvanostatico se pudo confirmar la reducción de los valores I_{corr} , el cual genera una mejora en la protección contra el acero estructural, pero también un incremento en el costo por 1 m³ en dicha propiedad.

¿De qué manera influye la dosificación óptima de Fibra de Vidrio en los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales? A los 28 días, de realizado el Ensayo de Pulso Galvanostatico del acero sin fibra se logró un resultado en los valores I_{corr} de 8.89 ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$), y su análisis de costo unitario fue de S/. 340.32 por 1 m³ de concreto armado; comparado con el mejor resultado de la proporción optima de **3.2%** el resultado de valores I_{corr} en el Ensayo de Pulso Galvanostatico fue de **3.85 ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)**, y su análisis de costo unitario fue de S/. 458.56. Encontrando un gasto de S/. 128.24 demás, pero se garantizó la reducción del potencial corrosivo en un **61.30%** y poder garantizar un mayor tiempo de vida en el concreto, evitando gastos de reparación a corto plazo.

Al realizar la búsqueda del análisis documental en los repositorios universitarios y en artículos científicos, no se encontró Tesis con influencia de fibra de vidrio que, logren obtener costos bajos en la producción del concreto armado.

5.4 Como influye la dosificación óptima de la Silicona (Sikagard 705L) en el costo para evitar la corrosión del acero estructural.

Según, Bonilla (2019) en su investigación agrego porcentajes de 4% y 6% Silicona (Sikagard 705L) directamente al concreto, obteniendo una mejora en la protección contra la corrosión del acero estructural con el 6%, en el desarrollo de la presente tesis, se incorporó Silicona (Sikagard 705L) en los porcentajes de 1%, 3% y 5% también adicionándolo directamente al concreto, obteniendo mejoras en la protección contra la corrosión con el 5% Silicona (Sikagard 705L).

La dosificación optima de silicona, influye considerablemente en los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales. Por medio de los ensayos de pulso Galvanostatico pudimos confirmar una reducción de los valores I_{corr} , el cual genera una mejora en la protección contra el acero estructural, pero también un mínimo incremento en el costo por 1 m³ en dicha propiedad.

¿De qué manera influye la dosificación óptima de silicona (Sikagard 705L) en los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales? A los 28 días, de realizado el Ensayo de Pulso Galvanostatico del acero sin fibra se logró un resultado en los valores I_{corr} de 10.94 ($\mu A/cm^2$), y su análisis de costo unitario fue de S/. 340.32 por 1 m³ de concreto armado; comparado con el mejor resultado de la proporción optima de 5% el resultado de valores I_{corr} en el Ensayo de Pulso Galvanostatico fue de 2.49 ($\mu A/cm^2$), y su análisis de costo unitario fue de S/. 356.24. Encontrando un gasto de S/. 15.89 demás, pero se garantizó la reducción del potencial corrosivo en un 77.22% y poder garantizar un mayor tiempo de vida en el concreto, evitando gastos de reparación a corto plazo.

Al realizar la búsqueda del análisis documental en los repositorios universitarios y en artículos científicos, no se encontró Tesis con influencia de silicona (Sikagard 705L) que, logren obtener costos bajos en la producción del concreto armado.

VI. CONCLUSIONES

Se determinó que, la aplicación de fibra de vidrio y silicona (Sikagard 705L) mejoran la resistencia para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Magdalena, observando mejoras positivas en evitar el fenómeno de la corrosión: al disminuir los valores I_{corr} y de esta manera disminuir el potencial corrosivo, podemos apreciar un incremento en los costos por $1m^3$ de concreto armado.

Se determinó que, la dosificación óptima de fibra de vidrio, para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, se dio al incrementar porcentajes más altos de fibra de vidrio, porque se lograron disminuciones del 30.40% del potencial corrosivo al incorporarse un 1.5% de fibra, se logró disminuir el 50.75% del potencial corrosivo al incorporarse un 2.5% de fibra de vidrio y al incorporar un 3.2% de fibra se logró disminuir hasta un 61.30% el potencial corrosivo del acero; entonces la dosificación óptima para la presente de investigación es del 3.2% de fibra de vidrio, y está directamente relacionado con los porcentajes propuestos, por lo que la reducción del potencial corrosivo es positivo con respecto a evitar la corrosión del acero estructural.

Se determinó que, la Dosificación óptima de silicona (SIKAGARD 705L), Para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, se dio al incrementar porcentajes más altos de silicona (SIKAGARD 705L), porque se lograron disminuciones del 14.99% del potencial corrosivo al incorporarse un 1% de Sikagard 705L, se logró disminuir el 45.06% del potencial corrosivo al incorporarse un 3% de Sikagard 705L y al incorporar un 5% de Sikagard 705L se logró disminuir hasta un 77.23% el potencial corrosivo del acero; entonces la dosificación óptima para el presente proyecto de investigación es del 5% de Sikagard 705L, y está directamente relacionado con los porcentajes propuestos, por lo que la reducción del potencial corrosivo es positivo con respecto a evitar la corrosión del acero estructural.

Se determinó que, la dosificación óptima de Fibra de Vidrio, en reducir los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, para el ensayo de pulso galvanostático, influyo en el aumento de hasta S/. 128.24 Por 1 m³ de concreto armado preparado con la inclusión de **3.2%** de fibra de vidrio por el equivalente del cemento; entonces la variación del aumento del costo está directamente relacionada con los porcentajes propuestos, pero se garantiza en el tiempo una mejor calidad de esta propiedad (reduce en 61.30% del ensayo de pulso galvanostático), por lo que la reducción de costos con respecto a la dosificación óptima de fibra de vidrio es negativa.

Se determinó que, la dosificación óptima de silicona (SIKAGARD 705L), en reducir los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, para el ensayo de pulso galvanostático, influyo en el aumento de hasta S/. 15.89 Por 1 m³ de concreto armado preparado con la inclusión de 5% de silicona (SIKAGARD 705L) por el equivalente del cemento; entonces la variación del aumento del costo está directamente relacionada con los porcentajes propuestos, pero se garantiza en el tiempo una mejor calidad de esta propiedad (reduce en 77.22% del ensayo de pulso galvanostático), por lo que la reducción de costos con respecto a la dosificación óptima de fibra de vidrio es negativa.

VII. RECOMENDACIONES.

Para continuar la investigación, recomendamos utilizar dosificaciones mayores a 3.2% en la inclusión de fibra de vidrio, para obtener reducciones menores al 3.85 ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$) de los valores I_{corr} , y poder encontrar la dosificación óptima en la reducción del potencial corrosivo.

Para continuar la investigación, recomendamos utilizar dosificaciones mayores a 5% en la inclusión de silicona (SIKAGARD 705L), para obtener reducciones menores al 2.49 ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$) de los valores I_{corr} , y poder encontrar la dosificación óptima en la reducción del potencial corrosivo.

En la presente investigación la dosificación óptima de fibra de vidrio del 3.2%, genero un incremento del 25.23% en el costo por 1 m³ de concreto armado, debido al costo de la fibra de vidrio que es de S/. 17.91 por kg; para continuar la investigación, si se requiere reducir más el potencial corrosivo debemos incluir un mayor porcentaje de sobre costo, ya que la mejora es proporcional al costo.

En la presente investigación la dosificación óptima de silicona (SIKAGARD 705L) del 5%, genero un incremento del 4.46% en el costo por 1 m³ de concreto armado, debido al costo de la silicona (SIKAGARD 705L) que es de S/. 1.27 por kg; para continuar la investigación, si se requiere reducir más el potencial corrosivo debemos incluir un mayor porcentaje de sobre costo, ya que la mejora es proporcional al costo.

REFERENCIAS.

1. VALDERRAMA. S. *Pasos para elaborar una investigación científica*. 2ª ed. Lima, San marcos 2013 ISBN: 978-612-302-878-7.
2. Pichardo Neyra, C. Y., & Tovar Párraga, W. (2020). 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. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10757/650366>.
3. Muñoz Á. (2013), Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de vidrio. Tesis para Obtener el Doctorado (Estructuras de Hormigón). Chile: Universidad Austral de Chile, Departamento de Estructuras, 2009. 109pp.
4. Mancilla I, y Chávez J, (2018). Análisis de principales causas de corrosión en estructuras de concreto armado de viviendas autoconstruidas en la urbanización Manco Cápac, San Juan de Lurigancho, 2018. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35480>.
5. Castillo, A. (2016) Estudio de durabilidad de estructuras de concreto armado frente a los agentes químicos agresivos (tesis pregrado). universidad nacional autónoma de México. México, México.
6. Zapata J. y Arango S. (2013). "Influencia de la Fibra de Vidrio en las Propiedades Mecánicas de Mezclas de Concreto". Universidad EAFIT, Colombia. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10784/8510>.
7. AGUILAR, (2013). Influencia del deterioro por corrosión del acero sobre la re alcalinización del concreto reforzado carbonatado (tesis grado). Universidad Autónoma de nueva León, México.
8. Castro, P., & Veleza, L. (2015). Time of Wetness and HR-T Complex as Tools for Corrosion Risk Evaluation in a Concrete Block Exposed to a Humid Tropical Environment. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN/Física Aplicada, Yucatán, México.
9. Chaparro W, y Vera E. (2012) Corrosion behavior of steel bar embedded in alkali-activated slag concrete subjected to carbonation and chloride attack

University National Of Colombia dyna, vol. 79, núm. 171, Medellín, Colombia
Retrieved from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49623207011>

10. Castaneda A, Howland A. (2012) Corrosion Behavior Of Steel Bar Embedded In Alkali-Activated Slag Concrete Subjected To Carbonation And Chloride Attack Universidad Nacional de Colombia Dyna, vol. 79, núm. 171, Retrieved from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49623207011>.
11. Godoy I, (2015) en su artículo científico titulado Comportamiento Mecánico De Hormigón Reforzado Con Fibra De Vidrio, de la Universidad Austral de Chile
12. Hernández H, y Franco M. (2015). Gel De Aloe-Vera Como Potencial Inhibidor De La Corrosión Del Acero De Refuerzo Estructural, universidad Autónoma del Estado de México, Avances en Ciencias e Ingeniería, vol. 6, núm. 3, Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323642274002>.
13. Vera R: y Delgado D. (2009). Evaluación de acero galvanizado estructural frente a la corrosión en atmósfera marina. Parte 1. Resultados después de 1 año de exposición, Pontificia Universidad Católica de Chile, Revista de la Construcción, vol. 8, núm. 2 Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127619798002>.
14. GARCIA de Lomas Macarena. Comportamiento científico- técnico de los cementos Portland elaborados con catalizador FCC aplicación de la normativa vigente. Graficas: Madrid. 2007. 46 pp
15. American Society for Testing and Materials (ASTM). Acero Grado 60. (ASTM A615).
16. De La Cruz, C. (2004). Resistencia a la flexión y adherencia en vigas de hormigón armado con barras de polímeros reforzados con fibra FRP. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Recuperado de [105 http://bdigital.unal.edu.co/39912/1/43086657.20044.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/39912/1/43086657.20044.pdf) [Consulta: 18 de setiembre de 2018].
17. CASTRO, Julio. Las fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilachas, aplicadas como fibras de refuerzo en la elaboración de morteros de cemento: Tesis (Ingeniero Civil) Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2016.<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23307>
18. PERENCHIO W.F. "Corrosion of Reinforced Steel" ASTM STP 196 C 1994 pp 164 -162
19. Pérez L., Tezozomoc, Estudio de la Cinética de corrosión del Refuerzo de Acero Embebido en Concreto en Diferentes Condiciones de Exposición en Ambiente Marino, Tesis de Doctorado, Facultad de Química, 2000

20. Moreno, E y Serrano D, (2005) Barras de acero galvanizado: Una opción contra la corrosión inducida por la carbonatación, Universidad Autónoma de Yucatán Mérida Ingeniería, vol. 9, núm. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46790202>.
21. Moscol T. (2013). Mejoras para la protección anticorrosiva en la zona splash de los pilotes en el muelle del terminal Bayóvar. (Tesis de pregrado, Universidad de Piura). Recuperado de: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2758/IME_169.pdf?sequence
22. CASTRO, Julio. Las fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilachas, aplicadas como fibras de refuerzo en la elaboración de morteros de cemento: Tesis (Ingeniero Civil) Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2016. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23307>
23. Rosario S. & Yácono J. (2003). Materiales: La corrosión, su tradición y alcances. Revista del Instituto de Investigación. 6(11), 71-77. Recuperado de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v06_n11/material_corrosion.htm [Consulta: 16 de setiembre de 2018].
24. ARANGO, Samuel y ANDERSON, Jhon. Influencia de la fibra de Vidrio en las Propiedades Mecánicas de Mezclas de Concreto. Tesis (Ingeniero Civil) Colombia: Universidad Eafit, 2013. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8510/Samuel_ArangoCordoba_JhonAnderson_ZapataSierra_2013.pdf?sequence=2.
25. Moreno, Eric I.; Serrano Ixtepan, Daniel; Cob Sarabia, Enrique Barras de acero galvanizado: Una opción contra la corrosión inducida por la carbonatación Ingeniería, vol. 9, núm. 2, mayo-agosto, 2005, pp. 17-24 Universidad Autónoma de Yucatán recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46790202>
26. FOLLIS Maximiliano, (2002). Hormigón reforzado con fibra de vidrio Argentina, Recuperado de: <http://www.fceia.unr.edu.ar/materialescivil/Monografias/02.02>.
27. GARCÍA, Freddy. Efecto de la Fibra de vidrio en la Propiedades Mecánicas del concreto $F'c = 210 \text{ hk/cm}^2$ en la ciudad de Puno: Tesis (Ingeniero Civil) Perú: Universidad Nacional del Altiplano, 2017. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5431/Garcia_ChambillaBleger_Freddy.pdf?Sequence=1&isAllowed=y.
28. Loayza J. (2008). Reparación de un Muro de Albañilería Confinada mediante barras de Fibra de Vidrio. (Tesis de pregrado, Pontificia Católica del Perú).

29. Bendezú, J. (2002) Los plásticos reforzados con fibra de vidrio (PFRV), sus aplicaciones y desarrollo en la Industria Nacional (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/1641/Bendezu_rj.pdf?sequence=1 [Consulta: 18 de setiembre de 2018].
30. García Camacho, J. a Sánchez Pérez, and D. López Alonso, "Los inhibidores de la corrosión," *Rev. Metal.*, no. 39, pp. 140–158, 2003.
31. Moreno, Eric I.; Serrano Ixtepan, Daniel; Cob Sarabia, Enrique Barras de acero galvanizado: Una opción contra la corrosión inducida por la carbonatación *Ingeniería*, vol. 9, núm. 2, mayo-agosto, 2005, pp. 17-24 Universidad Autónoma de Yucatán recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46790202>.
32. Santiago Hurtado, Griselda. 2010. "Determinación del nivel de corrosión y perfil de carbonatación en vigas de concreto reforzado con tres años de exposición al medio ambiente". Xalapa - México: Universidad Veracruzana, 2010.
33. ALMERICH Chulla, Ana Isabel. Diseño según estados límites de estructuras de hormigón armado con redondos de fibra de vidrio. Tesis Para Obtener El Doctorado (estructuras de concreto armado). España: Universidad politécnica de Valencia, Departamento de la facultad de Ingeniería Civil, 2010. 264pp.
34. CHEN OU, Y., DANG., N. (2014).Plástico longitud de la rótula de corroída vigas de hormigón armado. *ACI diario estructural*. recuperado de [file:///H:/trauccion%20en%20español/out%20\(10\).en.es.pdf](file:///H:/trauccion%20en%20español/out%20(10).en.es.pdf).
35. Cuesta Fernández, Luis francisco. 2009. *ANALISIS DEL FENOMENO DE LA corrosión*. España: s.n., 2009.
36. VALDERRAMA. S. *Pasos para elaborar una investigación científica*. 2ª ed. Lima, San marcos 2013 ISBN: 978-612-302-878-7.
37. VALDERRAMA. S. *Pasos para elaborar una investigación científica*. 2ª ed. Lima, San marcos 2013 ISBN: 978-612-302-878-7.

38. VALDERRAMA. S. *Pasos para elaborar una investigación científica*. 2ª ed. Lima, San marcos 2013 ISBN: 978-612-302-878-7.
39. HERNANDEZ R. *Metodología de la investigación*. 2ª ed. Lima, San marcos 2013 ISBN: 786071508294.
40. PÉREZ, L. *vida útil residual de estructuras de hormigón armado afectada por corrosión*. Universidad politécnica de Madrid. Madrid, España. (2010).
41. ABANTO castillo, Flavio. *Tecnología del concreto*. 2a Ed San Marcos: Lima, 2009. 978-612-302-060-6
42. ALMERICH Chulla, Ana Isabel. *Diseño según estados límites de estructuras de hormigón armado con redondos de fibra de vidrio*. Tesis Para Obtener El Doctorado (estructuras de concreto armado). España: Universidad politécnica de Valencia, Departamento de la facultad de Ingeniería Civil, 2010. 264pp
43. CIP 16 resistencia a flexión del concreto (en línea). Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado ,2005 [fecha de consulta: 2 octubre 2019] Disponible en: <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP16es.pdf>.
44. GARCIA de Lomas Macarena. *Comportamiento científico- técnico de los cementos Portland elaborados con catalizador FCC aplicación de la normativa vigente*. Graficas: Madrid. 2007. 46 pp.
45. MORALES Ortuño, Sergio Alejandro. *Fibra de vidrio, pruebas y aplicaciones*. Tesis para obtener el doctorado (Mecánica Eléctrica). México: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Departamento de Mecánica Eléctrica, 2008. 76pp.
46. BERKE N. S. PFEIFER D. W. and WEIL T.G “Corrosion Inhibitor in Concrete” *Croncrete International* Vol 13 N° 7 2001 pp 24-27.
47. WHITING D. ED. PAUL KHEGER *Symposium on Performance of Concrete* ACI SP – 122 1990 pp 409.

ANEXOS

Anexo 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Efectos de la Aplicación Adicionando Fibra de Vidrio y Silicona en Elementos Estructurales de viviendas para Evitar la corrosión del Acero en Magdalena del Mar - 2019

VARIABLE		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VARIABLE INDEPENDIENTE	FIBRA DE VIDRIO	Filamento continuo o discontinuo, obtenido mediante estiramiento de vidrio fundido, que se emplea como aislante térmico o acústico y para otros usos. FUENTE: Conductividad Térmica Norma 23727 de vidrio fibra de vidrio	La fibra de vidrio será adicionada en el diseño de mezcla del concreto armado en diferentes dosificaciones para proteger de los agentes corrosivos al acero estructural,	Dosificación	1.5% 2.5% 3.2%	Balanza
	SILICONA	La silicona es un polímero derivado del silicio que se produce globalmente fundamentalmente en tres variantes: Polidimetil siloxano, Polimetil fenil siloxano y Polidifenil siloxano(Rhaolin,2013,85)	La Silicona será adicionada en el diseño de mezcla del concreto armado en diferentes dosificaciones para proteger de los agentes corrosivos al acero estructural,	Dosificación	1% 3% 5%	Balanza
VARIABLE DEPENDIENTE	CORROSIÓN	“La corrosión en las armaduras se inicia cuando penetran en el concreto, agentes contaminantes que rompen la capa protectora. La pérdida de esta película alcalina se debe a una acidificación del medio que la rodea provocada por dos causas fundamentales: La carbonatación del concreto o la penetración de cloruros provenientes de las sales de rocío marino que tienden a destruir la capa pasivante”(Pancorbo,2013,p.512)	La conceptualización de dichos trabajos es evaluar las principales causas de la corrosión daña el acero y cómo influyen el concreto en la corrosión, identificar la durabilidad del concreto y medir los agentes agresivos que intervienen en dichos fenómenos mediante ensayos para obtener el resultados final	Nivel de Corrosión del Acero	Potencial Corrosivo	Técnica del Pulso Galvanístico
					Resistencia a la corrosión	Técnica del Pulso Galvanístico
				Durabilidad del concreto	Compresión	Resistencia a compresión
					Flexión	Resistencia a flexión
				Costos	directos	\$10
					Indirectos	\$10

Anexo 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

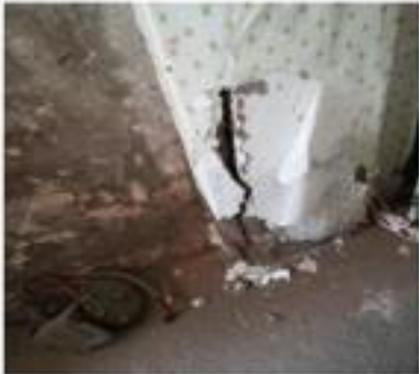
Efectos de la Aplicación Adicionando Fibra de Vidrio y Silicona en Elementos Estructurales de viviendas para Evitar la corrosión del Acero en Magdalena del Mar - 2019

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
GENERAL	GENERAL	GENERAL	INDEPENDIENTE			TIPO
¿Cómo afecta la aplicación del recubrimiento de fibra de vidrio y silicona para evitar la Corrosión del acero en elementos estructurales, Lima 2019?	Determinar cómo afecta la aplicación de fibra de vidrio y silicona para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Lima 2019	El recubrimiento con fibra de vidrio y silicona evita de forma considerable la corrosión del acero en elementos estructurales, Lima 2019	Fibra de vidrio	Dosificación	1.5%	Aplicada
					2.5%	
					3.2%	DISEÑO
			Silicona	Dosificación	1%	Experimental
					3%	
5%	NIVEL					
						Explicativo
ESPECÍFICO	ESPECÍFICO	ESPECÍFICO	DEPENDIENTE			
<p>a). Cómo influye la dosificación de la fibra de vidrio para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Lima 2019?</p> <p>b). Cómo influye la dosificación de la silicona para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Lima 2019?</p> <p>c). ¿De qué manera influye la Dosificación óptima de Fibra de Vidrio en los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Lima 2019?</p> <p>d). ¿De qué manera influye la dosificación Óptima de goma de silicona en los Costos para evitar la corrosión del acero en Elementos estructurales, Lima 2019?</p>	<p>a). Determinar Dosificación óptima de fibra de vidrio, Para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Lima 2019.</p> <p>b). Determinar Dosificación óptima de Silicona, Para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Lima 2019.</p> <p>c). Determinar la dosificación Óptima de Fibra de Vidrio, y reducir los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos estructurales, Lima 2019.</p> <p>d). Determinar la dosificación óptima de silicona, y reducir los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos Estructurales, Lima 2019.</p>	<p>a). La aplicación de las Diferentes Dosificaciones de Fibra de Vidrio evita la corrosión del acero en elementos Estructurales, Lima 2019</p> <p>b). La aplicación de las Diferentes Dosificaciones de Silicona evita la corrosión del acero en elementos estructurales, Lima 2019</p> <p>c). La dosificación óptima de Fibra de Vidrio, influye considerablemente en los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos Estructurales, Lima 2019.</p> <p>d). La dosificación óptima de Goma de silicona, influye considerablemente en los Costos para evitar la corrosión del acero en elementos Estructurales, Lima 2019.</p>	Corrosión	Nivel de Corrosión del Acero	Técnica del Pulso Galvanístico	<p>Población: Es el estudio de los elementos Estructurales de las viviendas de las expuestas a las sales marinas en lima.</p> <p>Muestra: Se realizaran 2 columnas con diferentes dosificaciones</p>
					Técnica del Pulso Galvanístico	
				Durabilidad del concreto	Compresión	
					Flexión	
Costos	S10	Muestreo: No Probabilístico				
	S10	Análisis: Son los Elementos Estructurales				

Anexo 3: REVISIÓN DE INSTRUMENTOS – DPI

N°	ENSAYO	DÍAS	PROCESO
1	Técnica del Pulso Galvanístico	28	(ASTMC876-91 1999)
2	Ensayo de compresión	28	(NORMA TÉCNICA PERUANA NPT 339.034, ASTM C39)
3	Ensayo de Flexión	28	NORMA TÉCNICA PERUANA, ASTM C-78 / MTC E709 / AASHTO T97)

Anexo 4: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. EVALUACIÓN DE CLORUROS Y SULFATOS EN ACERO ESTRUCTURAL.

		FICHAS DE OBSERVACIÓN EN VIVIENDAS				V-1		
Información de la inspección								
Hora inicio:	4:00 pm	fecha	28/08/18	N° Ficha	01			
Hora fin:	5:00 pm							
Nombres del ins- pector	Chávez meja Juan Carlos Mancilla Guzmán Angy Ivone			Estudiante de ingeniería civil X				
Información general de la vivienda								
Propietario	Héctor Ayapi Trujillo			DNI:	08279757			
Área construida(m ²) x Pisos :	1ro	2do	3ro	Número de pisos: 2 pisos Edad de la estructura : 15 años				
	150	150	-					
Conteo de elementos estructurales x N° pisos-1,2,3 pisos						Diseño: No	Tipos de elemento afectado	03
	1ro	Corr	2do	Corr.	3ro			
Columnas(Und.)	28	14	28	14	-	-	Reparación:	
Vigas (ml)	120	50	120	45	-	-	NO	Col-Vigas-losas
Losas(m ²)	125	50	125	50	-	-	A=1pto, B=2 pto, c=3Pto.	
DAÑOS POR CORROSIÓN-COLUMNAS								
Niveles de daño A=leve, B=moderado, C=crítico								
Corrosión	Columnas			OBSERVACIONES:				
	1	2						
Nivel de daño	C	C	-	Se observó daños que afectan el acero en toda magnitud con fisuras y grietas a comienzos del suelo. De las columnas corroídas son: 2 leves; 4 moderadas y 8 críticas.				
% indicios de corrosión	50%	50%	-					
Fisuras	20%	30%						
Agrietamientos	30%	20%						
IMAGEN DE ELEMENTO AFECTADO								
		Columna con fisuras de 4mm con longitud de 60cm				Fisuras con espesor de 4mm con longitud de 1.10m		

Fuente: Mejilla y Chávez (2018) titulada “Análisis de principales causas de corrosión en estructuras de concreto armado de viviendas autoconstruidas en la urbanización Manco Cápac, San Juan de Lurigancho, 2018” Universidad Cesar Vallejo.

Anexo 5: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

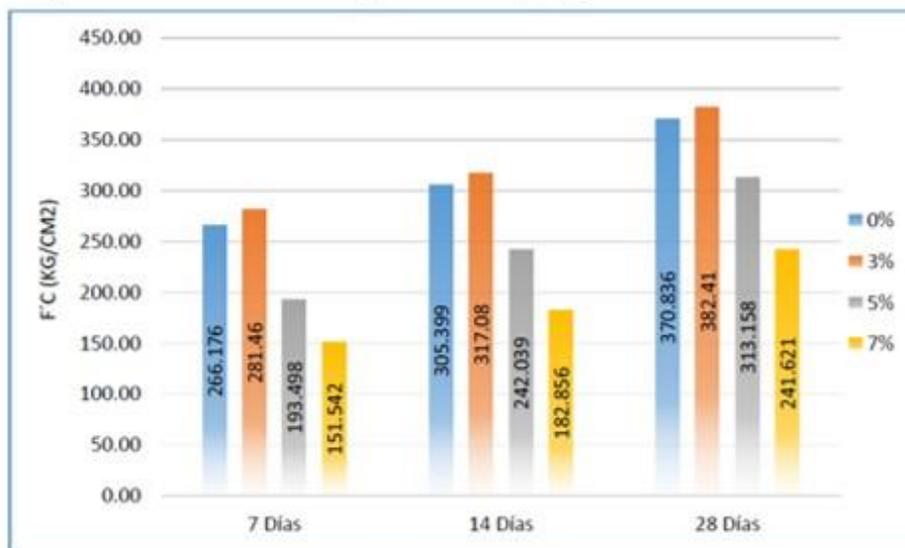
ENSAYOS A COMPRESIÓN.

TABLA 11 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS CIRCULARES DE CONCRETO (NORMA TÉCNICA PERUANA NPT 339.034, ASTM C39)

DÍAS DE CURADO	PROBETA AL 0% DE FIBRA DE VIDRIO	PROBETA AL 3% DE FIBRA DE VIDRIO	PROBETA AL 5% DE FIBRA DE VIDRIO	PROBETA AL 7% DE FIBRA DE VIDRIO
7	266.18	281.459	193.498	151.542
14	305.399	317.077	242.039	182.856
28	370.836	382.41	313.158	241.621

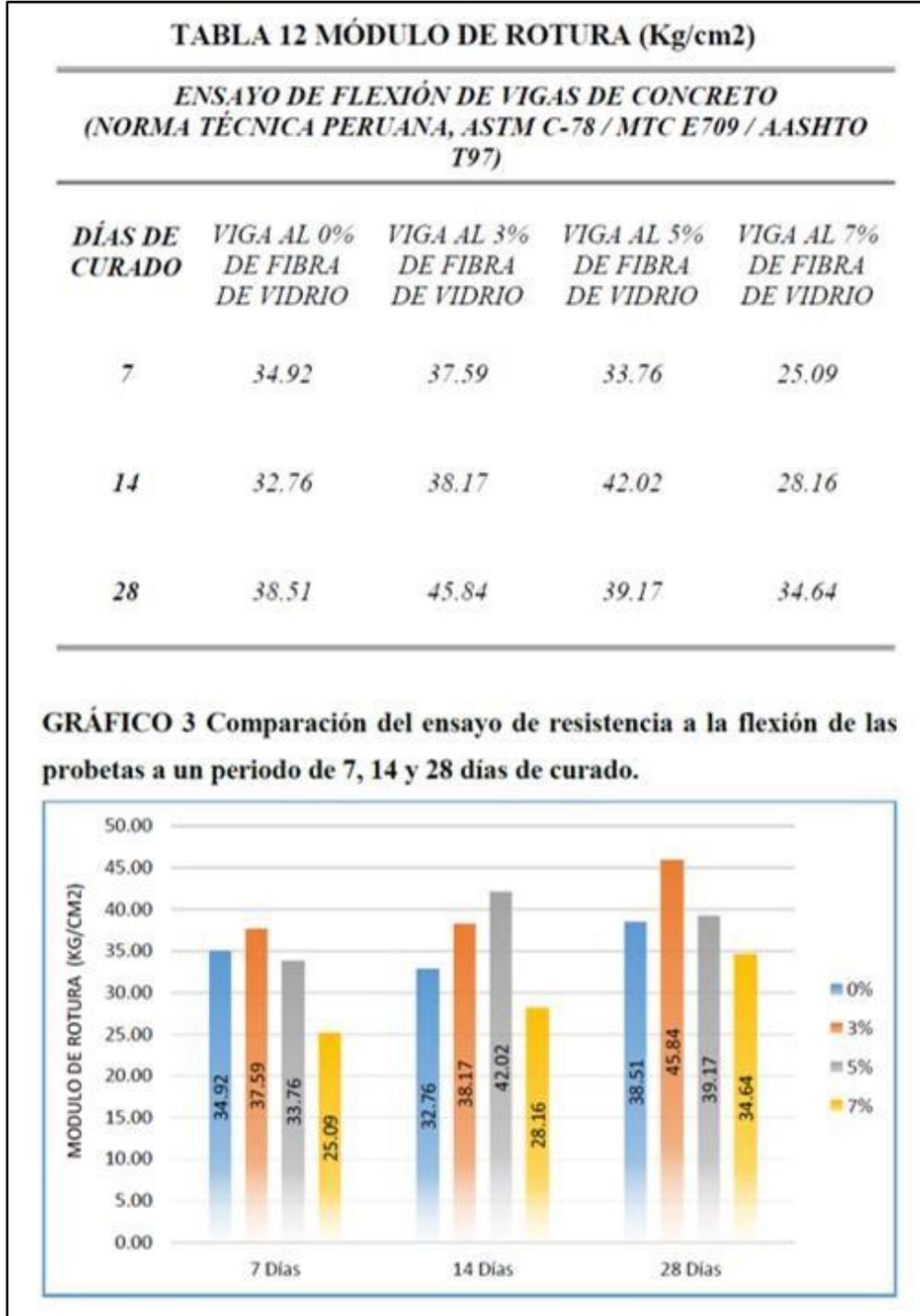
GRÁFICO 1 Comparación del ensayo de resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas a un periodo de 7, 14 y 28 días de curado.



Fuente: Tejada y Salvatierra (2019) titulada “Efecto de la fibra de vidrio tipo E sobre la resistencia a la compresión, flexión y absorción del concreto $f'c$ 280 Kg/cm²” Universidad Cesar Vallejo.

Anexo 6: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

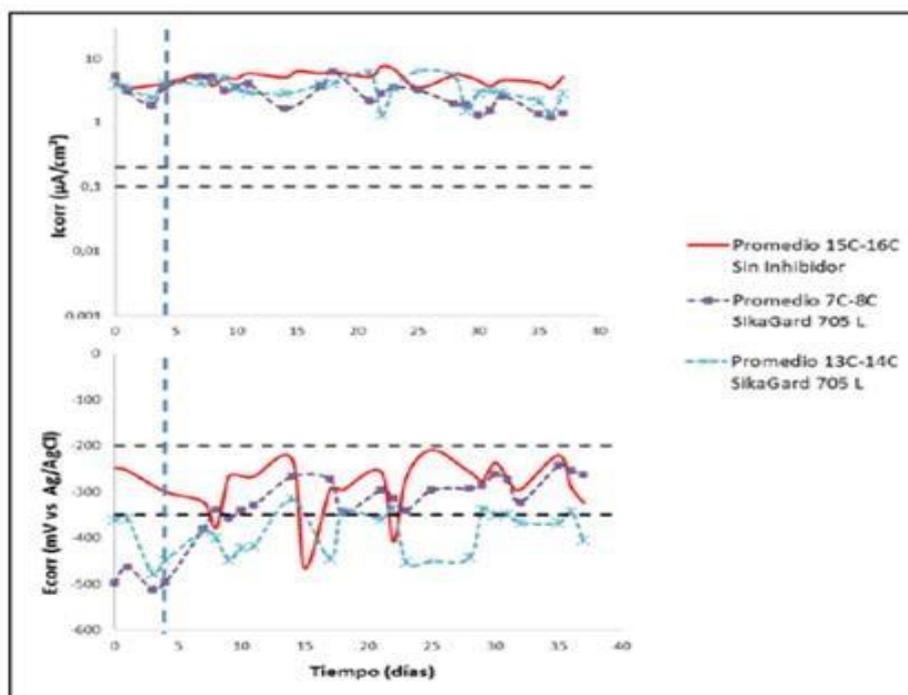
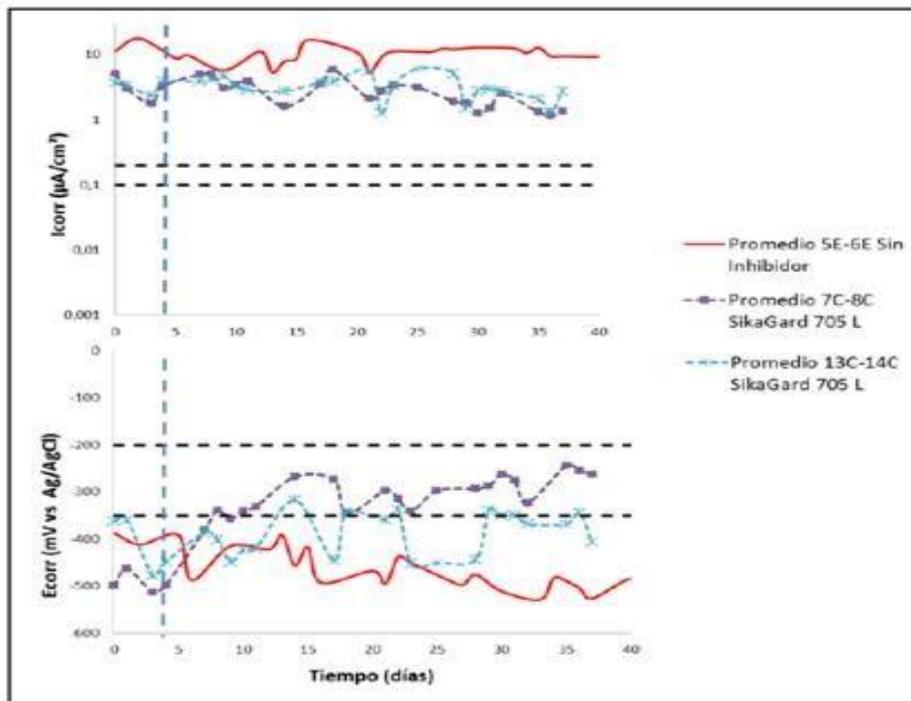
ENSAYOS A FLEXIÓN.



Fuente: Tejada y Salvatierra (2019) titulada “Efecto de la fibra de vidrio tipo E sobre la resistencia a la compresión, flexión y absorción del concreto $f'c$ 280 Kg/cm²” Universidad Cesar Vallejo.

Anexo 7: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

ENSAYO DE LA TÉCNICA DE PULSO GALVANOSTÁTICO



Fuente: Bonilla (2017) titulada "Eficacia de los inhibidores de corrosión en la reparación estructural" Universidad Politécnica de Madrid.