

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“USO DEL INHIBIDOR DE NITRITO DE CALCIO Y/O USO DEL ACERO GALVANIZADO PARA EVITAR LA CORROSIÓN DEL ACERO DEL CONCRETO ARMADO”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Danny Edward Jauregui Alcantara

Edwin Luis Lezama Rojas

Asesor;

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Cajamarca - Perú

2021



“Uso del inhibidor de nitrato de calcio y/o uso del acero galvanizado para evitar la corrosión del acero concreto armado”

DEDICATORIA

A mis padres Julio e Hilda, que, con su ejemplo de amor, comprensión, paciencia, humildad y apoyo hacia sus hijos, nos han guiado e inculcado valores, principios, perseverancia y mucho empeño por seguir con nuestras metas y que gracias a esas fuerzas y apoyo incondicional se logró culminar la meta para finalmente llegar a obtener mi título profesional.

Danny

Dedico mi tesis a la memoria de mi madre María Barbarita, te lo prometí y espero que donde estes te sientas alegre y orgullosa, además dedicar y agradecer a mi esposa Carmen ya que sin su apoyo y cariño no hubiera podido conseguir este sueño tan anhelado, a mis adorados hijos Mariagracia y Diego que son el motor de mi vida, a mi padre Pedro y mis hermanos por apoyarme siempre, debo decir que nada de esto hubiera sido posible sin la bendición de Dios a quien le doy mi trabajo como ofrenda y agradecimiento por no desampararme.

Edwin



“Uso del inhibidor de nitrato de calcio y/o uso del acero galvanizado para evitar la corrosión del acero concreto armado”

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Privada del Norte por las facilidades y apoyo para realizar mi investigación universitaria y del trabajo de tesis realizada en los laboratorios y en especial a los profesores que me asesoraron en todo momento con sus conocimientos y consejos profesionales y que me han servido para finalizar con éxito uno del sueño más anhelados.

Danny

Agradezco a la Universidad privada del Norte por haberme acogido en sus aulas, a los docentes por compartirme sus valiosos conocimiento y experiencias que me serán de mucha ayuda en mi futuro profesional, a mi asesor de tesis Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz por su apoyo para lograr la culminación de este trabajo de investigación, a mis compañeros por otorgarme su amistad y apoyo durante la rigurosa exigencia de la carrera escogida y a todas las personas que me apoyaron durante los años de universidad en especial a mis suegros Irene y Arnulfo, espero estar a la altura.

Edwin



TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. MÉTODO	22
CAPÍTULO III. RESULTADOS	31
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	98
REFERENCIAS	113
ANEXOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Selección de fuentes de estudio	23
Tabla 2	Matriz de técnicas e instrumentos	27
Tabla 3	Tabla de procedimiento.	28
Tabla 4	Tabla de Revisión de publicaciones de nitrato de calcio seleccionas por su aporte a la tesis.....	32
Tabla 5	Rangos de Potencial de corrosión.....	39
Tabla 6	Valores de resistividad eléctrica ASTM C 1202-17	45
Tabla 7	Valores de resistividad superficial AASHTO: TP 95-11	45
Tabla 8	Resultados de resistividad eléctrica de Durán, Polanco, Dávila, López y Valdez (2020)	46
Tabla 9	Resultados de resistividad eléctrica de Polanco (2017).....	46
Tabla 10	Resultados de retracción autógena ($\mu\text{m}/\text{m}$) de Durán et al.(2020)	50
Tabla 11	Resultados de retracción por secado ($\mu\text{m}/\text{m}$) de Durán et al.(2020)	51
Tabla 12	Resultados de retracción autógena ($\mu\text{m}/\text{m}$) de Polanco(2017)	51
Tabla 13	Resultados de retracción por secado ($\mu\text{m}/\text{m}$) de Polanco (2017)	51
Tabla 14	Resultados de Resistencia a la compresión (kg/cm^2) de Ann, Jung et al (2006). 54	
Tabla 15	Resultados de Resistencia a la compresión (kg/cm^2) de Polanco (20017)	54
Tabla 16	Resultados de Resistencia a la compresión (kg/cm^2) de Salas (2003).....	54
Tabla 17	Resultados de Resistencia a la compresión (kg/cm^2) de Sideris, Kosmas y Savva (2005).	55
Tabla 18	Tabla de Revisión de publicaciones de acero galvanizado seleccionas por su aporte a la tesis.....	61
Tabla 19	Espesor del revestimiento	80

Tabla 20	Proceso de galvanizado	81
Tabla 21	Selección del acero (química del acero)	81
Tabla 22	Revestimiento mínimo de Zinc	81
Tabla 23	Ponderación cualitativa.....	83
Tabla 24	Criterios analizados.	85
Tabla 25	Ficha técnica	86
Tabla 26	Ficha económica	88
Tabla 27	Ficha ambiental.....	92
Tabla 28	Ficha comercial.....	93
Tabla 29	Tabla de categorías	96
Tabla 30	Tabla de alternativas	96
Tabla 31	Composición química acero ASTM A615 Grado 60	105
Tabla 32	Elementos aleantes del acero que afectan la estructura del galvanizado.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Estimación de los costos para A.L. En 2010.....	12
Figura 2	Descripción de los Entornos Típicos Atmosféricos en el Perú y los Climas del Perú.....	13
Figura 3	Valores usados por Østnor y Justnes para potencial de corrosión	40
Figura 4	Resultados de Ecorr (Carvajal et al.2005) y (Carvajal et al 2008)	40
Figura 5	Resultados de Ecorr de Velarde y Fosca (1992)	41
Figura 6	Resultados de Ecorr de Mehthel, Dulaijan, Idi, SH, Shameem, Ali y Maslehuddin (2009).....	41
Figura 8	Resultados de Ecorr de Amoudi, Maslehuddin, Lashari, y Almusallam (2003). .	42
Figura 7	Resultados de Ecorr de Østnor y Justnes (2011)	42
Tabla 7	Valores de resistividad superficial AASHTO: TP 95-11	45
Figura 9	Comparativo de los resultados de resistividad eléctrica de Durán et al. (2020) & Polanco (2017)	47
Figura 10	Resultados de los tiempos de fraguado	48
Figura 11	Diagrama de etapas y tipos de retracción (Holt, 2001	50
Figura 11	Comparativo porcentual de la retracción autógena de los resultados de Durán et al (2020) y Polanco (2017) en comparación con la mezcla de referencia	52
Figura 12	Comparativo porcentual de la retracción por secado de los resultados de Durán et al (2020) y Polanco (2017) en comparación con la mezcla de referencia	53
Figura 13	Comparativo porcentual de la resistencia a la compresión de los resultados de Ann et al (2006), Polanco (2017) y Salas (2003) sobre la mezcla de refer..	56
Figura 14	Resultados del análisis del desempeño del nitrato de calcio	58
Figura 15	Resultados del análisis del desempeño del acero galvanizado	82

RESUMEN

El problema de la corrosión es una de las principales patologías que sufre el acero del concreto armado, afectando la durabilidad de las estructuras. Con el fin de contrarrestar este proceso electroquímico, en esta tesis se estudia el uso de un inhibidor de nitrato de calcio y/o del uso del acero galvanizado como posibles soluciones al problema. Además, se propone una metodología factible a nuestra realidad problemática nacional mediante el análisis descriptivo de los estudios, basados en criterios netamente técnicos, considerando el incremento de presupuesto, el cuidado ambiental y comercial. Teniendo en cuenta ello, se analizaron las publicaciones académicas del estudio de ambos componentes utilizando fuentes secundarias confiables debidamente acreditadas como son: la biblioteca virtual de la Universidad Privada del Norte, Cielo.org, Google académico y Redalyc.org; usando como palabras claves: corrosión en el concreto armado, acero galvanizado e inhibidores de corrosión y nitrato de calcio. Los resultados confirman que ambos productos cumplen con su misión de prevenir y controlar la corrosión del acero embebido en el concreto y luego del análisis ponderativo concluimos que el nitrato de calcio es el producto que mejor se adapta a nuestra realidad problemática nacional en cuanto a su efectividad, facilidad de aplicación, así como la mejor relación precio vs rendimiento. En cambio, se ha determinado que el acero galvanizado aplica a zonas con una gama elevada de agentes agresivos siendo más efectivo y duradero.

Palabras clave: corrosión en el concreto armado, acero galvanizado, inhibidores de corrosión y nitrato de calcio

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El concreto armado es uno de los materiales más frecuentemente utilizados en la industria de la construcción tanto a nivel nacional como a nivel mundial, basado en un concreto donde se le añade un acero de refuerzo llamado armadura, con el propósito de mejorar su resistencia y/o añadir más cualidades que logren crear un material al que se pueda sacar un mejor provecho, el concreto se caracteriza por tener una alta resistencia a la compresión pero no así a los esfuerzos de tracción, el acero compensa esta debilidad del concreto, la combinación de ambos dan lugar a una estructura muy resistente con ciertas cualidades como una muy buena resistencia a la compresión y a la tracción, además es un elemento económico, versátil pues su trabajabilidad le permite adoptar las formas requeridas por el constructor, es resistente al fuego, la ductilidad que le proporciona el acero nos permite identificar algunos signos que muestren deterioro como deflexión o agrietamiento, a todo ello se suma la facilidad de construcción que nos brinda.

Una de las cualidades o características más importantes en el concreto armado en su durabilidad, factor relevante en el diseño e inversión de diferentes proyectos constructivos. Así, se define a la durabilidad como la "capacidad para resistir a la acción del tiempo, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro; es decir, que el concreto durable debe retener su forma original, su calidad y sus condiciones de servicio, cuando se exponga a su medio ambiente" (Solís, Romel, Moreno y Castro, 2005, p.14)

Siendo la corrosión un ataque electroquímico del entorno que ocasiona el deterioro de un metal, esta reacción se da principalmente en zonas costeras, las cuales suelen tener grandes concentraciones de sales disueltas, lo convierten en un agente muy agresivo con las estructuras de concreto armado, las cuales sufren embates de estas sales y aceleran el

proceso de oxidación y la consecuente corrosión, siendo un problema grave por las consecuencias patológicas que se manifiestan comprometiendo la resistencia de los elementos estructurales e influyendo en las características funcionales del concreto armado, lo que da lugar a que el concreto se agriete generando el posible desprendimiento de trozos de concreto, lo que acelera la corrosión de la armadura de acero, generando de esta manera elevados costos de reparación o en su defecto la demolición de la estructura, motivo por el cual varios investigadores durante décadas empezaron a desarrollar diversos materiales y métodos que ayuden a controlar el proceso de la corrosión con el fin de aumentar la vida útil de la estructura. Sobre la corrosión, la obra *Microbiologically Influenced Corrosion An Engineering Insight*, nos da un concepto de este fenómeno natural. Así, de acuerdo al autor Javaherdashti (2008):

“La corrosión, es la interacción de los materiales metálicos, con el medio que los rodea donde ocurren reacciones químicas y electroquímicas produciéndose la pérdida de sus propiedades físicas y químicas. Estos materiales metálicos son obtenidos a través del procesamiento de minerales y menas, que constituyen su estado natural, induciéndolos a un estado de mayor energía. El fenómeno de la corrosión ocurre debido a que, con el tiempo, dichos materiales tratan de alcanzar su estado natural, el cual constituye un estado energético de menor potencial, lo que les permite estabilizarse termodinámicamente”. (p.1)

En el caso del concreto armado, el componente más afectado por este fenómeno es el acero iniciando así el proceso de corrosión. De acuerdo a Carrillo, Cardenas y Aperador (2017):

“La armadura está protegido de la corrosión por una capa pasiva de productos de hidratación del cemento, conformando un ambiente alcalino. Sin embargo,

agentes del entorno tales como iones cloruros, sulfatos y gases contaminantes reaccionan con los productos químicos de la matriz y logran destruir dicha protección, lo que genera reducción del pH, deterioro del acero y una subsecuente reducción de las propiedades mecánicas del concreto”. (p.3)

Lo anteriormente expuesto evidencia que el problema de la corrosión conlleva a grandes gastos de mantenimiento y reparación de las estructuras afectadas, hecho que afecta la economía global, así pues, Del Valle Moreno (2001) nos referencia que la industria de Los Estados Unidos estima pérdidas de 300,000 millones de dólares por fallas en infraestructura, de los cuales 100,000 millones de dólares podrían evitarse si se tomaran medidas contra la corrosión. (p.1); otro dato valioso es el que nos dan Castañeda-Valdéz & Rodríguez-Rodríguez (2014) en cuya investigación informan que en el Reino Unido los gastos debidos a la reparación de infraestructura de concreto armado ocasionados por problemas de corrosión son de 755 millones de libras esterlinas (p.54)

Para Sudamérica con países en vías de desarrollo el problema de la corrosión tiene un matiz muy preocupante ya que no se cuenta con los presupuestos que manejan los países del primer mundo y es importante abordar el fenómeno de la corrosión de una manera seria, países como Chile ya cuentan con mapas de Corrosión Atmosférica Castañeda-Valdéz & Rodríguez-Rodríguez (p.54)

Al respecto encontramos que Marchena Córdoba (2017) nos da alcances sobre el tema en Chile donde según la Reunión anual de Metalurgia de la OEA calculaba pérdidas económicas de 400 millones de dólares en el año 1987 originados por el problema de la corrosión. (p.14). sobre el mismo tema la información revelada en el Congreso Latin Galva, realizado en Cartagena, Colombia el año 2010, El Vicerrector

de Ciencia, Tecnología e Innovación de la universidad Antonio Nariño, Arroyave, C. (2010) en su exposición: “El impacto de la corrosión en la economía de los países latinoamericanos” diserta que el costo por problemas de corrosión abarca el 3% del Producto Bruto Interno de cada país de América Latina durante el año 2001 cifras que se representan en la siguiente tabla:

Figura 1

Estimación de los costos para A.L. En 2010

País	PIB (U\$ Millones)	3% PIB
Brasil	\$ 1.340.000,00	\$ 40.200,00
México	\$ 920.000,00	\$ 27.600,00
España	\$ 828.000,00	\$ 24.840,00
Argentina	\$ 391.000,00	\$ 11.730,00
Colombia	\$ 255.000,00	\$ 7.650,00
Chile	\$ 153.000,00	\$ 4.590,00
Venezuela	\$ 146.200,00	\$ 4.386,00
Perú	\$ 132.000,00	\$ 3.960,00
R. Dominicana	\$ 50.000,00	\$ 1.500,00
Guatemala	\$ 48.300,00	\$ 1.449,00
Ecuador	\$ 39.600,00	\$ 1.188,00
Costa Rica	\$ 31.900,00	\$ 957,00
Uruguay	\$ 31.000,00	\$ 930,00
El Salvador	\$ 28.400,00	\$ 852,00
Paraguay	\$ 26.200,00	\$ 786,00
Cuba	\$ 25.900,00	\$ 777,00
Bolivia	\$ 21.400,00	\$ 642,00
Panamá	\$ 21.000,00	\$ 630,00
Honduras	\$ 17.000,00	\$ 510,00
Nicaragua	\$ 12.500,00	\$ 375,00
Total	\$ 4.700.400,00	\$141.012,00

Nota. cifras presentadas en el Congreso Latin Galva

En el Perú Cencico es la entidad orientada a la investigación tecnológica, para la vivienda y edificación, en julio del 2020 presento su estudio de corrosión atmosférica

en el territorio peruano: “Servicio de Identificación de Ciudades de Atmosferas Homogéneas Considerando la Norma ISO 9223, donde se determinarán las estaciones de Monitoreo para la Instalación de Puntos de Monitoreo del Estudio de Corrosión Atmosférica en el Territorio Nacional” en dicha publicación establece la categoría de corrosividad según los diversos ambientes típicos determinados en la Norma ISO 9223:2012:

Figura 2

Descripción de los Entornos Típicos Atmosféricos en el Perú y los Climas del Perú.

Categoría de Corrosividad	Corrosividad	Ambientes Típico - Ejemplos	CLIMA DEL PERU
		Al aire libre	
C1	Muy bajo	Zona seca o fría, el medio ambiente atmosférico con muy poca intensidad y tiempo de humectación, por ejemplo, ciertos desiertos, Ártico central / Antártida	*Ambiente gélido o de nieve: andes, desde los 5000 a 6768 m.s.n.m.
C2	Bajo	zona templada, el medio ambiente atmosférico con baja contaminación, por ejemplo, zonas rurales, ciudades pequeñas zona seca o frío, el medio ambiente atmosférico con corto tiempo de humectación, por ejemplo, desiertos, zonas subárticas	*Ambiente frío y de tundra: andes, desde los 4000 a 5000 m.s.n.m.
C3	Medio	Zona templada, el medio ambiente atmosférico con la contaminación del medio (SO ₂ : 5 µg/m ³ a 30 µg/m ³) o algún efecto de cloruros, por ejemplo, áreas urbanas, las zonas costeras con baja deposición de cloruros zona subtropicales y tropicales, atmósfera con baja contaminación.	*Ambiente tropical húmedo: selva baja, desde los 80 a 600 m.s.n.m. *Ambiente tropical húmedo: selva baja, desde los 80 a 600 m.s.n.m.
C4	Alto	zona templada, el medio ambiente atmosférico con alta contaminación (SO ₂ : 30 µg/m ³ a 90 µg/m ³) o efecto sustancial de cloruros, por ejemplo, contaminado áreas urbanas, áreas industriales, las zonas costeras y sin pulverización de agua salada o, la exposición a fuerte efecto de las sales	*Ambiente templado subhúmedo: andes, desde los 1000 a 3000 m.s.n.m.

		de deshielo zona subtropical y tropical, ambiente con la contaminación del medio	
C5	Muy Altas	Templado y subtropical zona, ambiente atmosférico con muy alta contaminación (SO ₂ : 90 µg/m ³ a 250 µg/m ³) y / o de efecto significativo de cloruros, por ejemplo, zonas industriales, zonas costeras, posiciones protegidas en la costa	*Ambiente subtropical muy húmedo: costa centro-sur, desde los 600 a 1000 m.s.n.m.
CX	Extremas	Zona subtropicales y tropicales (muy alto tiempo de humectación), medio ambiente atmosférico con muy alta SO ₂ contaminación (mayor que 250 µg / m ³) incluyendo acompañamiento y factores de producción y / o fuerte efecto de cloruros, áreas industriales, por ejemplo, extremo, las zonas costeras y en alta mar, contacto ocasional con niebla salina.	*Ambiente semitropical: costa norte peruana, hasta los 1000 m.s.n.m.

Nota: Norma ISO 9223:2012

Teniendo en cuenta que las ciudades más pobladas de nuestro país están en la costa con ambientes subtropicales con altitudes que van desde cero hasta los mil m.s.n.m. evidencian que la corrosividad ambiental esta entre los niveles C5 – CX demostrando que la corrosión es un problema muy importante que afecta nuestra infraestructura. Sobre el impacto económico que genera la corrosión en el Perú no se encontraron estudios oficiales, pero si tomamos en cuenta las estimaciones de Carlos Arroyave P (2010) y las estimaciones del MEF el cual proyecta que el PBI 2022 será de S/ 563 000 millones, se estima que los gastos para el estado por problemas de corrosión podrían alcanzar la suma de S/ 16 890 millones (3% del PBI).

La solución al problema de la corrosión ha originado muchos estudios y métodos que han sido y son objeto de ensayo, algunos se centran en el acero, tratando de conferirle una inmunidad protectora que lo proteja de los agentes corrosivos, en

cambio otros estudios se centran en el concreto, buscando darle propiedades en su dosificación que lo hagan impermeable y resistentes a la penetración de agentes agresivos como lo son los inhibidores químicos de corrosión, para de esta manera proteger el acero actuando en el propio concreto. Para ello analizaremos algunos antecedentes de lo mencionado.

Sobre el problema de la corrosión del concreto armado, se presenta la alternativa del uso de los aditivos inhibidores de corrosión, sobre su uso y sus cualidades la autora Carvajal (2005) afirma que:

"Los aditivos inhibidores de corrosión actúan sobre la superficie metálica anulando en ella la reacción anódica, catódica o ambas. Se utilizan como protección preventiva en estructuras de hormigón armado. La gran ventaja de estos métodos es que no necesitan mantenimiento. Existen tres tipos de inhibidores según su mecanismo de ataque: anódico, catódico y mixto; y dos tipos según su formación química: orgánicos e inorgánicos." (pág. 26)

La misma investigación analiza la efectividad de dos inhibidores usados para evitar la corrosión en el concreto armado midiendo el potencial de corrosión los productos analizados fueron el nitrato de calcio y microsilice para poder evaluarlos se fabricaron 96 probetas cubicas en concreto armado de cemento portland puzolánico procurando obtener la mayor porosidad posible del concreto por lo cual el concreto tuvo una relación $a/c=0.55$. Cada probeta se sometió a ensayos de penetración acelerada de cloruros.

En cuanto al desempeño del nitrato de calcio, los investigadores Carvajal (2005) concluyen: ✓

“Las mediciones de potencial de corrosión permitieron concluir que el nitrato de calcio fue el aditivo que tuvo el mejor comportamiento, con valores de potencial en el rango de pasividad de las barras de acero, en cambio el comportamiento de la microsílíce fue similar al de un hormigón sin aditivos”. (p. 25)

Otra alternativa para el problema de la corrosión del concreto armado es la que propone la Asociación Galvanizada Americana - AGA, sobre la protección del acero de refuerzo usado en el concreto armado, Así Figueira, Pereira, Silva y Salta (2013) proponen que el uso de acero galvanizado en caliente en estructuras de hormigón armado en uso de medios marinos. Sin embargo, se conoce que el acero galvanizado en caliente se corroe en contacto con ambiente altamente alcalino como el hormigón fresco por la reacción catódica de la hidrólisis del agua, proponiendo que las barras galvanizadas en caliente deben pasivarse previamente con una capa de conversión de cromato para minimizar la evolución del hidrógeno durante la reacción entre zinc y el hormigón fresco. (p.278).

Para proteger los aceros galvanizados se prepararon en dos conjuntos de cuatro tipos de estructuras diferentes de matrices de gel de ureasilicato (OIH) mediante una reacción entre el grupo isocianato del siloxano derivado (ICPTES) con cuatro poliéter funcionalizado di-amino con diferentes pesos moleculares, con y sin iones de cromo incorporados. Los aceros galvanizados son recubiertos con este gel mediante un proceso de uno y tres pasos de inmersión. Se instaló los aceros galvanizados recubiertos con gel ureasilicato en un mortero de acuerdo a la norma EN 196-1, usando agua estilada y con una relación en peso de 6:2:1 (arena: cemento: agua); donde se ensambla el sistema para el monitoreo electroquímico mediante un software de recolección datos Datataer DT505, serie 3.

En este estudio se comprueba que los aceros galvanizados recubiertos con gel ureasilicato no se ven afectadas por la acción corrosiva de los componentes del mortero y dependen del recubrimiento del gel ureasilicato aplicado, según las dos técnicas utilizadas SEM (microscopio electrónico de barrido) / EDC (Detector) confirmar que la estabilidad de la barrera y la eficiencia del recubrimiento de gel ureasilicato contribuye a minimizar el alcance del proceso de corrosión del acero galvanizado. (Figueira, Pereira, Silva y Salta, 2013)

En el estudio se determinó que el acero galvanizado por inmersión en caliente brinda protección contra la corrosión incluso en las atmosferas más corrosivas, se ha determinado que el recubrimiento de zinc es más duro que el acero que lo protege y no requiere mantenimiento por más de 75 años.

Dentro de la misma propuesta del uso del acero de refuerzo galvanizado, nos preguntamos si esta aplicación de proteger la barra corrugada con una película de zinc, afecta las propiedades mecánicas del acero en sí y en cuanto aumenta el costo de presupuesto al aplicarlo en una edificación unifamiliar; para ello la tesis titulada "Influencia del Galvanizado en Caliente en las Propiedades Mecánicas del acero de la barra corrugada, Norma ASTM A-615 Grado 60, para prevenir la corrosión en la Estructura de Concreto Armado" (Universidad Privada del Norte, 2019), realiza un estudio, donde compara los ensayos mecánicos de las barras de refuerzo de acero sin galvanizar y el mismo tipo y marca de barra de refuerzo galvanizadas, en 03 marcas diferentes del mercado (Aceros Arequipa SiderPerú y Belgo 60), las cuales dichas barras de refuerzo cumplen con la Norma ASTM A-615, y cuyo objetivo de esta investigación es el determinar si al galvanizar la barra corrugada; está aplicación de galvanizado modifica las propiedades mecánicas de la barra corrugada, en su resistencia a la tracción,

si es factible al doblado de la barra y en cuanto aumenta el costo por unidad de la barra galvanizada en una edificación unifamiliar al usar barra corrugada de acero galvanizado. Para ello el estudio consideró una muestra de 30 barras de acero identificadas en 03 series, según la marca de cada una de ellas. Las barras de refuerzo sin galvanizar y las galvanizadas, se sometieron a ensayos de tracción y doblado, concluyendo que los ensayos cumplen con la norma ASTM A-615, según los rangos permisibles de los ensayos de esfuerzo de fluencia mínimo y máximo, esfuerzo máximo de rotura, ensayos de elongación, además se verifica que el revestimiento de zinc se mantiene por encima del espesor mínimo de 86 μm después de someterse a cada ensayo mecánico, según la norma ASTM A-767 para barras de refuerzo recubiertas con zinc - galvanizado. El estudio determina que el costo del galvanizado de un acero por unidad, se eleva a un promedio de 54.04%, aumentando el costo de la partida del acero en un 10.24% y concluyendo que el incremento del costo del presupuesto para la construcción de una vivienda unifamiliar representa un aumento del 4%.

El estudio concluye que el galvanizar las barras de refuerzo no modifica las propiedades mecánicas de la barra corrugada y cumple con los requerimientos de la Norma ASTM A-615 y ASTM A-767; por lo que se recomienda su uso para prevenir la corrosión en estructuras de concreto armado.

En relación a lo expuesto, concluimos que siendo el problema de la corrosión del acero embebido uno de los principales problemas en la durabilidad del concreto armado, fenómeno degradante presente en todas las regiones con mayor énfasis en la zonas costeras, donde existe mayor presencia de cloruros, es imperativo, el conocimiento del problema y desarrollo de soluciones que nos permitan afrontar dicho proceso corrosivo, es por ello que la presente investigación documentaria, busca proponer alternativas de

aplicación para contrarrestar este fenómeno natural, en base a los agentes contaminantes expuestos y enfocados a nuestra realidad peruana; analizando para ello los estudios de las investigaciones realizadas para determinar la mejor propuesta como componentes para la evitación de la corrosión, para ello analizamos el accionar del Inhibidor de Nitrito de Calcio (CNI) y el acero galvanizado, buscando determinar el mejor método para su uso como prevención, para evitar la corrosión del concreto armado, a través del estudio de datos fidedignos y de mejor adaptación a la realidad problemática nacional.

Los motivos que nos llevaron a investigar el proceso y resultado del nitrito de calcio y acero galvanizado como protección frente al fenómeno de la corrosión del acero del concreto armado es aportar mediante la recolección y análisis de estudios secundarios con la idea de logra un compendio de los aspectos más importantes de dichos trabajos analizados que ayudaran a corroborar o descartar la teoría existente sobre el problema en cuestión, en la practica la presente de investigación se justifica porque ante la necesidad de garantizar la durabilidad de las estructuras de concreto armado proponemos metodologías de uso del nitrito de calcio y/o acero galvanizado en el ámbito de nuestra realidad problemática nacional que ayudaran a enfrentar el problema de la corrosión del acero embebido en el concreto. El presente trabajo aportará en el tema de estudio como antecedente para futuras investigaciones que busquen entender y dar solución al problema de la corrosión ya sea de forma descriptiva o experimental.

Factor importante de la presente tesis es la justificación económica, pues la búsqueda de soluciones al problema de la corrosión conllevara a mejora la durabilidad de las estructuras, originando ahorro económico en el mantenimiento y reparación del concreto armado originado por el fenómeno de la corrosión.

Teniendo en cuenta la problemática ya explicada surge como problema de investigación si ¿El uso del inhibidor de nitrito de calcio y/o uso de acero galvanizado evitara la corrosión del acero del concreto armado?, para poder responder esta interrogante la presente investigación documentaria aborda los siguientes problemas específicos:

- ¿Cuál es el proceso y desempeño del uso del nitrito de calcio como aditivo en el concreto para evitar la corrosión del acero en el concreto armado?
- ¿Cuál es el proceso y desempeño del uso del acero galvanizado como armadura en la protección del concreto armado para evitar la corrosión?
- ¿Cuál es el mejor método de uso del inhibidor de nitrito de calcio y/o uso del acero galvanizado en la evitación de la corrosión del concreto armado y que mejor se adapte a nuestra realidad problemática nacional a través de criterios técnicos, económico, ambiental y comercial?

En la presente investigación se ha trazado como objetivo general determinar en base a la investigación científica revisada, si el uso del inhibidor de nitrito de calcio y/o uso de acero galvanizado evita la corrosión del acero del concreto armado y como objetivos específicos los siguientes:

- Analizar los procesos y resultados de los estudios previos realizados al nitrito de calcio como aditivo en el concreto y su desempeño en la protección del acero del concreto armado frente a la corrosión.
- Analizar los procesos y resultados de los estudios previos realizados sobre el uso del acero galvanizado como armadura y su desempeño en la protección del concreto armado frente a la corrosión.

- Proponer el mejor método en el uso del inhibidor de nitrato de calcio y/o uso del acero galvanizado en la evitación de la corrosión del acero del concreto armado y que, a través de criterios técnicos, económico, ambiental y comercial mejor se adapte a nuestra realidad problemática nacional.

Por otro lado, el problema de investigación planteado se propone como respuesta la hipótesis de si el uso del inhibidor de nitrato de calcio y/o acero galvanizado evitará la corrosión del acero del concreto armado, siendo necesario contestar los problemas específicos planteados también se formulan las siguientes hipótesis específicas:

- El análisis de los estudios previos concluye que el nitrato de calcio tiene un buen desempeño en la protección contra la corrosión del acero del concreto armado.
- El análisis de los estudios previos concluye que acero galvanizado como armadura tiene un buen desempeño en la protección contra la corrosión del acero del concreto armado.
- El análisis de criterios técnicos, económico, ambiental y comercial concluyen que tanto el nitrato de calcio como el acero galvanizado se adaptan a la realidad problemática nacional.

CAPÍTULO II. MÉTODO

Tipo de investigación

Según la finalidad de la presente tesis el tipo de investigación es básica pues a través de la búsqueda y análisis de la información existente, se preocupa por saber, explicar y predecir fenómenos (Mcmillan y Schumacher, 2005). Así, buscamos ampliar el conocimiento acerca del fenómeno de la corrosión y tras un análisis técnico, económico, ambiental y comercial proponer su posible solución en la realidad peruana, a través de una metodología propuesta.

La profundidad de la investigación es no experimental, descriptiva ya que no se influenciará en ninguna de las variables (Nitrato de calcio y Acero galvanizado) para su estudio, pues se limita a caracterizar algo como es (Mcmillan y Schumacher, 2005). Por la naturaleza de los datos la presente investigación es cualitativa, ya que se recolectarán las fuentes secundarias, para a través de su análisis se propondrá una teoría de uso, además de un proceso comparativo, en cuanto a su temporalidad es transversal ya que el recojo de datos se hará en un tiempo determinado.

Para la siguiente investigación se ha considerado como objeto de estudio a las variables:

- Utilización del inhibidor del Nitrato de calcio
- Utilización del acero galvanizado
- Corrosión del acero en el concreto Armado

Para con ello, llegar a determinar cuál es el mejor método en cuanto al uso del inhibidor de nitrato de calcio y/o uso del acero galvanizado en la evitación del concreto armado y que se adapte a nuestra realidad problemática nacional.

Como primer paso se verifico la información requerida para nuestra investigación, tomando como unidad de estudio las publicaciones académicas de nuestra base de datos de la biblioteca virtual de la Universidad Privada del Norte y de los buscadores académicos de fuentes confiables como Scielo.org, Google académico y Redalyc.org; usando las palabras claves: corrosión en el concreto armado, acero galvanizado e inhibidores de corrosión y nitrato de calcio; teniendo como limitadores: texto completo, el tipo de fuente: tesis y publicaciones académicas, dado lo limitado de la información se consideró emplear investigaciones que se encuentren entre los 20 años de antigüedad y considerando las publicaciones en idioma inglés y castellano, de los estudios obtenidos se aplicaron filtros con los cuales se descartaron algunas investigaciones por no tratarse del tema de estudio y otros por duplicidad.

Como resultado se obtuvieron 22 publicaciones para el caso del nitrato de calcio, mientras que para el estudio del acero galvanizado se analizaron 34 documentos, los cuales suman 56 investigaciones que constituyen la muestra de estudio de la presente tesis, los cuales se muestran en la tabla N° 1:

Tabla 1

Selección de fuentes de estudio

N°	TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN
1	“Uso de aditivos químicos para mejorar la durabilidad de concretos de alto desempeño con humo de sílice”
2	“Efecto sinérgico de un polímero súper-absorbente y un inhibidor de corrosión de nitrato de calcio en la durabilidad de un concreto de alto desempeño”
3	“Inhibidores de corrosión y su impacto sobre la durabilidad en las estructuras de hormigón armado”
4	“Análisis del costo del ciclo de vida de inhibidores de corrosión para la protección de estructuras de hormigón armado”
5	“Eficacia de inhibidores de nitrato de calcio (CNI) en concreto agrietado”

6	“Estudio de Aditivos Inhibidores de Corrosión para Estructuras de Hormigón Armado. Análisis de Potencial de Corrosión”
7	“Estudio de la influencia del nitrito de calcio como agente inhibidor de la corrosión”
8	“Estudio de Aditivos Inhibidores de Corrosión para Estructuras de Hormigón Armado. Análisis Cualitativo y Cuantitativo de Penetración de Cloruros”
9	“Comportamiento del hormigón con inhibidor de corrosión en el amasado”
10	“Inhibidores de la corrosión de acero en hormigón armado en ambiente marino”
11	“Performance of generic and proprietary corrosion inhibitors in chloride-contaminated silica fume cement concrete”
12	“Anodic corrosion inhibitors against chloride induced corrosion of concrete rebars”
13	“Chemistry of corrosion inhibitors”
14	“Corrosion inhibition”
15	“Effect of calcium nitrite-based corrosion inhibitor in preventing corrosion of embedded steel in concrete”
16	“Effectiveness of corrosion inhibitors in contaminated concrete”
17	“Reduction of Corrosion Process in Steel Bars Using Inhibitors”
18	“Corrosion inhibitor systems for remedial treatment of reinforced concrete. Part 1: calcium nitrite”
19	“Influence of calcium nitrite inhibitor on the corrosion of steel reinforcement due to carbonation”
20	“Estrategias para mejorar la durabilidad de concreto reforzado ante un medio ambiente marino”.
21	“Durability of Mixtures Containing Calcium Nitrite Based Corrosion Inhibitor”
22	“Effects of w/c, fly ash and calcium nitrite on corrosion of steel in high performance concrete with a construction joint”
23	“Implementación de metodologías de protección frente a la corrosión para extender la vida útil de estructuras de hormigón armado”.
24	“Influencia del galvanizado en caliente, en las propiedades mecánicas del acero de la barra corrugada, norma ASTM a-615, grado 60, para prevenir la corrosión en las estructuras de concreto armado”
25	“Diseño Estructural para viviendas unifamiliares usando perfiles de acero galvanizado”.
26	“Estudio de factibilidad para el uso de acero galvanizado en estructuras de concreto de puentes y muelles de la SCT”
27	“Corrosion Protection of Hot Dip Galvanized Steel in Mortar”.
28	“Galvanizado en caliente para protección contra la corrosión”
29	“Guía práctica de galvanizado por inmersión en caliente”
30	“Acero de refuerzo Galvanizado en caliente - Guía del Especificador”
31	“Estudio de la corrosión de hormigón armado con acero y acero galvanizado en ambiente salino

32	“Barras de acero galvanizado: Una opción contra la corrosión inducida por la carbonatación”
33	“Corrosión de acero galvanizado en un ambiente que contiene cloruros y sulfatos mediante técnicas electroquímicas”
34	“Evaluación comparativa de la corrosión del hormigón armado con acero sin protección y del acero galvanizado en inmersión en caliente”
35	“Efecto de la difusión de ion cloruro en el comportamiento de acero galvanizado en estructuras de hormigón armado. Resultados preliminares”
36	“Daño por hidrógeno en aceros galvanizados”
37	“Operational factors affecting the hot dip galvanizing Steel”
38	“Comportamiento Frente a la Corrosión en Ambiente Marino de Acero Galvanizado y Acero Galvanizado Pintado (Duplex)”
39	“Efecto de la implantación iónica de cerio y lantano en la corrosión del acero galvanizado”
40	“Resistencia al clima tropical de aceros galvanizados con y sin recubrimiento”
41	“Caracterización del grado de adherencia y difusión de la capa de aleación hierro-zinc para perfiles galvanizados de acero estructural de bajo contenido de carbono”
42	“Corrosión de aceros inoxidable y galvanizados de alta resistencia, como alternativa a los aceros convencionales de pretensado”
43	“Método para evaluar inhibidores de corrosión en acero galvanizado y galvalume”
44	“Estudio de la corrosión atmosférica del zinc y el acero galvanizado”
45	“Mecanismos de corrosión e inhibición electroquímica del acero galvanorrecocido”
46	“Evaluación de inhibidores de corrosión atmosférica con una prueba rápida en condiciones agresivas de gabinete”
47	“Evaluación de propiedades mecánicas en recubrimientos galvanizados por doble inmersión en caliente sobre acero al carbono”.
48	“Evaluación de la corrosión del acero embebido en concreto AAS, expuesto a carbonatación mediante un experimento factorial con medidas repetidas”.
49	“Galvanización general. Un modo muy eficiente para proteger el acero”
50	“Planteamiento para determinar comportamientos óptimos entre sistemas de protección dúplex (galvanizado en caliente/frío + recubrimiento) para estructuras metálicas de SE y LT”
51	“Clasificación de la agresividad atmosférica en Colombia mediante métodos estadísticos multivariados”
52	“Estudio de la corrosión del acero embebido en concreto AAS sometido a cloruros”
53	“Analysis of the concrete-steel interface in specimens exposed to the weather and immersed in natural sea wáter”
54	“Influencia del curado sobre la evolución de la corrosión en vigas de hormigón armado con diferentes agregados finos”

55	“Influencia del espesor del recubrimiento de elementos de hormigón armado expuestos a procesos de corrosión y sometidos a cargas externas”
56	“Concreto con protección de superficie y expuesto a solución de cloruros: Espesor de recubrimiento equivalente”

Posteriormente la información obtenida de las publicaciones académicas en mención y teniendo como tema central la utilización del inhibidor de nitrato de calcio y/o del uso de acero galvanizado como armadura en la evitación de la corrosión, fue revisado bajo una metodología basado en un análisis documental, utilizando como instrumento la Ficha de Análisis de datos, las cuales darán la objetividad, validez y confiabilidad de nuestros datos sobre las variables de interés de estudio. Tomando para ello un protocolo para el registro de los datos, como año de publicación, autor, país donde tuvo lugar el estudio, el tipo de metodología de estudio, variable de estudio, un breve resumen del estudio académico y las conclusiones a la que llegaron, para finalmente determinar los criterios de inclusión y exclusión bajo el aporte de conocimiento adquirido.

Por último, el procesamiento, integración y el análisis de datos de la información bibliográfica de las fuentes secundarias obtenidas se realizó utilizando el método de análisis de contenido cualitativo, en base a las variables de interés de estudio y sus indicadores; con el fin de facilitar su análisis y determinar si el uso del inhibidor de nitrato de calcio y/o uso de acero galvanizado protegen al concreto armado de la corrosión, y proponer el mejor método que través de criterios técnicos, económico, ambiental y comercial mejor se adapte a nuestra realidad problemática nacional.

En cuanto a las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos utilizada para la recolección de datos se realizó en base a un Análisis Documental, bajo una revisión sistemática de fuentes secundarias como libros, tesis, artículos y revistas

científicas, utilizando como instrumento la ficha de análisis de datos, las cuales darán la objetividad, validez y confiabilidad de datos sobre las variables de interés de estudio.

Resumida en una matriz de técnicas e instrumentos.

Se tomaron como información las publicaciones académicas de la base de datos de la biblioteca virtual de la Universidad Privada del Norte, Cielo.org, Google académico y Redalyc.org, usando las palabras claves: corrosión en el concreto armado, acero galvanizado e inhibidor de corrosión y nitrato de calcio; teniendo como limitadores: texto completo, el tipo de fuente: tesis y publicaciones académicas entre los 20 años de antigüedad y que el idioma sea tanto inglés como el castellano. Teniendo como resultado usando los limitadores unas 72 publicaciones.

El análisis de datos de la información bibliográfica de las fuentes secundarias obtenidas se realizó utilizando el método de análisis de contenido cualitativo, en base a las variables de interés de estudio y sus indicadores, con el fin de facilitar su análisis y determinando al final el mejor método en el uso de nuestras variables, según nuestra realidad peruana en la evitación de la corrosión del concreto armado.

Matriz de técnicas e Instrumentos

La presente matriz nos ayuda a determinar las técnicas e instrumentos utilizados en la recolección y análisis de datos en correspondencia con el problema, objetivos y el diseño de investigación, la cual esta ordenada en sus objetivos específicos, técnica, instrumento y fuente bibliográfica de la técnica.

Tabla 2

Matriz de técnicas e instrumentos

Objetivo específico	Técnica	Instrumento	Fuentes bibliográficas de la técnica
Analizar los procesos y resultados de los estudios previos realizados al nitrato de calcio como aditivo en el concreto y su desempeño en la protección del acero del concreto armado frente a la corrosión.	Análisis Documental	Ficha de Análisis de datos	Guía de Ingeniería Científica UPN, 2018
Analizar los procesos y resultados de los estudios previos realizados sobre el uso del acero galvanizado como armadura y su desempeño en la protección del concreto armado frente a la corrosión.	Análisis Documental	Ficha de Análisis de datos	Guía de Ingeniería Científica UPN, 2018
Proponer el mejor método en el uso del inhibidor de nitrato de calcio y/o uso del acero galvanizado en la evitación de la corrosión del acero del concreto armado y que a través de criterios técnicos, económico, ambiental y comercial mejor se adapte a nuestra realidad problemática nacional.	Análisis de selección alternativas Análisis cualitativa	Matriz de selección de alternativas	Guía de Ingeniería Científica UPN, 2018

Nota. Elaboración propia

A continuación, se detalla el paso a paso del procedimiento que se realizó para el análisis descriptivo de nuestro estudio desde la recolección de la información, su selección, los criterios de inclusión y exclusión bajo el aporte del conocimiento como aporte a la investigación de estudio, su análisis bajo una metodología de observación cualitativa descriptiva y las conclusiones a las que llegamos.

Tabla 3

Tabla de procedimiento.

Ítem	Pasos	Detalle
01	Revisión de las publicaciones académicas virtuales	Tomando como unidad de estudio las publicaciones académicas, utilizando para ello los buscadores académicos de fuentes confiables: Biblioteca virtual de la UPN Cielo.org, Google académico y Redalcy.org

		<p>Palabras claves: corrosión en el concreto armado, acero galvanizado e inhibidor de corrosión y nitrato de calcio.</p> <p>Limitadores: texto completo, el tipo de fuente: tesis y publicaciones académicas, entre los 20 años de antigüedad e idioma inglés y castellano.</p>
02	Llenado de la ficha de recolección de datos	<p>La información bibliográfica de las fuentes secundarias obtenidas es ingresada a la Ficha de Análisis de datos usado como instrumento de análisis, se procede a categorizar la información, según un protocolo.</p> <p>Protocolo: año de publicación, autor, país donde tuvo lugar el estudio, el tipo de metodología de estudio, variable de estudio, un breve resumen del estudio académico y las conclusiones a la que llegaron.</p>
03	Selección de publicaciones académicas relevantes que precisan los objetivos de la investigación en base a sus variables de estudio	<p>La información bibliográfica de las fuentes secundarias obtenidas y que fueron ingresadas a la ficha de datos es analizada con el fin de determinar los criterios de inclusión y exclusión bajo el aporte del conocimiento adquirido.</p> <p>Exclusión: No responde a la pregunta de investigación Inclusión: Responde a la pregunta de investigación</p>
04	Revisión sistemática de los datos	<p>Se elaboró un análisis documental, con el fin de facilitar su revisión e interpretación de las fuentes secundarias de estudio. Así, se utilizó como instrumento la Ficha de Análisis de datos. Utilizando el método de análisis de contenido cualitativo y en base a las variables de estudio se procedió a formar las tablas y cuadros estadísticos.</p>
05	Análisis críticos y selección de alternativas de la información	<p>Se procedió a describir y analizar el comportamiento de nuestras variables de estudio y el aporte a nuestro problema de investigación para determinar el mejor método como componentes para la evitación de la corrosión en base a nuestra realidad peruana y establecer un patrón de consulta ante estas circunstancias de trabajo.</p>

Nota. Elaboración propia

Por último, en el caso de los aspectos éticos los investigadores nos comprometemos a usar los estudios científicos de manera responsable, respetando los derechos de autor de la información recibida y consignar los créditos de los autores consultados para la presente investigación.

Además de asegurar que las fuentes confiables consultadas, cumplan con la veracidad de la información, no alterando las conclusiones dadas y que sean sometidas a una discusión.

Respetando a la norma de redacción del APA sexta edición, en la Universidad Privada del Norte nos da para dar un estilo propio a sus documentos de investigación, con el objetivo de facilitar la creación y comprensión de los documentos de carácter científico. Asimismo, nos ayuda a no incurrir en el plagio intelectual.

Alimentándonos del beneficio social que se logra, porque permite describir aspectos nuevos de datos, ayuda a comunicar conocimientos adquiridos y manejar un lenguaje especializado, creando interés y dejando al final ideas claras en el espectador.

El respeto a las personas, sus costumbres, cultura, religión y del derecho de ejercer su plena autonomía. En el ámbito de la investigación el objetivo de este principio es garantizar a las personas que se respeten sus opiniones del análisis realizado en sus estudios, fundamentados en sus resultados obtenidos.

Con la finalidad de obtener un trabajo científico confiable la metodología empleada en la presente investigación es coherente con el problema investigado, en cuanto al marco teórico se basará en fuentes documentales y de información confiable, empleando un lenguaje metódico para comunicar los diferentes estudios y resultados.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En la presente investigación determinaremos a través de la revisión y análisis de los estudios científicos citados el desempeño del inhibidor de nitrito de calcio en la protección del concreto armado frente a la corrosión.

Resultados del uso del inhibidor de nitrito de calcio

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a través del estudio y análisis de los documentos científicos obtenidos sobre el uso del nitrito de calcio y cómo influye en la prevención de la corrosión del concreto armado.

Bajo el objetivo de determinar los procesos y resultados de los estudios previos realizados al nitrito de calcio y bajo la premisa de incrementar el conocimiento que nos ayude o no a sustentar que el nitrito de calcio tiene un buen desempeño como agente inhibidor de corrosión en el concreto armado, se seleccionaron 22 investigaciones ingresadas en la ficha de análisis de datos, las cuales se describirán en la tabla N° 4.

Tabla 4

Tabla de Revisión de publicaciones de nitrito de calcio seleccionas por su aporte a la tesis

N°	Nombre / año / título	Resultados	Breve resumen
1	Polanco (2017) “Uso de aditivos químicos para mejorar la durabilidad de concretos de alto desempeño con humo de sílice”	<p>En el presente estudio el uso del aditivo en base a Nitrito de sodio acelera los tiempos de fraguado en las muestras con humo de sílice, no obstante, en combinación con el aditivo SRA, SAP o ambos, se controla.</p> <p>El Nitrito de sodio logra un efecto positivo en los concretos ensayados en la resistencia a la compresión en condiciones de curado aislado o húmedo.</p> <p>El Nitrito de sodio incrementa la contracción autógena en un factor de 2. Sin embargo, puede ser mitigado este efecto con el SRA o con el SAP.</p> <p>El Nitrito de sodio no afecta la resistividad eléctrica ni el CDC de manera significativa, sin embargo, en la vida útil se calcula que tiene 26 años más que la referencia.</p> <p>Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none">• Propiedades en estado fresco• Resistencia a la compresión• Resistividad eléctrica superficial• Coeficiente de Migración de Cloruros en estado no estacionario• Contracción autógena• Contracción por secado	<p>La tesis tiene como objetivo el mejorar la estabilidad volumétrica del concreto para poder retardar el proceso de corrosión. Para lo cual se experimentó con un inhibidor de la corrosión en base a Nitrito de Calcio, además de un polímero súper absorbente, un aditivo reductor de la contracción para contrarrestar la aceleración del fraguado que origina el nitrito de calcio.</p>
2	Durán, Polanco, Dávila, López y Valdez (2020) “Efecto sinérgico de un polímero súper-absorbente y un inhibidor de corrosión de nitrito de calcio en la	<p>El efecto sinérgico del SAP + nitrito de calcio mejora la retracción autógena y la resistividad eléctrica superficial.</p> <p>Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none">• Parámetros de hidratación.• Propiedades en estado fresco.• Retracción autógena y por secado.	<p>La investigación evalúa el efecto sinérgico de un polímero súper-absorbente en conjunto con un inhibidor de corrosión de nitrito de calcio, como una tecnología combinada para mejorar la durabilidad de un Concreto de Alto Desempeño.</p>

	durabilidad de un concreto de alto desempeño”		Propone el uso de SAP + nitrito de calcio para mejorar la retracción autógena y la resistividad eléctrica superficial.
3	Hidalgo (2016) “Inhibidores de corrosión y su impacto sobre la durabilidad en las estructuras de hormigón armado”	El análisis probabilístico que presenta el software Service Life 356 sobre las 5 edificaciones que utilizaron un inhibidor a base de nitrito de calcio demuestra que el promedio del inicio de la corrosión comenzará a los 48 años aproximadamente más los 6 años del tiempo constante la propagación el resultado es de 54 años. El estudio indica que una edificación deberá de ser intervenida por problemas de corrosión a los 54 años aproximadamente Ensayos: <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de planos. • modulación en el software Service Life 365. 	El trabajo de investigación busca evaluar distintas edificaciones a través de un software avalado por la ACI. Este software predice la vida útil a través de un modelo matemático y compara distintas alternativas de inhibidores de corrosión, su alcance en dichas estructuras y su costo.
4	Amaya, Cornejo y Rigail (2016) “Análisis del costo del ciclo de vida de inhibidores de corrosión para la protección de estructuras de hormigón armado”	En la actualidad, cada vez se utilizan más y más inhibidores de corrosión para incrementar la vida útil de una estructura; esto es analizado en este artículo usando el modelo de predicción Life-365 Service Life. Se midió la iniciación y propagación de concentraciones de cloruro y la vida útil de la estructura.	El objetivo de la investigación es proponer una metodología para evaluar las características del hormigón desde su diseño considerando criterios de medioambiente y durabilidad
5	Montes, López y Bremner (2009) “Eficacia de inhibidores de nitrito de calcio (CNI) en concreto agrietado”	Las muestras que contienen 25L/m ³ de nitrito de calcio presentan un Icorr más bajo que las que no tienen nitrito de calcio Ensayos: <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas electroquímicas. 	En el estudio realizado se investigó la eficacia del nitrito de calcio para prevenir la corrosión en losas de concreto agrietado expuesta a un ambiente marino por 5 años.
6	Carvajal y Guzmán (2005) “Estudio de Aditivos Inhibidores de Corrosión para Estructuras de Hormigón Armado. Análisis de Potencial de Corrosión”	El nitrito de calcio cumple con su función de prevenir la corrosión evitando que se debilitara la capa pasivadora que protege al acero a pesar de que el concreto tenía altas concentraciones de cloruro. Ensayos: <ul style="list-style-type: none"> • Potencial de corrosión Ecorr 	Se comparó la efectividad de dos inhibidores de corrosión el Nitrito de calcio y el Microsilíce. Se concluyó que el nitrito de calcio tiene un mejor comportamiento con medidas del Ecorr de cero en las barras de acero.

7	Velarde y Fosca (1992) “Estudio de la influencia del nitrito de calcio como agente inhibidor de la corrosión”	El nitrito de calcio controla el Ecorr. Ensayos: <ul style="list-style-type: none"> • Potencial de corrosión Ecorr. • Ensayo galvanostático. 	En el presente estudio se evaluó mezclas de concreto armado con adición de nitrito de calcio en presencia de iones de cloruro.
8	Carvajal, Venegas y Vera (2008) “Estudio de Aditivos Inhibidores de Corrosión para Estructuras de Hormigón Armado. Análisis Cualitativo y Cuantitativo de Penetración de Cloruros”	Quedo demostrada la efectividad del nitrito de calcio sobre el microsílce frente al control del Ecorr, esta condición se mantiene después de tres años de edad de las probetas. Ensayos: <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de penetración de iones cloruro 	El nitrito de calcio y el microsílce fueron objeto de estudio en la investigación, que busco medir el Ecorr en probetas contaminadas con iones de cloruro.
9	Salas (2003) “Comportamiento del hormigón con inhibidor de corrosión en el amasado”	Con el uso de DCI-S se obtiene un notable aumento de la trabajabilidad del concreto fresco, además de la reducción de las razones agua cemento elevando su resistencia, finalmente se concluyó que en cuanto al costo, este se incrementa hasta en un 100% cuando se usa el inhibidor, sin embargo se evita gastos posteriores de mantenimiento y reparación. Ensayos: <ul style="list-style-type: none"> • Trabajabilidad del concreto fresco. • Resistencia a la compresión. • Presupuesto para 1m³ 	En la tesis de pregrado se estudió el comportamiento del concreto con inhibidor DCI-S (a base de nitrito de calcio), en estado fresco y endurecido, se estudió la resistencia a la compresión y las condiciones técnicas y económicas.
10	Venegas, Vera, Carvajal, Villarroel y Rojas (2009) “Inhibidores de la corrosión de acero en hormigón armado en ambiente marino”	El nitrito de calcio cumple controlando el potencial de corrosión (Ecorr) y la curva de polarización anódica. La película formada por productos de corrosión en presencia del nitrito de calcio genera la formación de maghemita. El microsílce en las condiciones del ensayo no asegura la protección de la corrosión del acero. Ensayos: <ul style="list-style-type: none"> • Potencial de corrosión. • pH y contenido de cloruro. • Curva de polarización anódica. 	Se estudió el comportamiento del microsílce y el nitrito de calcio como inhibidores de corrosión del concreto armado en probetas expuestas a un ataque acelerado de cloruro de calcio, el estado del acero se evaluó en función del Ecorr. Los resultados muestran la superioridad del nitrito de calcio frente al microsílce como agente controlador del Ecorr en ambientes altamente agresivos.

11	<p>Mehthel, Dulaijan, Idi, SH, Shameem, Ali y Maslehuddin (2009) “Performance of generic and proprietary corrosion inhibitors in chloride-contaminated silica fume cement concrete”</p>	<p>La incorporación de inhibidores de corrosión aumentó el tiempo de corrosión y el tiempo de agrietamiento de las muestras de concreto, mientras que la densidad de corriente de corrosión disminuyó. El inhibidor de corrosión orgánico mostró el mejor rendimiento seguido del inhibidor de corrosión patentado.</p> <p>Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencial de corrosión. • Densidad de corriente de corrosión (Icorr) • Tiempo de inicio de la corrosión. 	<p>En la publicación objeto de estudio se comparó el comportamiento de cuatro inhibidores (Nitrito de calcio genérico, Nitrito de calcio patentado, un inhibidor de corrosión migratorio patentado y un inhibidor de corrosión orgánico patentado) en un concreto elaborado con cemento de humo de sílice contaminado con cloruro</p>
12	<p>Østnor y Justnes (2011) “Anodic corrosion inhibitors against chloride induced corrosion of concrete rebars”</p>	<p>Un agregado de 3-4% de nitrato de calcio o el nitrito de calcio es suficiente para proteger las barras de refuerzo incrustadas de la acción de corrosión inducida por los cloruros. El mecanismo inhibidor del nitrato de calcio es análogo al del nitrito de calcio.</p> <p>Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencial de corrosión. • Concentración de cloruros. 	<p>La presente investigación sirvió para evaluar el efecto de tres inhibidores anódicos: Nitrato de calcio, nitrito de calcio y nitrato de potasio, en probetas expuestas en diferentes ambientes de zonas marinas,</p>
13	<p>Gaidis (2004) “Chemistry of corrosion inhibitors”</p>	<p>Se estudia a fondo el nitrito de calcio, a través de sus antecedentes históricos y sus propiedades para evitar la corrosión.</p>	<p>En la publicación científica de James M. Gaidis se discuten las reacciones químicas del proceso de corrosión en el concreto y de los inhibidores más comúnmente utilizados, con especial atención a los procedimientos de prueba y cuestiones prácticas derivadas del uso de inhibidores.</p>
14	<p>Aitcin (2016). “Corrosion inhibition”</p>	<p>Se revisa de manera breve el proceso por el cual el nitrito de calcio actúa como inhibidor de corrosión en el concreto armado.</p>	<p>El capítulo 24 del libro Science and Technology of Concrete Admixtures, se dedica a estudiar la protección del concreto con el uso de inhibidores de corrosión, en la página 247 hace un estudio del nitrito de calcio.</p>

<p>15 Ann, Jung, Kim, H. S., Kim, S. S., y Moon (2006). “Effect of calcium nitrite-based corrosion inhibitor in preventing corrosion of embedded steel in concrete”</p>	<p>El uso del nitrito de calcio redujo significativamente la velocidad de corrosión, las muestras con nitrito de calcio produjeron una carga total más alta aprobada en la prueba de permeabilidad a iones de cloruro. Un aumento en la dosis de nitrito de calcio redujo el tiempo de fraguado del concreto, además la resistencia a la compresión se elevó a edades tempranas para ir decayendo a largo plazo (900 días).</p> <p>Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión. • Tiempo de fraguado. • Permeabilidad iónica. • Velocidad de corrosión. 	<p>Este estudio se refiere a la evaluación del efecto de inhibición del inhibidor de corrosión a base de nitrito de calcio utilizando un método de polarización y su influencia en el transporte de cloruro, la resistencia a la compresión y el tiempo de fraguado del hormigón.</p>
<p>16 Amoudi, Maslehuddin, Lashari, y Almusallam (2003). “Effectiveness of corrosion inhibitors in contaminated concrete”</p>	<p>El uso de los inhibidores no afectó significativamente la resistencia a la compresión del concreto armado. El Nitrito de calcio fue el más eficiente en retrasar el inicio de la corrosión en concreto contaminado con cloruro, mientras que el nitrito de calcio y el nitrato de calcio fueron igual de eficientes en ambientes contaminados por cloruros y sulfatos de agua de mar, mientras que en agua salobre y agregados sin lavar todos los inhibidores tuvieron buen comportamiento reduciendo la tasa de corrosión del acero de refuerzo.</p> <p>Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión. • Potencial de corrosión. • Tiempo de inicio de la corrosión. • Densidad de corriente de corrosión. • Uso de inhibidor según el tipo de contaminación. 	<p>La investigación científica sirvió para evaluar cuatro inhibidores de corrosión (el nitrito de calcio en dos dosis, el nitrato de calcio en tres dosis y dos inhibidores orgánicos en las dosis recomendadas) en concreto expuesto a cinco niveles diferentes de contaminación con cloruro, agua de mar, agua salobre y agregados sin lavar.</p>
<p>17 Zubaidy y Tamimi (2012). “Reduction of Corrosion Process in Steel Bars Using Inhibitors”</p>	<p>La velocidad de corrosión varía, no solo de viga a viga, sino también dentro de la misma viga con respecto a su ubicación dentro de la solución salina. La mayor corrosión se presentó en las barras sin inhibidor de corrosión. Las tasas de corrosión disminuyeron significativamente en las barras con inhibidor durante el periodo de secado.</p>	<p>Se investigó sobre 3 inhibidores distintos: el inhibidor de nitrito de calcio, el inhibidor de corrosión anódica (ACI) y el inhibidor de corrosión RHEOCRETE 222+, para lograr el objetivo se usaron cuatro barras sumergidas en solución de cloruros durante ciclos húmedos y secos.</p>

		<p>Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control de masa real y teórica. • Velocidad de corrosión. • Resistencia a la compresión. 	
18	Ngala, Page y M.M Page (2002) “Corrosion inhibitor systems for remedial treatment of reinforced concrete. Part 1: calcium nitrite”	<p>El nitrito de calcio redujo moderadamente la corrosión en muestras de concreto no carbonatado con niveles bajos de cloruro.</p> <p>El uso del nitrito de calcio en concretos carbonatados con niveles bajos de cloruro su desempeño fue ineficaz.</p> <p>Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perdidas de peso de las barras de acero. • Monitoreo y análisis electroquímico. 	En la presente investigación se evalúa la influencia del nitrito de calcio en especímenes de concreto: un concreto armado carbonatado en laboratorio, un concreto contaminado por cloruro elaborado en laboratorio y una loza de 60 años de antigüedad recuperada del centro de Gales.
19	Batis, Sideris, Hewlett y Laszlo (2015) “Influence of calcium nitrite inhibitor on the corrosion of steel reinforcement due to carbonation”	<p>El uso del nitrito de calcio reduce la profundidad de carbonatación en todas las mezclas.</p> <p>El nitrito de calcio reduce la pérdida de peso de las barras de acero.</p> <p>Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profundidad de carbonatación. • Resistencia a la compresión. 	A través de siete mezclas de mortero los cuales se curaron en una habitación con temperatura y humedad relativa controlada se estudió la influencia del nitrito de calcio en los procesos de carbonatación.
20	López, Montes, Porras y Bremner (2014). “Estrategias para mejorar la durabilidad de concreto reforzado ante un medio ambiente marino”.	<p>El uso de inhibidores de corrosión cumple con el objetivo de mejorar la durabilidad de las mezclas estudiadas.</p> <p>Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual. • Pruebas electroquímicas • Densidad de corrosión. 	Se evalúan estrategias para mejorar la durabilidad del concreto armado en ambientes marinos, estas estrategias comprenden el estudio de muestras con y sin inhibidores de corrosión, entre ellos el nitrito de calcio, evaluándolos en pruebas aceleradas de laboratorio y pruebas de campo
21	Sideris, Kosmas y Savva (2005). “Durability of Mixtures Containing Calcium Nitrite Based Corrosion Inhibitor”	<p>El nitrito de calcio aumenta la protección contra la corrosión, el nivel de protección dependerá del tipo de cemento utilizado.</p> <p>Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencial de media celda. 	Se investiga la influencia del nitrito de calcio En 14 morteros con acero de refuerzo con cemento tipo I y tipo V, además de 12 mezclas con materiales puzolanicos, durante un periodo de dos años, las mezclas fueron sumergidas en soluciones de

	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión. • Pérdida de peso gravimétrica • Profundidad de carbonatación 	cloruro de sonio al 5%, se realizaron medidas de carbonatación y corrosión inducidas por cloruros.
22	<p>Montes, Quero y Chacon (2012) “Effects of w/c, fly ash and calcium nitrite on corrosion of steel in high performance concrete with a construction joint”</p> <p>Los resultados indican que el uso de una baja relación a/c, la adición de ceniza volante y la adición del inhibidor de la corrosión contribuyeron a la reducción de la corrosión del acero en los especímenes de concreto.</p> <p>Ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual. • Potencial de corrosión. • Densidad de corrosión. 	La efectividad de la relación w/c, ceniza volante y nitrito de calcio para evitar la corrosión del acero embebido en un concreto de alto desempeño con una junta constructiva, para llevar a cabo el experimento se fabricaron probetas las cuales se sometieron a un ambiente marino simulado con ciclos de humectación y secado 2 veces al día por un año

Nota. Elaboración propia

Potencial de corrosión (E_{corr})

El potencial de corrosión es un parámetro que estima la probabilidad de ocurrencia de corrosión, normada por la ASTM C 876, el estudio se realiza con un voltímetro de alta impedancia interna conectando una terminal a la varilla de refuerzo como primer electrodo y el segundo al electrodo de referencia sobre el concreto, esta medición nos informa si la corrosión está presente en sistema acero-concreto y de ser así la severidad de corrosión. La norma establece rangos para establecer el potencial de corrosión:

Tabla 5

Rangos de Potencial de corrosión

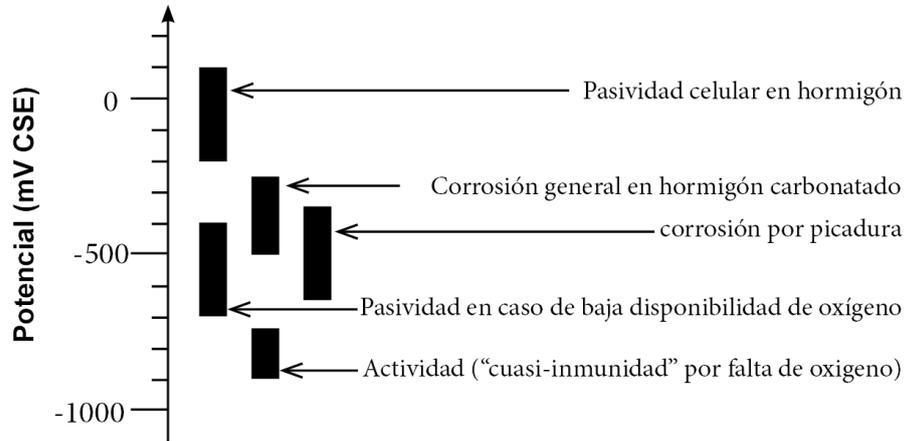
E_{corr}	Probabilidad de corrosión
Mayor a -200 mV	5%
Entre -200 y -350 mV	50 %
Menor a -350 mV	95%

Nota: ASTM C 876

En el caso de los autores Østnor y Justnes (2011), emplean el siguiente grafico donde se mide los mili voltios con referencia a la semi celda cobre-sulfato de cobre para establecer el potencial de corrosión de su investigación:

Figura 3

Valores usados por Østnor y Justnes para potencial de corrosión



Estado de corrosión de las barras de refuerzo frente al potencial

En el análisis de las investigaciones realizadas encontramos que algunos autores realizaron este tipo de pruebas con los siguientes resultados:

Figura 4

Resultados de Ecorr (Carvajal et al.2005) y (Carvajal et al 2008)

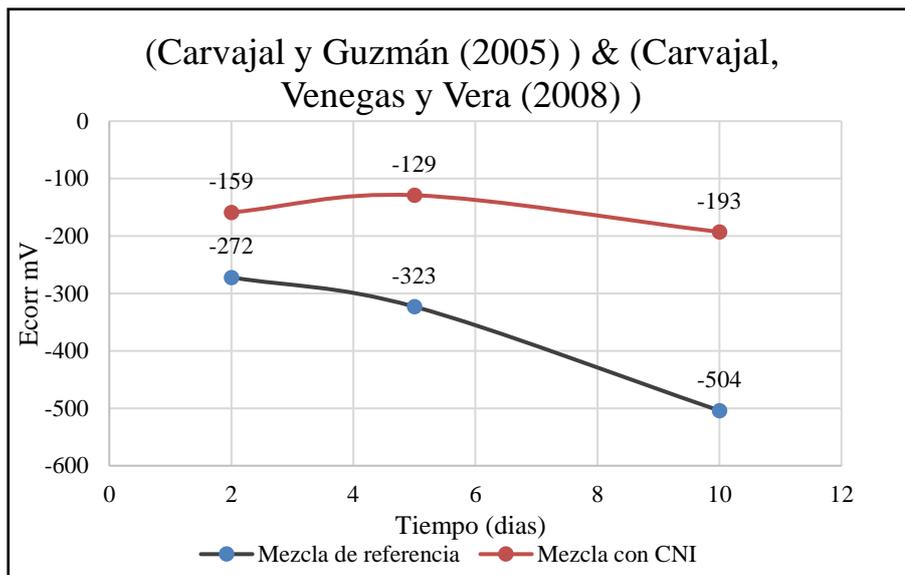


Figura 5

Resultados de Ecorr de Velarde y Fosca (1992)

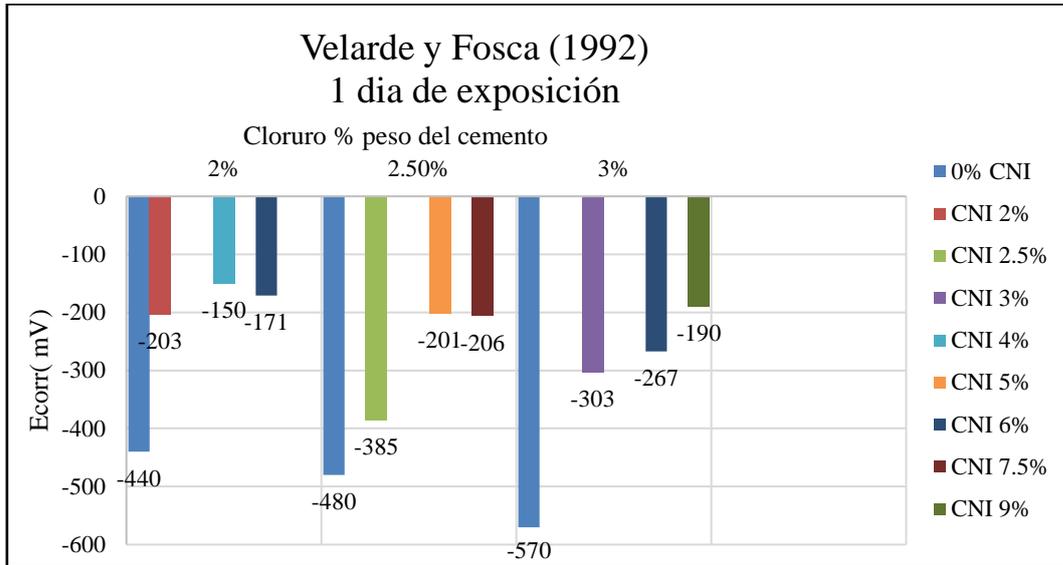


Figura 3

Resultados de Ecorr de Mehthel, Dulaijan, Idi, SH, Shameem, Ali y Maslehuddin (2009)

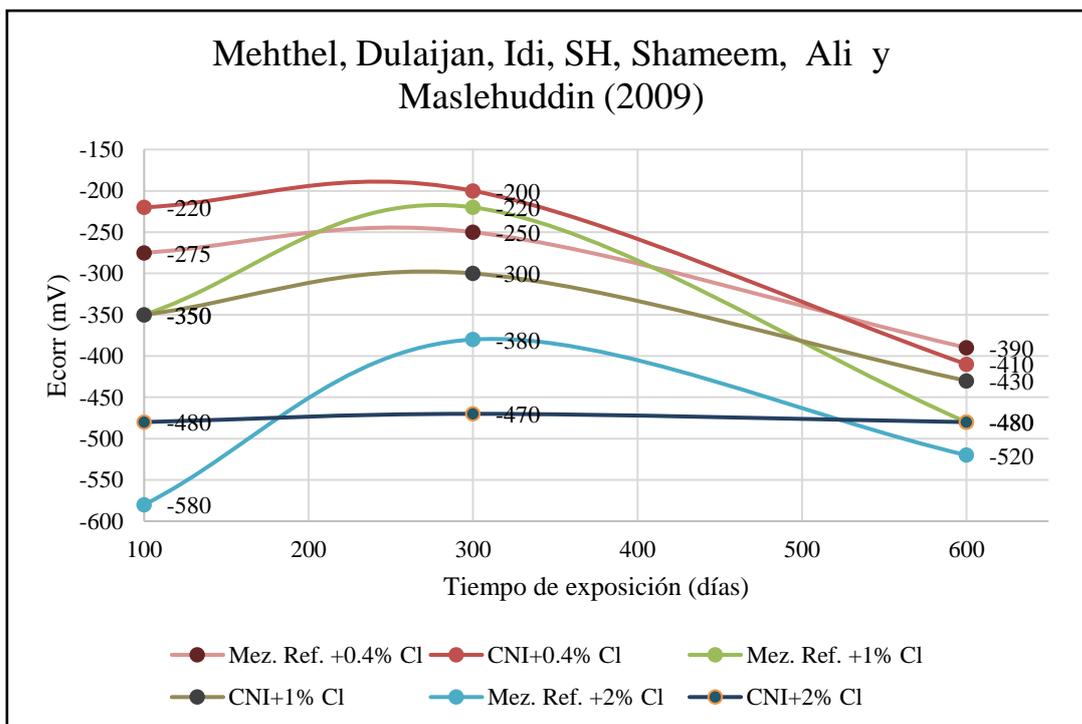


Figura 4

Resultados de Ecorr de Østnor y Justnes (2011)

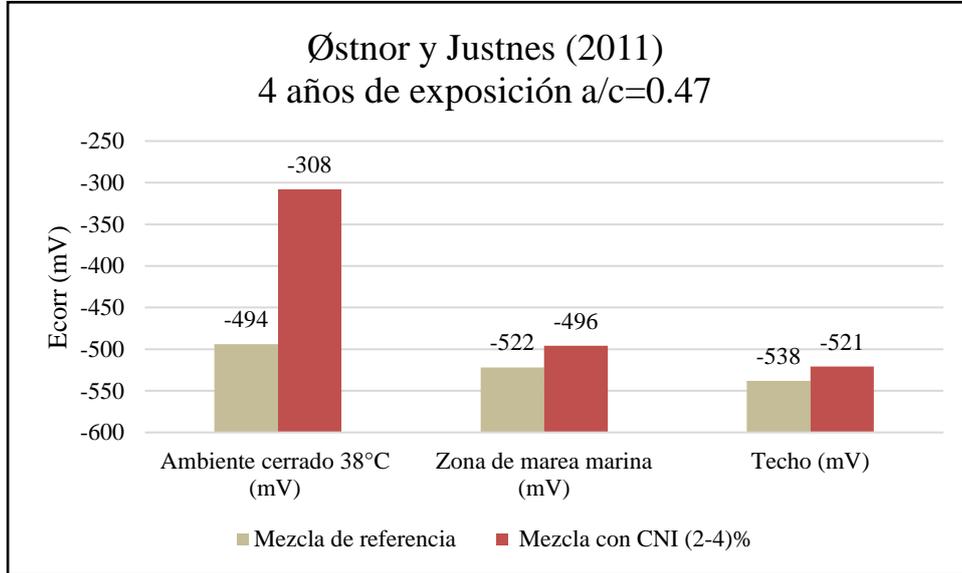
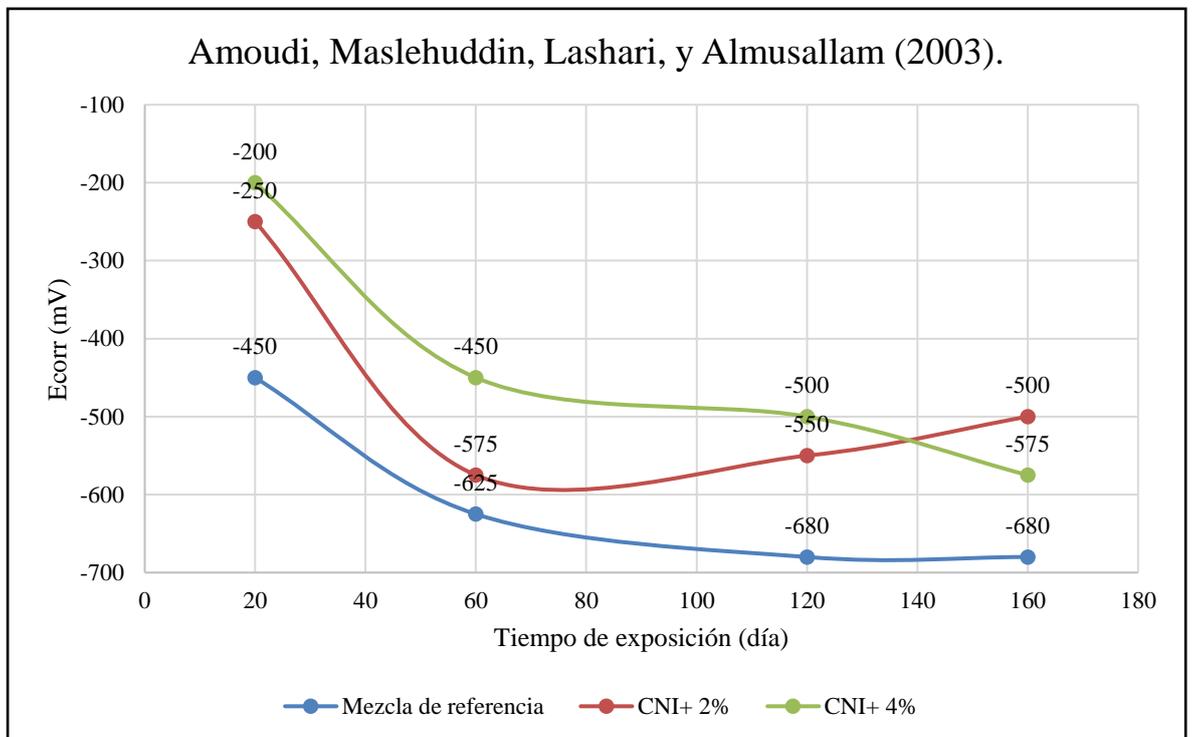


Figura 8

Resultados de Ecorr de Amoudi, Maslehuddin, Lashari, y Almusallam (2003).



Como se aprecia el uso de Nitrito de calcio mejora notablemente el potencial de corrosión, disminuyendo la probabilidad de que se produzca la corrosión en el acero embebido en concreto, la investigación de Carvajal, Guzmán (2005) y Carvajal, Venegas, Vera (2008) concuerdan en el experimento y los datos obtenidos, ellos usan una dosificación de 30 l/m³ en un concreto con alta relación agua cemento (0.55) que da por resultado un concreto poroso para garantizar una fácil entrada de cloruros, en donde el nitrito de calcio mejora el Ecorr al 5% comparándolo con la mezcla de referencia que a más días de exposición avanza del 50 % al 95 % de ocurrencia de corrosión, en el caso de Velarde y Fosca (1992) los autores experimentan con un concreto poroso y a 24 horas de exposición con diferentes niveles de cloruro y diferentes dosificaciones de nitrito de calcio, como se observa en la tabla referida a mayor presencia de nitrito de calcio en la mezcla mejores resultados se obtendrán en el objetivo de protegerla contra la corrosión.

Los autores Mehthel, et al. (2009) emplean un CAD con una baja dosificación de nitrito de calcio, donde se evidencia el discreto accionar del inhibidor de corrosión cuando hay un mayor nivel de cloruros presentes en la mezcla objeto de análisis en largos periodos de exposición (600 días) al agente contaminante.

Para Østnor y Justnes (2011) exponen las muestras de estudio a diferentes entornos de una zona costera como son un ambiente cerrado, zona de marea marina y el techo de una edificación con una media de 38° C de temperatura y 90% de humedad relativa, el mayor desempeño del inhibidor a base de nitrito de calcio se da en el ambiente cerrado, la misma investigación concluye que basta con un 2-4% de nitrito de calcio en relación al peso del cemento para proteger de la corrosión al acero del concreto contra el accionar del cloruro.

Amoudi et al. (2003) emplea una mezcla con una baja relación agua cemento, con 80% de contenido de cloruro, para mezclas con 2-4% de nitrito de calcio en relación al peso del cemento, obteniendo un 5% de probabilidad de corrosión a los 20 días, cifra que crece al llegar a los 60 días desde donde en adelante alcanzará el 95 % de probabilidad de corrosión del acero, esto se debe al elevado porcentaje de cloruro presente en las mezclas analizadas.

Resistividad eléctrica

Ensayo no destructivo de la propiedad volumétrica de un material e indica la resistencia que posee el mismo al paso de cargas eléctricas, el ensayo puede dar información sobre varias cualidades del concreto como que a mayor resistividad menor cantidad de porosidad en el concreto, en consecuencia es mayor sus resistencia mecánica, otro factor indicado es la saturación ya que un concreto que no se encuentre saturado de agua elevara la resistividad lo que nos puede indicar el grado de curado del concreto, el estudio de la resistividad eléctrica también es usado para determinar el inicio hasta el desarrollo total de la corrosión del acero del concreto armado como para cuantificar la propagación de la corrosión, examen que tiene como base la relación inversa entre la resistividad eléctrica y la difusividad de los iones

El ensayo de resistividad eléctrica esta normado por la ASTM C 1202-17 la que la mide en culombios:

Tabla 6

Valores de resistividad eléctrica ASTM C 1202-17

Carga Pasada (Coulombs)	Penetrabilidad del Ion de cloruro
> 4,000	Alto
de 2,000 a 4,000	Moderado
de 1,000 a 2,000	Bajo
de 100 a 1,000	Muy bajo
< 100	Despreciable

Nota: fuente ASTM

Otra norma para el procedimiento del ensayo en mención es la prueba superficial de resistividad eléctrica AASHTO: TP 95-11 que mide el paso de electricidad en kilo ohmios – cm:

Tabla 7

Valores de resistividad superficial AASHTO: TP 95-11

Penetración de Iones de cloruro	100 mm × 200 mm (4 pulg. × 8 pulg.) Cilindro (kΩ-cm)	150 mm × 300 mm (6 pulg. × 12 pulg.) Cilindro (kΩ-cm)
Alto	< 12	< 9.5
Moderado	12–21	9,5–16,5
Bajo	21–37	16.5–29
Muy bajo	37–254	29–199
Despreciable	> 254	> 199

Nota: fuente AASHTO

En las investigaciones analizadas encontramos 2 investigaciones que elaboran el ensayo bajo la norma AASHTO: TP 95-11, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 8

Resultados de resistividad eléctrica de Durán, Polanco, Dávila, López y Valdez (2020)

Autor	Relación a/c	Dosificación CNI (en relación al peso del cemento)	Mezcla	Tiempo (días)		
				28	70	114
Durán, Polanco, Dávila, López y Valdez (2020)	0.4	2%	Mezcl. Ref.	43.2	72.1	99.1
			CNI	48.7	79.5	90.1

Tabla 9

Resultados de resistividad eléctrica de Polanco (2017)

Autor	Relación a/c	Dosificación CNI (en relación al peso del cemento)	Mezcla	Tiempo (días)		
				20	70	120
Polanco (2017)	0.47	2%	Mezcl. Ref.	25	66	90.1
			CNI	20	57.5	86

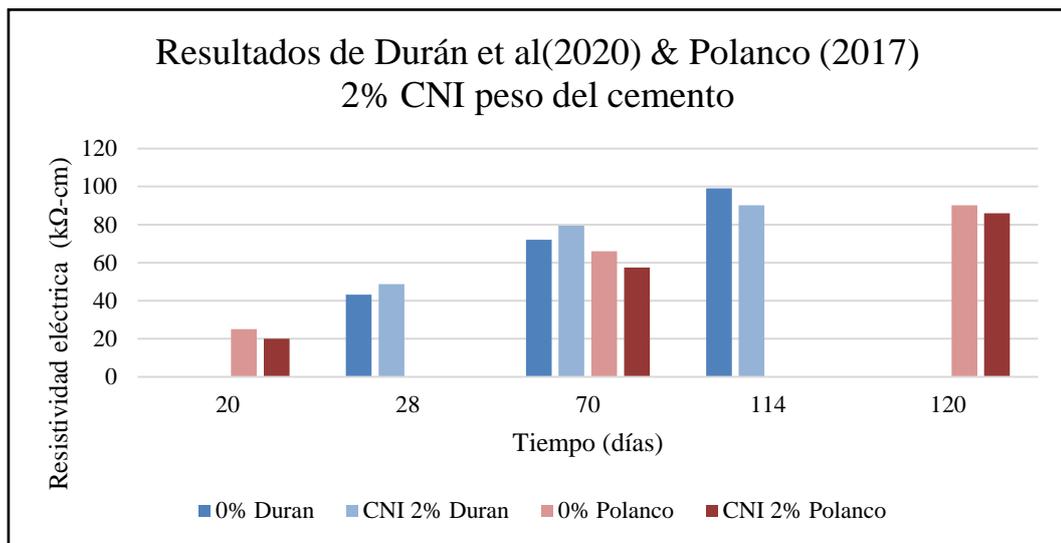
En el estudio de los autores Duran et al. (2020) obtienen una resistividad eléctrica de 99.1 para la mezcla de referencia y 90.1 para la mezcla con nitrito de calcio, ambas a los 114 días, niveles considerados con muy baja probabilidad de corrosión, la relación agua cemento de 04 juega un papel importante en este resultado pues al tratarse de un CAD, garantiza poca porosidad del concreto, con la consecuente alta respuesta de la resistividad eléctrica.

Resultados similares obtiene Polanco (2017) con medidas de 90.1 para la mezcla de referencia y 86 para la mezcla con el inhibidor de corrosión en base a nitrito de calcio, ambas mezclas llegan a este resultado a los 120 días, como el caso

anterior la relación agua cemento logra una mayor resistencia al paso de la corriente eléctrica.

Figura 9

Comparativo de los resultados de resistividad eléctrica de Durán et al. (2020) & Polanco (2017)



En el comparativo de ambos autores se evidencia que los valores alcanzados por ambos estudios se encuentran en un nivel muy bajo de penetración de iones de cloruro según la norma AASHTO: TP 95-11.

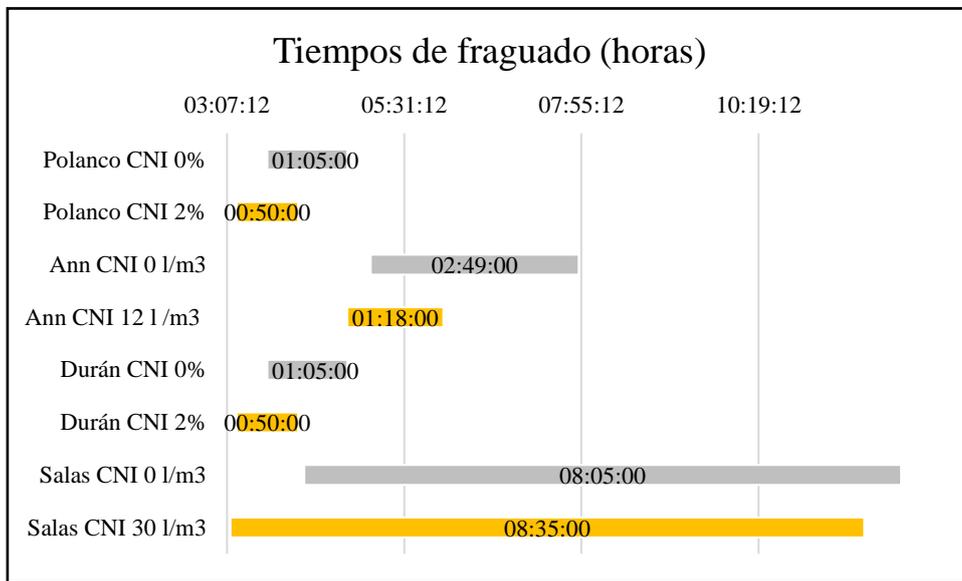
Tiempo de fraguado

Cuando el agua entra en contacto con el cemento inicia la reacción química exodérmica por la cual comienza el endurecimiento del concreto, comienza cuando la mezcla va perdiendo considerablemente su plasticidad volviéndose difícil su trabajabilidad este proceso se conoce como el fraguado inicial, a medida que sigue el proceso de endurecimiento se presenta un nuevo estado donde la mezcla ha alcanzado una consistencia considerable, etapa conocida como fraguado final.

Una de las propiedades del inhibidor de corrosión en base a nitrito de calcio es su característica de acelerador de fraguado, las investigaciones citadas en la presente tesis también nos dan alcances sobre el uso del nitrito de calcio y su influencia en los tiempos de fraguado:

Figura 10

Resultados de los tiempos de fraguado



Nota: elaboración propia

Como se aprecia en la mayoría de las mezclas con nitrito de calcio iniciaron el fraguado antes el proceso de fraguado en comparación con las mezclas de referencia, acelerando el término del fraguado, así tenemos que para Polanco (2017) la mezcla si inhibidor de corrosión el fraguado tuvo una duración de 1 hora y 5 minutos en comparación con la mezcla con nitrito de calcio cuyo fraguado duro 50 minutos, para la investigación de Ann et al. (2006) el fraguado de la mezcla de referencia duro 2 horas y 49 minutos en comparación con la mezcla con nitrito de calcio que duro 1 hora y 18 minutos. Para Durant et al. (2020) el tiempo que duro el fraguado para la

mezcla de referencia tomo 1 hora y 5 minutos y la mezcla con nitrito de calcio llego a terminar su fraguado en 50 minutos. La investigación de Salas (2003) es la excepción a la regla pues, aunque la mezcla con inhibidor de nitrito de calcio inicio su fraguado 1 antes que la muestra de referencia, tuvo una duración de 8 horas y 35 minutos en comparación de la muestra de referencia cuyo fraguado duro 8 horas y 5 minutos, Estos resultados nos ayudan a concluir que la acción de acelerante de fraguado del nitrito de calcio aunque no es muy marcada, si es un tema a tener en cuenta para evitar las posibles consecuencias de cambios volumétricos.

Retracción Autógena y por secado

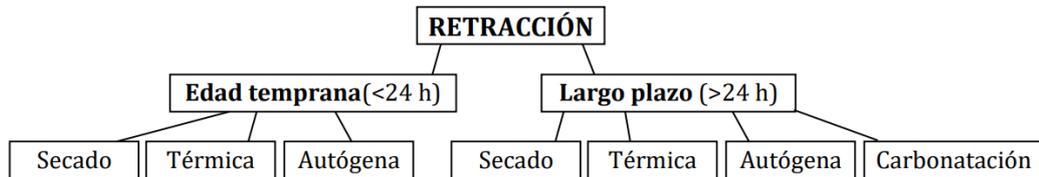
El concreto es un material que durante el proceso de fraguado pierde agua ya sea por factores externos o por las reacciones internas de la hidratación y fraguado que generan calor pueden ocasionar cambios volumétricos del concreto sobre el tema Giani, R., Navarrete, B., & Bustos, J. (2008) nos refiere que las deformaciones hidráulicas y térmicas del hormigón, también denominadas como deformaciones impuestas, forman parte de las propiedades de todos los materiales porosos, sin embargo, cuando su libre desarrollo se encuentra impedido, parcial o totalmente, puede dar origen a tensiones internas capaces de generar fisuras o grietas. (p 64), Las cuales pueden permitir el ingreso de agentes nocivos como el cloruro y la carbonatación entre otros los cuales generan el deterioro del concreto armado.

Las retracciones se pueden separar en dos etapas, las tempranas y las de largo plazo, la temprana abarca las primeras 24 horas, desde que el vaciado de la mezcla

en el molde hasta que comienza a endurecer, la segunda etapa a largo plazo se refiere a la mezcla con más de 24 horas de edad. Chocca, C. (2016)

Figura 5

Diagrama de etapas y tipos de retracción (Holt, 2001)



Nota: fuente Chocca, C. (2016)

En cada etapa ocurren varios tipos de retracciones, pero las que merecen más atención son la retracción autógena y por secado por el valor que podrían llegar a alcanzar las retracciones térmica y por carbonatación se suelen despreciar por no alcanzar magnitudes relevantes.

De los documentos seleccionado para el estudio de la presente tesis, dos autores investigan sobre el tema bajo la normativa de ASTM C1698-19 (Método de prueba estándar para deformación autógena de pasta de cemento y mortero), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 10

Resultados de retracción autógena ($\mu\text{m}/\text{m}$) de Durán et al.(2020)

Autor	Mezcla	Tiempo	
		64 hrs	28 días
Durán, Polanco,	Mezcl. Ref.	-287.1	-331.9
Dávila, López y	CNI	-542.2	-591.1
Valdez (2020)	CNI + PSA	-59.3	-37.5

Tabla 11

Resultados de retracción por secado ($\mu\text{m/m}$) de Durán et al.(2020)

Autor	Mezcla	Tiempo (días)		
		20	40	70
Durán, Polanco,	Mezcl. Ref.	-460	-565	-590
Dávila, López y	CNI	-520	-600	-640
Valdez (2020)	CNI + PSA	-640	-745	-760

Tabla 12

Resultados de retracción autógena ($\mu\text{m/m}$) de Polanco(2017)

Autor	Mezcla	Tiempo (días)		
		4	17	28
Polanco (2017)	Mezcl. Ref.	-300	-290	-341
	CNI	-540	-550	-600
	SAP+CNI	-10	-40	-109
	SRA+CNI	-220	-200	-253

Tabla 13

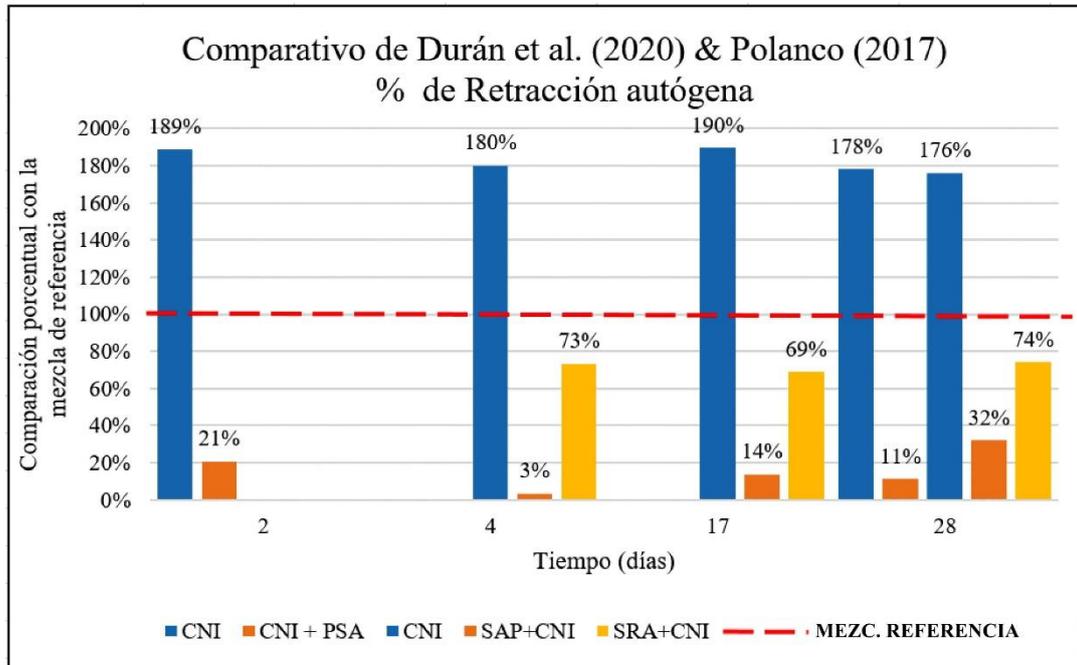
Resultados de retracción por secado ($\mu\text{m/m}$) de Polanco (2017)

Autor	Mezcla	Tiempo (semanas)		
		2	6	10
Polanco (2017)	Mezcl. Ref.	-400	-550	-590
	CNI	-480	-600	-640
	SAP+CNI	-560	-740	-764
	SRA+CNI	-340	-500	-546

Como se puede observar en las tablas 10,11 y 12 indican el nitrito de calcio incrementa la retracción autógena en comparación a la mezcla de referencia, aumento que se puede controlar con un aditivo Polímero super absorbente (SAP) que logra reducir la contracción autógena a niveles muy bajos, mejorando incluso la adición de un aditivo reductor de contracción (SRA), el cual mejoro las cifras al combinarlo con el nitrito de calcio, pero sin alcanzar los niveles del SAP.

Figura 11

Comparativo porcentual de la retracción autógena de los resultados de Durán et al (2020) y Polanco (2017) en comparación con la mezcla de referencia

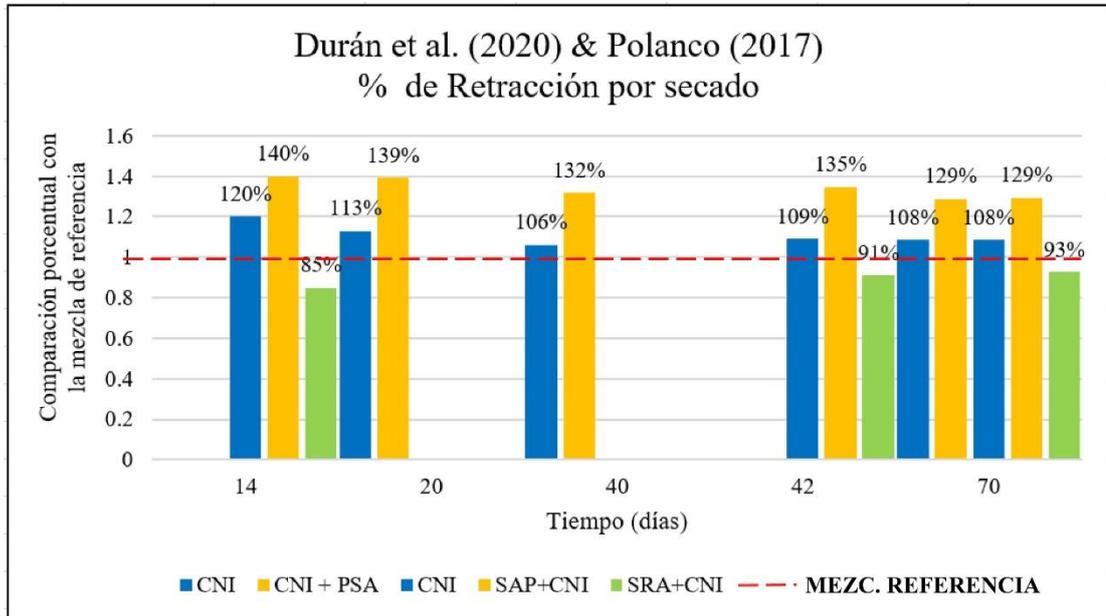


Nota: elaboración propia.

El comparativo de resultados de los ensayos de Durán et al (2020) y Polanco (2017) nos muestran como del uso de nitrito de calcio aumenta considerablemente la retracción autógena en comparación porcentual de las mezclas de referencia alcanzando picos de 190% a los 17 días, el uso de SRA logra reducir la contracción a valores inferiores de la muestra de referencia llegando al 69% como su marca mas baja a los 17 días, sim embargo el mejor desempeño lo obtiene la mezcla nitrito de calcio y SAP que logra reducir la contracción autógena hasta el 3% de la mezcla de referencia a los 4 días, esta información nos indica que la reacción del nitrito de calcio en cuanto a la contracción autógena es un factor que se necesita tomar en cuenta al momento de su uso.

Figura 12

Comparativo porcentual de la retracción por secado de los resultados de Durán et al (2020) y Polanco (2017) en comparación con la mezcla de referencia



Nota: elaboración propia.

En cuanto a la contracción por secado observamos que el uso del inhibidor a base de nitrito de calcio eleva la contracción sobre la mezcla de referencia y que el uso de los aditivos SAP no la controla, sino por el contrario elevan las cifras de contracción, en cambio el aditivo reductor de contracción disminuye un poco la contracción por secado.

Resistencia a la compresión

Se puede decir que la capacidad de resistir esfuerzos a compresión es la cualidad más valorada que tiene el concreto, sin embargo, la búsqueda de aditivos que fortalezcan las cualidades del concreto sin alterar o mermar la resistencia a la compresión es muy importante. Sobre el uso del inhibidor de corrosión a base de nitrito de calcio el autor (Polanco, 2017) nos refiere: El primer estudio comercial del concreto con nitrito de calcio detallo la habilidad de este aditivo para incrementar

hasta en un 6% la resistencia a la compresión por cada uno por ciento de nitrito de calcio adicionado por peso de cemento.

Sobre el tema presentamos cuatro ensayos de los autores elegidos para el estudio de la corrosión de la presente tesis:

Tabla 14

Resultados de Resistencia a la compresión (kg/cm²) de Ann, Jung et al (2006).

Autor	a/c	Dosificación nitrito de calcio	Tiempo (días)		
			7	28	60
Ann, Jung, Kim, H. S., Kim, S. S., y Moon (2006).	0.5	-	302	377	396
		3 l/m ³	368	403	416

Tabla 15

Resultados de Resistencia a la compresión (kg/cm²) de Polanco (20017)

Autor	a/c	Dosificación nitrito de calcio % peso del cemento	Tiempo (días)		
			7	28	91
Polanco (2017)	0.47	-	649.05	823.42	856.56
		2%	621.83	833.21	880.02

Tabla 16

Resultados de Resistencia a la compresión (kg/cm²) de Salas (2003)

Autor	a/c	Dosificación nitrito de calcio	Tiempo (días)			
			3	7	14	28
Salas (2003)	0.429	-	99	186	286	391
		10 l/m ³	156	255	312	420
		20 l/m ³	213	267	377	429
		30 l/m ³	180	330	400	493

Tabla 17

Resultados de Resistencia a la compresión (kg/cm²) de Sideris, Kosmas y Savva (2005).

Autor	a/c	Dosificación nitrito de calcio	Tiempo (días)	
			7	28
Sideris, Kosmas y Savva (2005).	0.42	Mezcla referencia	382.90	564.21
		cemento tipo I + CNI	406.05	580.22
		cemento tipo V	407.38	580.22
		cemento tipo V + CNI	425.02	589.60

Según los resultados obtenidos la investigación de Ann et al. (2006) llega a la conclusión que la influencia del nitrito de calcio en la resistencia a la compresión no depende de la dosificación del mismo en el concreto, sino de que se encuentre presente o no en la mezcla, ante ello nos presenta los resultados del ensayo a la compresión solo para la dosis de 3 l/m³, como resultados se obtuvo que el inhibidor de corrosión mejoro la resistencia a la compresión obteniendo los mejores resultados a los 7 días donde obtuvo 66 kg/cm² en comparación con la muestra de referencia, distancia que fue decayendo a 26 kg/cm² a los 28 días para finalizar en 20 kg/cm² a los 60 días respectivamente.

El mismo efecto beneficiario de resistencia a la compresión la obtuvo (Polanco 2017) que en su estudio concluye que el uso del nitrito de calcio tuvo un efecto positivo en las mezclas con curados aislados y húmedos.

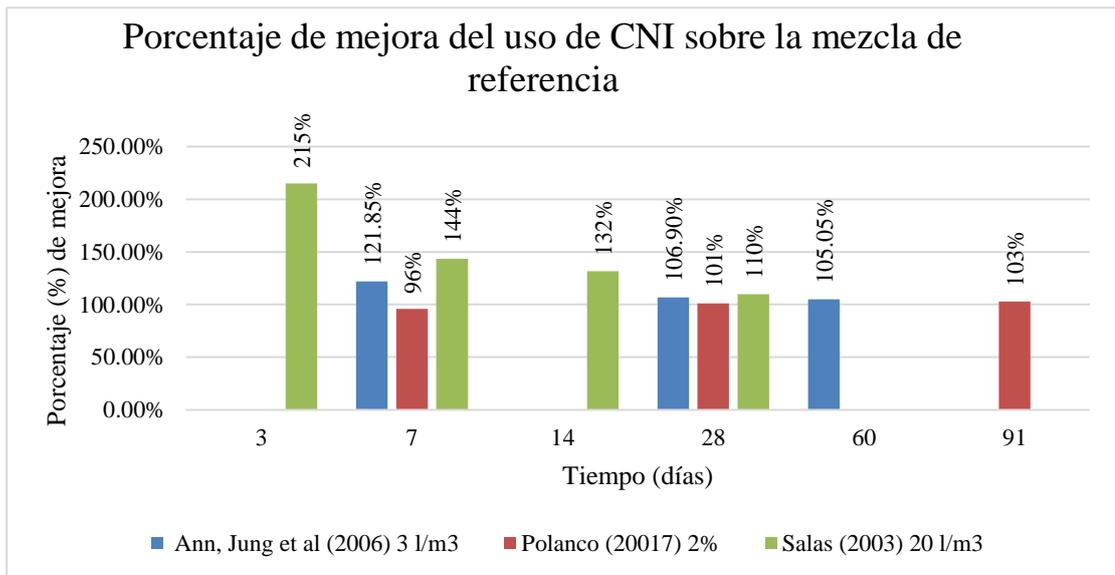
El resultado que presenta Salas (2003), es revelador en cuanto a la afirmación de Ann et al. (2006) quien expone que la resistencia a la compresión solo esta influenciada por la presencia del Nitrito de calcio mas no por su cantidad en la mezcla, ya que el resultado de Salas quien ensaya 4 mezclas con 0,10,20 y 30 litros

de nitrito de calcio, evidencia que a una mayor dosificación de nitrito de calcio se obtendrán mejores resultados en los ensayos de resistencia a la compresión.

Sideris et al. (2005) ensaya mezclas con 2 tipos de cemento el tipo I y el tipo V resistente a los cloruros, para la mezcla con cemento tipo I dosificada con nitrito de calcio y la mezcla con cemento tipo V los resultados al esfuerzo a la compresión son parecidos sin mucha variación, sin embargo la mezcla con cemento tipo V más nitrito de calcio obtiene un mejor desempeño en el ensayo a los 7 días, diferencia que decae en el ensayo de los 28 días, lo cual si lo comparamos con el resultado de Ann et al. (2006) evidencia que la influencia positiva del inhibidor a base de nitrito de calcio en la resistencia a la compresión se presenta con mas fuerza en edades tempranas, para ir decayendo con el tiempo, pero siempre por encima de las mezclas de referencia.

Figura 6

Comparativo porcentual de la resistencia a la compresión de los resultados de Ann et al (2006), Polanco (2017) y Salas (2003) sobre la mezcla de referencia.



Nota: elaboración propia.

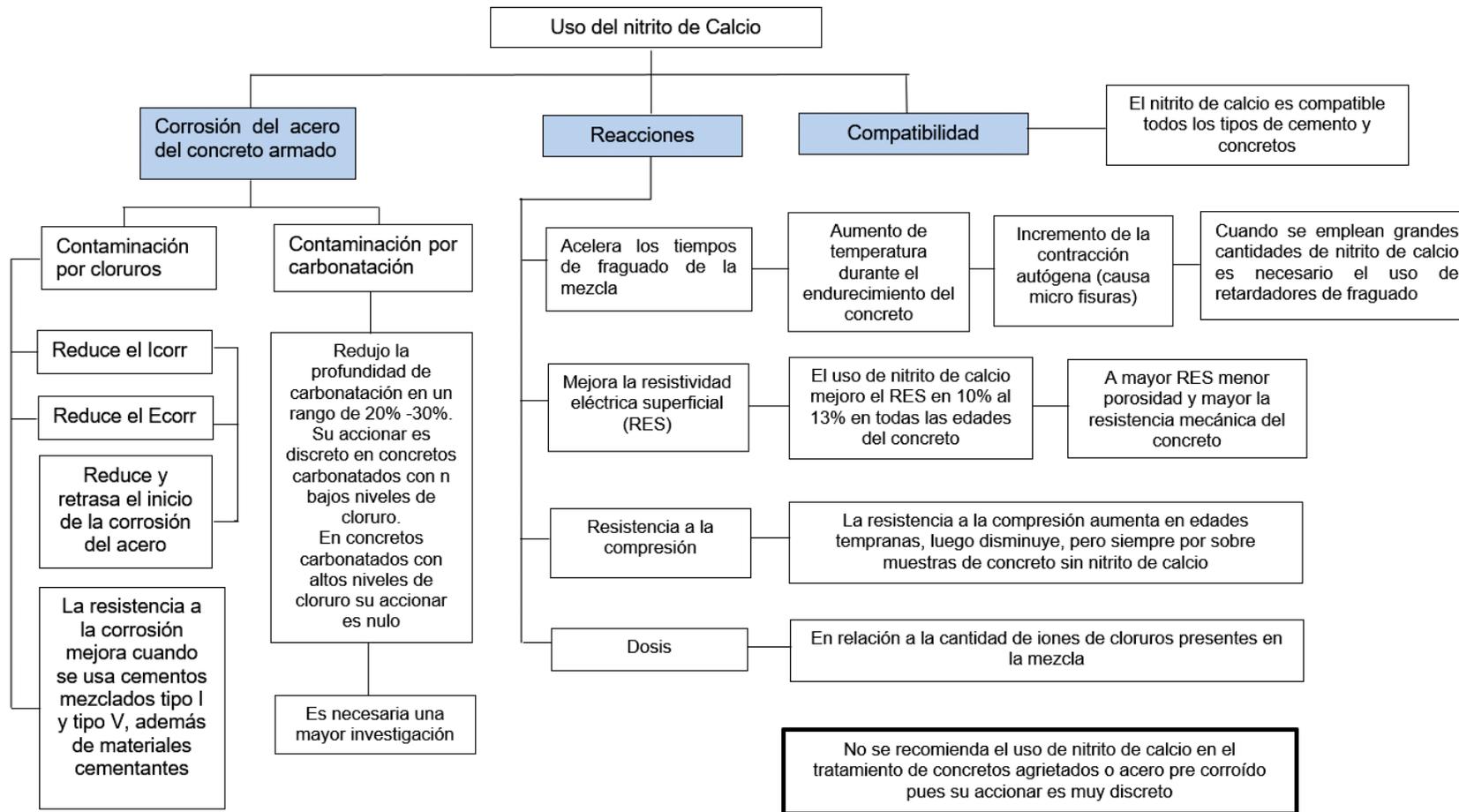


“Uso del inhibidor de nitrito de calcio y/o uso del acero galvanizado para evitar la corrosión del acero concreto armado”

El comparativo porcentual de los ensayos de resistencia a la compresión evidencia que el uso de nitrito de calcio no afecta la resistencia a la compresión, sino por el contrario lo mejora desde edades tempranas, característica que, aunque decae se mantiene a lo largo del tiempo.

Figura 14

Resultados del análisis del desempeño del nitrito de calcio



Nota: elaboración propia

No se recomienda el uso de nitrito de calcio en el tratamiento de concretos agrietados o acero pre corroído pues su accionar es muy discreto

Metodología sugerida del uso del inhibidor de nitrito de calcio

A través del análisis de las investigaciones consultadas, documentación técnica del producto, la reglamentación de RNE, y basándonos en los resultados y conclusiones de los mismos podemos establecer y recomendar una metodología sobre el uso del nitrito de calcio.

La mayoría de experimentos que analizan el desenvolvimiento del nitrito de calcio, para prevenir la corrosión del acero del concreto armado lo hacen para concretos de Alto Desempeño, con relaciones de w/c menores a 0.40, para los investigadores (Sideris, Kosmas y Savva, 2005). Lo más recomendable es una relación w/c de 0.29 lo que ayudará a la formación de una capa en la zona anódica que protegerá o repondrá la capa pasivante que rodea al acero, pues contribuirá a disminuir la corrosión del mismo, concluyen los autores.

Al tratarse de la prevención de la corrosión del acero del concreto armado, lo más recomendable en el diseño de mezcla, es el uso de un Cemento Portland tipo V, por su alta resistencia al ataque de sulfatos.

Sobre la dosificación de Nitrito de Calcio se ha comprobado que para obtener los rangos deseados de Ecorr la dosificación debe por lo menos ser el doble de la presencia de cloruros en la mezcla (Velarde y Fosca, 1992). La documentación estudiada hace referencia a una dosificación que varía entre 12.5 L/m³ a 30 L/m³ empleado en varias investigaciones empleadas, esta última cifra es en la que mejor comportamiento se obtuvo del nitrito de calcio en su propósito de retardar el inicio del proceso corrosivo. (López, et al, 2014)

Una de las consecuencias del uso del nitrito de calcio es la aceleración del fraguado por lo que para evitar la pérdida de trabajabilidad del concreto fresco se

recomienda el uso de aditivos retardantes, (Sika 2020), sin embargo, esta propiedad podría resultar favorable para su empleo en climas fríos, en relación al modo de empleo de los aditivos adicionales a emplearse en la mezcla, Sika nos recomienda que estos productos se deberían añadir de forma separada al nitrito de calcio para obtener los resultados deseados. Sobre el recubrimiento del acero embebido, (Østnor y Justnes, 2011), establece 4 cm de recubrimiento mínimo para el acero en referencia al uso del nitrito de calcio y el ataque de cloruros, nosotros sugerimos en este punto se tome en consideración que los 7 cm de recubrimiento mínimo establecido por la norma A60 de RNE, para concretos armados en contacto con el suelo o expuestos al medio ambiente, es lo más recomendable para garantizar un buen desempeño del inhibidor de corrosión y minimizar el efecto corrosivo en el acero.

Sobre las consecuencias de usar el nitrito de calcio cumple con su tarea de retrasar el inicio del fenómeno de corrosión en todos los estudios analizados.

Resultados del uso del acero galvanizado

En base a las publicaciones académicas consultadas de fuentes secundarias seguras, que fueron ingresadas a la ficha de análisis de datos y que posteriormente analizadas cualitativamente, con el fin de determinar los criterios de inclusión y exclusión bajo el aporte del conocimiento que sustente o no mi propuesta. De las cuales, en el uso del acero galvanizado como prevención a la corrosión, quedando 34 publicaciones. A continuación, se describe en la tabla N° 18 su aporte:

Tabla 18

Tabla de Revisión de publicaciones de acero galvanizado seleccionas por su aporte a la tesis.

N°	Nombre	Resultados	Breve resumen
1	Luna (2018). “Implementación de metodologías de protección frente a la corrosión para extender la vida útil de estructuras de hormigón armado”.	<p>Utilización de 02 tipos de hormigones OPC y hormigones con cemento con escorias y filler calizo (SL), resistente a la penetración de cloruros. verifica que la geometría superficial de la armadura galvanizada se encuentra dentro del rango permisible – norma EN 10080:2005.</p> <p>El ensayo de penetración y transporte de cloruros fue 3 veces inferior con hormigón SL con respecto al hormigón OPC</p> <p>Ecorr no revelo síntomas de inicio de corrosión, en hormigones OPC y SL, estando las muestras 100 días de expuestas con una concentración de cloruros de 2 a 3 M NaCl.</p> <p>Icorr revela mayor pérdida del recubrimiento galvanizado al periodo de exposición a los cloruros mayores a 30 días, la cual es de 183 ± 32 y $60 \pm 6 \mu\text{m}$ en hormigones OPC y SL respectivamente.</p> <p>Analiza la capacidad de protección frente a la corrosión por cloruros entre las armaduras de acero inoxidable y el acero galvanizado. Cuantifica la extensión de vida aprox. 100 años</p> <p>Ensayos: Medición de la geometría superficial de la armadura galvanizada, Evaluación de tensión de adherencia/deslizamiento por ensayos de arrancamiento, coeficiente de difusión de cloruros (Dap) , el contenido de cloruros que inicia la corrosión, se monitoreo el potencial de corrosión (Ecorr), Densidad de corriente (Icorr) y la resistencia de polarización (Rp), costo de vida.</p>	<p>El proceso de galvanizado modifica algunos parámetros de la geometría de la superficie de la armadura, en un 15% en la altura de la corruga transversal, encontrándose dentro del rango permisible.</p> <p>La densidad de corriente de corrosión (Icorr) se mantiene pasivo en el acero galvanizado.</p> <p>La ampliación del tiempo de curado a 90 días conduce a una porosidad menor en hormigones SL El empleo de armaduras galvanizada requiere de cantidades mayores de cloruros para que causen corrosión, respecto al acero al carbono.</p> <p>E ambientes más agresivos XD2 y XD3, el uso de acero galvanizado y acero inoxidable garantiza una extensión de vida aprox. 100 años, muy a parte del uso de hormigón tipo OPC y SL.</p> <p>Costo vs tiempo, el uso del acero galvanizado es la que menor costo inicial presenta con respecto al uso acero inoxidable.</p> <p>La tesis concluye que el concreto armado en ambientes contaminado con cloruros, es factible la utilización de acero galvanizado y/o acero inoxidable para vidas útiles 100 años, económicamente viables según el ciclo de vida y no solo los costos de construcción.</p>

Cerdán y Baldomero (2018). “Influencia del galvanizado en caliente, en las propiedades mecánicas del acero de la barra corrugada, norma ASTM a-615, grado 60, para prevenir la corrosión en las estructuras de concreto armado”

Las barras galvanizadas muestran un promedio del grosor de revestimiento de zinc de 137,03µm, superando el rango mínimo de 86 de la norma ASTM-767 para barras de refuerzo.

El esfuerzo de fluencia (fy) promedio es de 48.60 kg/mm² con una desviación estándar de 0,53 kg/mm², manteniéndose dentro norma ASTM A-615 barras corrugada Grado 60.

El esfuerzo máximo de Rotura (fr) promedio es 71,90 kg/mm².
La relación fr/fy es $1,40 \geq 1,25$, cumple norma ASTM A-615.
La elongación promedio es 14,95% mayor al valor mínimo norma Prueba del acero en inmersión en caliente - cumple norma ASTM A615.

Cumple con las propiedades mecánicas de ensayo.
Evaluar el costo de galvanizar las barras de acero de una vivienda 144.375 m² con respecto al acero al carbono, representa un aumento de 4 %.

Ensayos:

Ensayo de tracción, ensayo de doblado, ensayo del esfuerzo de fluencia, Máximo de rotura y elongación, ensayo de adherencia al concreto, doblado del acero a 180°, medición del espesor de capa de zinc, costo del galvanizado del acero, se eleva 54.04% con respecto al acero normal. El costo total de la edificación con acero galvanizado aumenta en un 4%.

Sugiere usar aceros al carbono donde su composición química de carbono sea inferior al 0,25%, para evitar la fragilidad al frio, disminuyendo la tenacidad y ductibilidad del acero. Se solicita una prueba de fragilizacion según norma ASTM 143/143M.

La Elongación de las barras galvanizadas se pierde 3,65% con respecto al acero al carbono, pero dentro del rango permisible según norma ASTM A-615.
Propone cubrir los aceros con una capa de zinc por inmersión en caliente que cumpla la norma ASTM A-153. (100 µm = 0.1 mm).

La resistencia a la tracción del acero galvanizado se pierde 0,50% del esfuerzo máximo de rotura con un promedio de 71.62 kg/mm². Por encima del rango mínimo norma ASTM A-615.

La tesis concluye que galvanizar las barras de acero no modifica las propiedades mecánicas de la barra corrugada y cumple con los requerimientos de la norma ASTM A-615, usado como prevención de la corrosión. Además de ser económicamente viable según el ciclo de vida y no solo teniendo en cuenta los costos que la construcción.

³ Ricardo y Bautista (2003). “Diseño Estructural para viviendas unifamiliares usando perfiles de acero galvanizado”.

Propone un sistema constructivo en acero laminado y Recopila información de experiencia constructiva de otros países.

Ensayos:

Rigidez lateral y Rigidez pórticos.
Esfuerzos unitarios para acero laminado en frio
Resistencia a la corrosión, etc.

Esta tesis recoge el estado de arte en cuanto al análisis y diseño estructural recomendando el uso de perfiles de acero galvanizado, desarrollando un análisis del costo de una vivienda construida con acero liviano de dos niveles.

<p>Herrera, Torres, Martínez, Pérez y Lomelí (2018). “Estudio de factibilidad para el uso de acero galvanizado en estructuras de concreto de puentes y muelles de la SCT”</p>	<p>En este estudio se explora la factibilidad de la utilización del acero galvanizado como refuerzo en infraestructura de concreto de puentes y muelles.</p>	<p>De acuerdo con algunas investigaciones, un espesor de 80 y 200 μm de recubrimiento puede proveer una protección adecuada., logrando así un espesor mínimo de la capa eta (Zn puro) deba ser al menos 10 μm con el fin de pasiva el recubrimiento.</p>
	<p>Se prepararon varillas de acero galvanizadas, con un espesor de 101.6 μm, con un tiempo de inmersión en baño de Zinc de 1.26 min. En las zonas de corte se dio un tratamiento con pintura rica en Zn.</p>	<p>Los valores de velocidad de corrosión fueron muy bajos en varillas con inhibidor para pH 13.1.</p>
	<p>Se realizaron pruebas electroquímicas y mediciones de potenciales en varillas de refuerzo galvanizadas y varillas galvanizadas + inhibidor para 96 días, con 100 μm de espesor de galvanizado, con un pH 12.5, 13.1 y 13.3 respectivamente.</p>	<p>El porcentaje máximo de consumo del recubrimiento galvanizado en una solución con un pH de 13,3, llego hasta un 13% del recubrimiento consumido.</p>
	<p>Es importante conocer la composición química del acero, ya que ciertos porcentajes de elementos tienen efectos cuando se sumergen a la tina de Zinc. Como el Silicio y el fósforo, originando un recubrimiento frágil y no adherente. Además de producir un acabado de color mate, no siendo una capa suficientemente gruesa para brindar protección ante la corrosión. Ver norma ASTM A385.</p>	<p>De acuerdo con los resultados obtenidos de las pruebas electroquímicas realizadas, el inhibidor estudiado demostró mejorar el desempeño del galvanizado en las soluciones simuladoras de poro, ya que se observó una disminución de los tiempos de pasivación (cuando los potenciales de media celda del refuerzo galvanizado son más positivos que -1.0 V vs ECS) en soluciones con $\text{pH} >$ comparado con los especímenes de las celdas electroquímicas que no contienen este inhibidor.</p>
	<p>Ensayos: Medición del potencial de corrosión de media celda (Ecorr), resistencia a la polarización lineal (R_p) Espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) Análisis superficial por microscopia</p>	
<p>⁵ Rita (2013). “Corrosion Protection of Hot Dip Galvanized Steel in Mortar”.</p>	<p>Dos conjuntos de cuatro tipos estructurales diferentes de las matrices de gel OIH de ureasilicato se prepararon mediante una reacción entre el isocianato grupo del siloxano derivado (ICPTES) con cuatro poliéteres di-amino funcionalizados diferentes (Jeffamine® D-400, Jeffamine® ED-600, ED-900 y ED-2000, denominado genéricamente Jeffamines.</p>	<p>El comportamiento de las muestras de HDGS recubiertas reveló ser altamente sensible a la composición de los recubrimientos OIH, lo que permite distinguir entre los distintos recubrimientos con diferentes espesores.</p>
		<p>Los datos recopilados también permiten concluir que la presencia de iones Cr(III) dentro de la matriz del gel</p>

Las muestras de recubrimiento del acero galvanizado (HDGS) fueron recubiertas con los diferentes recubrimientos OIH que fue estudiado en mortero preparado según la norma EN 196-1 utilizando cemento tipo I 42,5R, agua destilada y arena normalizada (AFNOR), con una dosificación del mortero de relación en peso de 6:2:1

Utilizando un sistema automático de adquisición de datos (Datataker DT505, serie 3), se realizó la medición igual de las células preparadas mediante la lectura de la diferencia de potencial a los terminales (derivados con una resistencia de 100 Ω) inmediatamente después de ser embebidos en mortero fresco.

Las mediciones se realizaron con una periodicidad de 1 minuto en los primeros siete días, y en cada 5 minutos durante el tiempo restante hasta que el registro fue completado, en el día 74.

Ensayos:

Microscopio estereoscópico

Medición de la densidad de corriente (Icorr)

Imágenes SEM y los espectros EDS

OIH contribuye a mitigar el proceso de corrosión en los primeros casos de contacto con hormigón fresco.

El sistema reveló ser altamente sensible a la variación de la temperatura externa ya que cuando la temperatura aumenta los datos igual también aumentan. El sistema diseñado e implementado parece adecuado para evaluar la degradación in situ de HDGS recubierta con diferentes películas OIH incrustadas en concreto.

Esta tesis evalúa el comportamiento del acero galvanizado expuestas a agentes agresivos. Recomienda el uso del acero galvanizado.

⁶ A.G.A. (2015). “Galvanizado en caliente para protección contra la corrosión”

Establece la serie galvánica de los metales, destacando los metales nobles y menos nobles, según su actividad eléctrica.

El galvanizado desarrolla capas inter metálicas resistente a la abrasión (gamma, delta, zeta, eta (zinc puro))

Proceso se rige a la norma ASTM A123 galvanizado en caliente

La especificación del producto cumple norma ASTM A123 y ASTM A767. En conjunto con la ASTM y la AGA publica una compilación de estas especificaciones. Vida útil del recubrimiento 70 años.

El galvanizado en caliente brinda tres niveles de resistencia a la corrosión del acero: Protección de barrera, protección catódica y patina de zinc.

El galvanizado permite buena adhesión al metal base y a la resistencia a la abrasión.

Para ambientes extremos propone un sistema de galvanizado dúplex, que consiste en aplicar después del galvanizado, una película de pintado/polvo del color deseado.

Es una guía del uso del galvanizado en caliente, ratificando su uso por más de 100 años. Propone el uso de un sistema dúplex (galvanizar y revestirlo con polvo) que brinda un efecto sinérgico. Dura 120 años.

- | | | |
|--|--|--|
| <p>7
Comité de galvanizadores (2014), “Guía práctica de galvanizado por inmersión en caliente”</p> | <p>Esta guía elaborada por la AGA (Asociación Americana del Galvanizado), tiene como fin presentar la alternativa de galvanizado como sistema de protección de estructuras metálicas y del acero de refuerzo, dirigido a técnicos, ingenieros y arquitectos; como soporte al momento de evaluar diferentes alternativas en el sistema de protección contra la corrosión.</p> | <p>Una de las características importantes del galvanizado es que pueden adherirse sencillamente mediante los mismos procesos de soldadura que se manipulan habitualmente para el acero negro.</p> |
| | <p>Menciona los beneficios del galvanizado en caliente, establece controles para el proceso del galvanizado y nos da a conocer el control de calidad e inspección técnica del galvanizado en caliente.</p> | <p>Ofrece un sistema dúplex de protección contra la corrosión, aplicando el galvanizado en caliente y los revestimientos de pintura, generando una protección anticorrosiva mucho más significativa sustentada en la eficacia de su combinación.</p> |
| | <p>Esta guía da conocer algunas consideraciones para elegir el acero ha galvanizar, de igual algunas desventajas con respecto a la química del acero.</p> | <p>Según la guía, la corrosión produce anualmente pérdidas anuales del 3% del PBI.</p> |
| | <p>El grado de recubrimiento y el espesor del revestimiento según la clase de material que será sometido a la tina de Zinc.</p> | <p>Brinda información técnica a ingenieros y arquitectos del sistema de recubrimiento de galvanizado en caliente y sus generalidades técnicas como media contra la corrosión.</p> |
| <p>8
A.G.A. (2015), “Acero de refuerzo Galvanizado en caliente - Guía del Especificador”</p> | <p>Asociación Americana del Galvanizado (AGA), es una guía de especificación para el proceso del galvanizado en caliente.</p> | <p>Es una guía del Especificar, donde nos especifica el procedimiento de la inmersión y características, espesor del recubrimiento, pruebas mecánicas, ventajas y usos comunes.</p> |
| | <p>Esta guía nos menciona los tipos principales de corrosión galvánica, donde existe dos tipos principales de celdas galvánicas que ocasionan la corrosión: el par bimetálico y la celda de concentración. Donde para la celda de concentración consta de un ánodo y cátodo del mismo metal o aleación y una vía de corriente de retorno.</p> | <p>El proceso de galvanizado se rige a la especificación B6 de la ASTM, y requiere aproximadamente 98% de zinc puro a una temperatura de aproximadamente 450°C. Dando una protección de barrera, aislando al acero de los electrolitos en el ambiente, mientras la barrera está intacta, el acero está protegido y la corrosión no se producirá.</p> |
| | <p>Nos menciona el proceso del galvanizado en caliente, las cuales constan de tres instancias básicas: preparación, galvanizado e inspección de la superficie.</p> | |
| | <p>Siendo la preparación de la superficie la instancia más importante, debido a los casos donde falla el revestimiento antes de que termine</p> | <p>Además de la protección de barrera, el galvanizado en caliente protege al acero de forma catódica, es decir la</p> |

	<p>la vida útil, básicamente porque el zinc no reacciona con el acero no limpio.</p> <p>Sustenta como la barra de refuerzo galvanizado ralentiza la corrosión en el concreto. Sus propiedades mecánicas. El estudio concluyó la elección correcta del acero y de los procedimientos de galvanizado, el galvanizado no reduce la ductilidad del acero.</p>	<p>última capa eta (puro zinc), se corroerá, sacrificándose por proteger el acero desnudo subyacente.</p> <p>Otra característica del zinc, que comienza a corroerse cuando se le expone a la atmosfera durante el secado, generando subproductos de la corrosión; óxido de zinc, hidróxido de zinc y carbonato de zinc. Estos subproductos llamada patina de zinc, ralentiza, actuando como una barrera adicional impermeable y pasiva para el revestimiento galvanizado en caliente.</p>
<p>⁹ Vera, María, Villarroel y Marcela (2014). “Estudio de la corrosión de hormigón armado con acero y acero galvanizado en ambiente salino</p>	<p>Se realizaron ensayos sumergiendo las probetas en una solución de cloruro de sodio al 3,5%. Se midieron las variables de potencial de corrosión y corriente de corrosión.</p> <p>La mezcla con una relación agua/cemento de 0,55 y sometieron a ensayos físicos y mecánicos. A cabo de 22 meses muestran que tanto el hormigón reforzado con acero como con acero galvanizado mantienen su vida útil, dado que el galvanizado se encuentra en estado pasivo y el acero al carbono presenta corrosión moderada</p> <p>Ensayos: Resistencia de polarización (Rp) Velocidad de corrosión (Vc) Corriente de corrosión (Ic) Potencial de corrosión (Ec)</p>	<p>En este estudio se evaluó el comportamiento de armaduras de acero y acero galvanizado embebidas en hormigón frente a la corrosión por cloruros. La mezcla se preparó con una relación a/c de 0,55.</p> <p>Las probetas fueron sumergidas en una solución de cloruro de sodio al 3.5%., midiendo las variables de potencial de corrosión y corriente de corrosión, por 22 meses.</p> <p>El estudio concluye que las muestran que tanto el hormigón reforzado como el acero galvanizado mantiene su vida útil. En estas condiciones el acero al carbono presenta una ligera corrosión y el acero galvanizado se encuentra en estado pasivo. En ambientes estudiados el acero galvanizado presenta un mejor comportamiento a la corrosión que el acero al carbono.</p>
<p>¹⁰ Moreno, Serrano y Sarabia (2005). “Barras de acero galvanizado: Una opción contra la corrosión inducida por la carbonatación”</p>	<p>Se fabricaron especímenes con cemento Portland sin adición de mineral, con relaciones de agua-cemento de 0.84, 0.74 y 0.65; con resistencias mecánicas de 15, 20 y 25 MPa,</p>	<p>Dos tipos de especímenes fueron usados, de concreto simple para medir la carbonatación, y de concreto reforzado para evaluar la corrosión. Tres relaciones agua-cemento y dos tipos de barras de acero, normales</p>

Se midió la resistencia a la polarización lineal usando un potenciostato, alcanzando unos 10 mV, a una velocidad de barrido de 0.01 mV. S⁻¹, posteriormente estos valores fueron convertidos en velocidad de corrosión utilizando la ecuación de Steam-Geary (v.c.=52mv x Rp).

Las densidades de corriente de corrosión se estabilizaron en el rango 0.06 a 0.10 μA/cm², que corresponden a velocidades de corrosión en el rango de 1 a 1.5 μm/año.

Los potenciales de todos los especímenes se estabilizaron en el rango de -600 a -700 mV.

Los especímenes estarían completamente carbonatados a una profundidad de carbonatación de 37.5 mm

Las velocidades de corrosión de las barras de acero simple alcanzaron un promedio de 11.7 μm/año vs las velocidades de corrosión de las barras galvanizadas del orden de 1 μA/cm²

y galvanizadas, fueron empleados. Los especímenes fueron carbonatados en una cámara de carbonatación acelerada al 4% de CO₂ y 60% de humedad relativa e incrementada 90% con el fin de incrementar la corrosión.

Se evalúa usando la técnica de la polarización lineal. Las mediciones potenciales y las densidades de corrientes de corrosión indican que el acero de refuerzo galvanizado está corroyéndose a bajas velocidades mientras que el acero de refuerzo normal está corroyéndose activamente.

Se determinó que las barras de acero galvanizado en concreto carbonatado se corroyeron a velocidades menores que las barras de acero simple.

- 11 Peña, Sandoval, Estupiñán, Sierra y Quintero (2015). “Corrosión de acero galvanizado en un ambiente que contiene cloruros y sulfatos mediante técnicas electroquímicas”

Durante los 15 días de exposición, el acero galvanizado presento una resistencia a la carga considerablemente respecto a cero días y esto lleva a una disminución en la conductividad iónica y en la velocidad de corrosión, que hace que la curva se mueva a potenciales positivos, alejándose de la zona activa, disminuyendo así la densidad de corrosión; esto debido a que el galvanizado reacciona con la solución formando productos de corrosión de zinc (Zn(OH)₂ y ZnCO₃) formando una capa uniforme de protección.

El acero galvanizado a los 30 días de exposición con concentraciones de iones contaminantes, presento daño de tipo localizado en su superficie (puntos de agujón).

Las láminas de acero galvanizado que en su etapa de almacenamiento son expuestas a ambientes que contienen cloruros y sulfatos, por un tiempo inferior a 15 días, tienen buena protección contra la corrosión, debido a la alta resistencia de los productos formados.

Se hizo la interface de electrolito galvanizado más resistente como se observó en la curva de Nyquist y los valores del ángulo de fase, que tienden a cero; sin embargo, aumentó al terminar los 30 días de estudio, que fue verificado en la curva de potencial dinámico, que se movió hacia valores más altos en la densidad de la corriente, evidenciando una mayor exposición del acero a la solución (sin protección del galvanizado).

<p>Ortolan, Hilgert, Howland, Silva y Fonseca (2017). “Evaluación comparativa de la corrosión del hormigón armado con acero sin protección y del acero galvanizado en inmersión en caliente”</p>	<p>En esta investigación compara las barras de acero sin protección y las barras galvanizadas en caliente, con 04 tipos de hormigones con diferentes relaciones agua/cemento, las cuales son sometidas a ensayos de corrosión acelerado ejecutado por el método CAIM.</p> <p>Los ensayos demostraron un aumento de la resistencia a la compresión entre 7 y 28 días, siendo satisfactorio.</p> <p>Para la prueba CAIM se definió la diferencia de potencial (ddp) impresa, utilizando los mayores niveles de corrosión que se dieron con voltaje de 70V y tiempo de prueba de 40 horas, después del curado del hormigón.</p> <p>Ensayos: Resistencia a la compresión Granulometría Prueba CAIM</p>	<p>Se observó la disminución de la corrosión para todos los tipos de hormigón, alcanzando el 70,5% de la reducción de la muestra más rica, demostrando que el uso de acero galvanizado es una alternativa para la durabilidad del concreto armado.</p> <p>También fue posible determinar las ecuaciones de comportamiento y el diagrama de dosificación, convirtiéndose en una herramienta efectiva para dosificaciones más efectivas.</p>
<p>13 Vera, Román, Puentes, Bagnara, Carvajal y Rojas (2013). “Efecto de la difusión de ion cloruro en el comportamiento de acero galvanizado en estructuras de hormigón armado. Resultados preliminares”</p>	<p>A las probetas confeccionadas con acero corriente y acero galvanizado se les sometió a ciclos de semi-inmersión secado en solución de cloruro de sodio 2,56 M, y se realizaron periódicamente medidas de potencial de corrosión, resistencia a la polarización, corriente de corrosión, análisis de cloruros y de pH.</p> <p>Los resultados han permitido concluir que independiente del tipo de cemento utilizado en los hormigones investigados, el acero galvanizado muestra pasividad hasta los 19 ciclos de semi-inmersión/secado, y el acero corriente se encuentra activo desde el ciclo 16. Posteriormente al ciclo 19 la barra de galvanizado comienza a mostrar actividad frente a la corrosión en ambiente salino.</p>	<p>Concluye que, independiente del tipo de cemento utilizado en los hormigones investigados, el acero galvanizado muestra pasividad frente a numerosos ciclos de semi-inmersión/secado en ambiente salino, y el acero corriente se encuentra activo cuando el contenido de cloruros es suficiente para lograr la despasivación de la capa protectora de óxido inicial.</p> <p>Con un contenido de cloruro/cemento en la interfase hormigón-barra de 0,7% solo se encuentra activo el acero al carbono, manteniendo la pasividad el acero galvanizado.</p>
<p>14 Réquiz, Rojas, Rosales (2008) “Daño por hidrógeno en aceros galvanizados”</p>	<p>Los resultados obtenidos demuestran que ambos galvanizados a pesar de sus diferencias morfológicas y la disminución de su espesor en el tiempo, debido a la corrosión, retardan considerablemente la difusión del hidrógeno hacia el acero base debido a su efecto barrera.</p>	<p>Los parámetros de rugosidad superficial en ambos galvanizados resultaron similares. Las curvas de permeación demostraron que ambos recubrimientos,</p>

	<p>El recubrimiento da mejor protección contra el daño por hidrógeno, lo cual puede estar asociado a su mayor espesor y a los distintos parámetros de red de los compuestos intermetálicos presentes, ya que esto pudo haber retardado la movilidad del hidrógeno.</p>	<p>presentan un efecto barrera retardando la difusión del hidrógeno hacia el acero base.</p> <p>El aumento gradual en la corriente de permeación sin alcanzar el estado estacionario y el menor daño observado en el sustrato pareciera indicar que el galvanizado en caliente es más efectivo contra la permeación de hidrógeno.</p>
<p>15 Sánchez, Contreras, Pérez, Rincón y Campos (2007) “Operational factors affecting the hot dip galvanizing Steel” (Factores operativos que afectan el acero galvanizado en caliente)</p>	<p>Los resultados de la evaluación de probetas de acero galvanizado por inmersión en caliente con tiempo de baño de 1, 2 y 3 minutos.</p> <p>Se realizaron ensayos de espesor de recubrimiento y mediante técnicas electroquímicas se midió la velocidad de corrosión del acero en soluciones de baños ácidos a 5; 10 y 16% de HCl y agua de enjuague pH 2,50; 3,50 y 4,50; y del acero galvanizado en una solución de NaCl 3,5%. Se encontró que a medida que aumenta el espesor del recubrimiento disminuye la velocidad de corrosión.</p> <p>Mediante el uso del microscopio electrónico de barrido se determinó que cuando se obvia el enjuague, el cloro puede quedar atrapado entre dos capas (interfase), y luego migra de la capa superior (Delta) hacia la inferior (Gamma).</p>	<p>Se observó una disminución en la remoción de óxidos y/o impurezas presentes en la superficie del acero con la disminución de la concentración del baño ácido. El baño con 5% de acidez, es el menos por lo que se requiere más tiempo para el decapado químico.</p> <p>En el caso de que se suprima la etapa de enjuague, parte del cloruro del baño ácido (HCl) queda atrapado entre la capa Eta y la zona de intersección Eta-Zeta del recubrimiento de cinc, ello se origina porque no se eliminan durante el decapado químico.</p> <p>El espesor relativo de la capa de aleación del acero galvanizado aumentó con el tiempo de inmersión en el cinc fundido. El espesor de las tres capas aleantes aumentaron de manera casi proporcional entre el primer y segundo minuto, mientras que la capa Eta aumento muy levemente.</p>
<p>16 Vera y Cañas (2005) “Comportamiento Frente a la Corrosión en Ambiente Marino de Acero Galvanizado y Acero Galvanizado Pintado (Duplex)”</p>	<p>Se evaluó la corrosión del acero galvanizado y acero galvanizado pintado (Duplex) haciendo uso de ensayos electroquímicos y acelerados de laboratorio, dados en cámara de niebla salina y con el método Cebelcor.</p>	<p>Los ensayos electroquímicos y acelerados de laboratorio, dejaron en evidencia el buen comportamiento frente la corrosión en medio de cloruros que presenta el sistema Duplex estudiado con respecto al acero galvanizado.</p>

	<p>El grado de ataque del material se observó por microscopia electrónica de barrido. Los resultados muestran que el sistema Duplex presenta un mejor comportamiento frente la corrosión en medio de cloruros que el acero galvanizado, aumentando su durabilidad en el tiempo.</p>	<p>El tiempo de vida útil del sistema Duplex en comparación con el acero galvanizado, dependerá del tipo y propiedades de la pintura utilizada, del grado de envejecimiento de ésta y del daño mecánico que pueda sufrir en condiciones de servicio.</p>
<p>17 Arenas, Rodríguez y Damborenea, (2001). “Efecto de la implantación iónica de cerio y lantano en la corrosión del acero galvanizado”</p>	<p>Se ha inducido en el acero galvanizado una implantación iónica con cerio y lantano frente a la corrosión. Las muestras implantadas con lantano sufrían cambios superficiales en su estructura vermicular frente al acero galvanizado sin implantar.</p> <p>En cambio, con cerio fue la desaparición de los precipitados de plomo. Las curvas de polarización en NaCl 3,56% indican que la implantación mejora la resistencia a la corrosión del acero galvanizado sin implantar, disminuyendo la densidad de corriente de corrosión con respecto a las implantadas con lantano.</p>	<p>La implantación con cerio no modifica la distribución de granos hexagonales, sin embargo, la superficie del acero galvanizado cambia por completo al implantar con lantano, formándose una estructura vermicular y desapareciendo los precipitados de plomo.</p> <p>Todas las muestras implantadas, ya sea con cerio o con lantano, revelaron un mejor comportamiento frente a la corrosión con respecto a las muestras sin implantar, reduciéndose la densidad de corriente de corrosión en un orden de magnitud para las muestras implantadas con lantano.</p>
<p>18 Suárez, Xenia, Villar, René, Corvo y Marrero (2014). “Resistencia al clima tropical de aceros galvanizados con y sin recubrimiento”</p>	<p>Se emplearon 29 muestras de acero galvanizado con y sin recubrimiento, sometidas a ensayos climáticos de niebla salina, con una solución de cloruros de sodio 50 ± 5 g/l, densidad de la solución de 1.0255-1.0400, un pH entre 6.5 – 7.2, manteniendo una temperatura en el interior de la cámara de ensayos de $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y un 99-100% de humedad relativa. Las muestras de acero galvanizado fueron sometidas a 500 horas de exposición, mientras que las muestras galvanizadas recubiertas a 1000 horas de ensayo.</p> <p>Se evalúa el comportamiento a la corrosión de diferentes productos de acero galvanizado con y sin recubrimiento para las condiciones de un clima tropical húmedo, mediante ensayos climáticos acelerados efectuados en cámaras climáticas en donde quedaron en evidencia los problemas que suelen presentar los aceros galvanizados al ser expuestos con y sin recubrimiento. Los resultados reflejan que 95% del acero galvanizado estudiado en el presente trabajo presenta una</p>	<p>El objetivo de esta investigación, es evaluar el comportamiento a ambientes expuestos de contaminantes, considerando la salinidad como un contaminante fundamente en los aceros galvanizados y aceros galvanizados pintados.</p> <p>Ninguna de las muestras de acero galvanizado con y sin recubrimiento evaluadas, presentaron afectaciones durante los ensayos climáticos de envejecimiento acelerado, y humedad y temperatura con condensación constante.</p> <p>Se recomienda, para garantizar la eficiencia y rentabilidad de la industria metal-mecánica, lograr elementos de acero galvanizado pintado con las debidas preparaciones de la superficie y aplicación del</p>

buena resistencia a la corrosión y 71% de los aceros galvanizados con recubrimientos aplicados y de ellos, 100% de los aceros galvanizados pintados no cumplen las expectativas para las que fueron concebidos desde el punto de vista mecánico y corrosivo.

recubrimiento, prolongándose de esta manera la durabilidad del mismo y garantizándose la tan necesaria relación costo/beneficio, que justificaría la aplicación del recubrimiento. Se debe, además; garantizar el mínimo de espesor referido, tanto en la capa del galvanizado como en la capa de pintura a aplicar sobre el acero galvanizado dadas las condiciones ambientales severas.

19 Chico (2018) “Caracterización del grado de adherencia y difusión de la capa de aleación hierro-zinc para perfiles galvanizados de acero estructural de bajo contenido de carbono”

Se evalúa el grado de adherencia y difusión de la capa de aleación Fe-Zn obtenida por dos procesos de galvanizado por inmersión en caliente, uno industrializado en la empresa A y otro desarrollado artesanalmente por la empresa B, los cuales además se diferencian por los tiempos de inmersión y enfriamiento empleados.

Aplicado a perfiles de acero estructural de bajo contenido de carbono (ASTM A36). Se implementó la metodología necesaria para medir la adhesión del recubrimiento a través de un ensayo de PtJ/1-Offy además se realizaron análisis mecánicos, metalográficos y de composición química, en base a los cuales se valoró la calidad del galvanizado.

Se determinó cómo el contenido de silicio del acero, los tiempos de inmersión, tiempos de enfriamiento, los pretratamientos superficiales, las estructuras cristalinas desarrolladas en la fase zeta (~) y el fenómeno de difusión del hierro sobre el zinc influyen sobre las propiedades finales del recubrimiento.

Concluyendo que, los parámetros de galvanizado deben ser elegidos en base a información técnica, para garantizar un adecuado desempeño y durabilidad, al menor costo posible. Se determinó que la empresa A entrega productos que cumplen los criterios de aceptación de la norma ASTM A 123, mientras que la empresa B presenta problemas en alcanzar el espesor mínimo solicitado.

20 Cortés y Javier (2010). “Corrosión de aceros inoxidable y galvanizados de alta resistencia, como alternativa a los aceros convencionales de pretensado”

Se evalúa el comportamiento frente a la corrosión de dos aceros de alta resistencia planteados como alternativa a los aceros convencionales de pretensado: Acero inoxidable de alta resistencia, tipo 1.4436 (316L), y Acero galvanizado de alta resistencia con dos espesores de recubrimiento.

Los aceros inoxidables han resultado ser resistentes al desarrollo de procesos de fragilización por hidrógeno y de corrosión bajo tensión. Los aceros galvanizados de alta resistencia presentan suficiente resistencia a los procesos de fragilización por hidrógeno.

Los aceros alternativos inoxidables y galvanizados han mostrado mayor resistencia al proceso de corrosión por picadura inducido por el ión cloruro, que la que mostraba el acero convencional de pretensado.

Se propone un método de evaluación del daño causado por el proceso de corrosión inducido por el ión cloruro a partir medidas de voltametría cíclica, basado en el cálculo de la carga electroquímica generada durante el proceso de picadura de forma más rigurosa y con menor

		incertidumbre que los métodos convencionales basados en la determinación de los potenciales críticos de picadura y repasivación.
21	<p>Rodríguez (2013) “Método para evaluar inhibidores de corrosión en acero galvanizado y galvalume”</p> <p>Utilizando la misma capa de inhibidor se concluye que el acero galvanizado con mayor velocidad de corrosión fue en el siguiente orden, de mayor a menor: acero galvanizado sin inhibidor, acero galvanizado con inhibidor cromo trivalente, acero galvanizado con inhibidor plus, acero galvanizado con inhibidor libre de cromo y acero galvanizado con inhibidor cromo hexavalente. Utilizando la misma capa de inhibidor se concluye que el acero con recubrimiento metálico galvalume con mayor velocidad de corrosión fue en el siguiente orden, de mayor a menor: acero galvalume sin inhibidor, acero galvalume con inhibidor cromo hexavalente y galvalume con inhibidor plus.</p>	<p>Se encontró una correlación entre los resultados obtenidos mediante las técnicas de resistencia a la polarización lineal, el modelo físico y la cámara salina. Para la evaluación de inhibidores de corrosión en acero galvanizado se recomienda utilizar el modelo físico y la validación de los resultados mediante la técnica electroquímica de resistencia a la polarización lineal por ser mas confiable.</p> <p>Para la evaluación de inhibidores de corrosión en acero con recubrimiento metálico galvalume se recomienda utilizar la técnica electroquímica de resistencia a la polarización lineal y el uso de la cámara salina con la norma B117, ya que a las ocho semanas de exposición no presentan daños por corrosión</p>
22	<p>Díaz (2001). “Estudio de la corrosión atmosférica del zinc y el acero galvanizado”</p> <p>Se estudia el efecto de la corrosión atmosférica sobre dos metales, el zinc y el acero galvanizado expuestos en 35 estaciones, situados en diferentes atmósferas dentro de la isla de la provincia de Santa cruz de Tenerife, por un lapso de 3 años (1996-1999). Mediante medidas de la pérdida de peso sobre cada una de las placas expuestas. Se determina la concentración de contaminantes atmosféricos tales como los iones cloruro y al anhídrido sulfuroso, además de las horas de tiempo de humectación obtenidas a partir de la humedad relativa.</p> <p>Las pérdidas de masa en las placas de zinc es mayor comparadas con las placas de acero galvanizado. Teniendo en cuenta el origen del zinc en ambos tipos de placas, mientras que el zinc es de origen electrolítico, el acero galvanizado es por inmersión en zinc fundido, siendo la rugosidad de placa de zinc electrolítico en cinco veces mayor que la rugosidad de la superficie del acero galvanizado, teniendo mayor tendencia a la corrosión.</p>	<p>Se ha identificado los productos de corrosión presentes en las muestras mediante la técnica de difracción de rayos X, y se ha caracterizado su capacidad pasivamente mediante el uso de técnicas electroquímicas. Finalmente se ha establecido una función dosis respuestas que permite tener el valor de la velocidad de corrosión en función de los parámetros ambientales, haciendo uso de métodos estadísticos.</p> <p>Este estudio estableció los índices de corrosividad del zinc de las diferentes atmosferas de la provincia de Santa Cruz, donde 11 estaciones están en la categoría intermedia (C3) y el resto dentro de las máximas categorías (C4 y C5) según la norma ISO 9230, superando incluso el valor máximo de la norma de 60 g/año x m2.</p>

	<p>Al exponerse a la atmosfera el zinc reacciona con algunos componentes del aire formando productos de corrosión del tipo óxidos, carbonatos e hidróxidos, formando una película pasiva, ayudando a disminuir la velocidad de corrosión de las placas de zinc puro. En el caso del acero galvanizado, se produce una pila de corrosión, el zinc comienza a actuar como ánodo de sacrificio y la pérdida de zinc es muy elevada, produciéndose el deterioro de la superficie.</p>	<p>El estudio de difracción de rayos x, permitió identificar los productos de corrosión presentes en las muestras durante todo el tiempo de exposición. Siendo el zinc el elemento de gran influencia que ejerce la aparición de sus picos característicos sobre el difractograma, siendo habitualmente estos picos los de mayor intensidad.</p>
<p>23 Arenas y Damborenea (2006) “Mecanismos de corrosión e inhibición electroquímica del acero galvanorecocado”</p>	<p>El galvanorecocado es el recubrimiento más utilizado en la industria automotriz, usado en la fabricación de piezas de motor, carrocería, etc. Siendo las uniones de las chapas de los autos, donde se genera corrosión por la acumulación de agua, sales y otros agentes agresivos.</p> <p>El medio agresivo empleado fue 0,6 M NaCl. Las curvas de Polarización lineal se realizan a una velocidad de 0,16 mV/s desde un potencial catódico de -100 mV vs E_{corr} hasta un potencial anódico de 100 mV vs E_{corr}. El efecto inhibidor de las sales de cerio de ha estudiado mediante la adición de concentraciones del inhibidor, entre 100 a 1000 pm de CeCl₃x7H₂O en el medio agresivo.</p> <p>Este estudio evalúa el mecanismo de corrosión de la aleación Zn-Fe, acero galvanorecocado en soluciones de cloruro sódico, simulando las condiciones que provocan la corrosión. Además, se evalúa el efecto inhibidor de las sales de cerio añadidas en el medio agresivo, para determinar su eficacia como inhibidores ambientalmente limpios para el acero galvanorecocado.</p> <p>Ensayos: Microscopia electrónica de barrido (SEM) Espectroscopia de dispersión de energías (EDS)</p>	<p>Se ha estudiado el mecanismo de corrosion de un acero galvanorecocado en 0.6 M de cloruro sódico, mediante espectroscopia de impedancia electroquímica. Los resultados revelan que el sistema para tiempos mayores de 48h de inmesion y hasta 01 mes en NaCl, está controlado por un proceso de difusión en capa finita</p> <p>La presencia de cerio provoca un cambio en el mecanismo de corrosión del sistema al dejar de estar controlado por difusión en capa finita.</p> <p>Los diagramas de ángulo de Bode, indican que las concentraciones de inhibidor ensayadas en un mes, no detienen el proceso corrosivo de la aleación Zn-Fe. El hierro actúa como cátodo para la reducción de oxígeno, manteniéndose activas las pilas de corrosión y por tanto la demanda de cerio para taponar dichas zonas, requiriendo mayor concentración de cerio en el medio para que pueda ocurrir la inhibición.</p>
<p>24 Ramírez, Nuñez, Gaytán, Galicia y Gonzalo (2019) “Evaluación de inhibidores de corrosión atmosférica</p>	<p>La prueba detecta la presencia de corrosión en ambientes urbano-marino y urbano-industrial en forma rápida, lo cual es de suma importancia para prevenir daños catastróficos en metales como lo son</p>	<p>Se ha determinado que algún compuesto en la fórmula del inhibidor obliga al zinc a auto-protegerse y deja</p>

con una prueba rápida en condiciones agresivas de gabinete”

el acero bajo en carbono (AISI-1018), aluminio (Al), cobre (Cu) y acero galvanizado (63 μm de espesor de Zn); bajo un método rápido para la evaluación de la corrosividad atmosférica y la eficiencia de un inhibidor de tipo temporal, simulando atmósferas marina e industrial. La prueba rápida pudo demostrar que la eficiencia del inhibidor de corrosión fue mayor para la atmósfera de tipo marino (NaCl).

Para la atmósfera de tipo industrial (Na_2SO_4), se aprecia que el inhibidor no es recomendable, ya que la eficiencia baja demasiado y el acero galvanizado llegó a ser negativa.

desprotegido al hierro, provocando un incremento en la velocidad de corrosión.

Esto deberá estudiarse con más profundidad en futuros estudios. Los resultados de la prueba rápida para evaluar el inhibidor mostraron una eficiencia de muy buena a regular para una atmósfera marina sobre Fe, Cu, y Al, más no para el galvanizado, en tanto que, para una atmósfera industrial, la eficiencia fue de buena a regular para el Fe, Al, y Cu, y muy baja para y galvanizado, respectivamente.

Las aplicaciones de los métodos electroquímicos mostraron las ventajas que brinda el monitoreo en tiempo real del proceso de corrosión.

25 Rico, Carrasquero y Minchala (2019). “Evaluación de propiedades mecánicas en recubrimientos galvanizados por doble inmersión en caliente sobre acero al carbono”.

El trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar propiedades mecánicas de recubrimientos de Zn/Zn-Al5%, aplicados por la técnica de doble inmersión en caliente, variando los tiempos de inmersión en los baños líquidos.

La doble inmersión generó espesores de recubrimiento bastantes grandes de 450 – 650 μm en comparación con los recubrimientos de zinc comerciales que se encuentran por el orden de 100 μm .

Para la evaluación se realizaron perfiles de microdureza Vickers y ensayos de doblez. Los perfiles de microdureza para diferentes tiempos de inmersión presentan similitudes, mostrando gran heterogeneidad debido a las características microestructurales. Se observa que al aumentar el tiempo de inmersión disminuye el ángulo crítico y el tiempo de inmersión no influye significativamente en la densidad de grietas confinadas y no confinadas.

Ensayos:

Microscopía óptica.

Análisis de varianza (ANOVA).

Se verifica que los espesores de los recubrimientos en la inmersión del segundo baño, varían significativamente dependiendo del tiempo total de inmersión y a medida que aumenta el tiempo total de inmersión aumenta el espesor total de recubrimiento.

La reactividad de las especies químicas principalmente Zn, Al y Fe, conjuntamente con la cinética del crecimiento de las fases formadas en la segunda inmersión, son factores importantes en el aumento del espesor del recubrimiento galvanizado, además de considerar la temperatura de trabajo de inmersión de 550°C utilizado.

Se conoce que para el primer baño de inmersión (Zn puro) este sigue un comportamiento no lineal, de igual modo en el segundo baño de inmersión, por lo se determina que el mecanismo total que controla el crecimiento del recubrimiento es el mecanismo de difusión de las especies, a pesar de las reacciones

	<p>Muestras de acero AISI 100 mm x 38 mm x 3 mm Horno eléctrico vertical usado para el proceso de galvanización Baño tipo I de Zn puro Baño tipo II de Zn -5% en peso de Al Temperatura de baño 550 ± 10°C.</p>	<p>químicas que puedan generarse en el segundo baño de inmersión.</p> <p>En conclusión, la ductilidad relativa de los recubrimientos galvanizados por doble inmersión se ve influenciada por el espesor total de los recubrimientos.</p>
<p>26 Chaparro, Aperador, Gordillo y Bautista. (2013) “Evaluación de la corrosión del acero embebido en concreto AAS, expuesto a carbonatación mediante un experimento factorial con medidas repetidas”.</p>	<p>Se evaluó la corrosión sobre el acero embebido en concretos de activación alcalina (AAS) y Portland tipo I (OPC), se utilizaron técnicas de potencial de corrosión, resistencia lineal a la polarización y pulso galvanostático. Se utilizaron concretos basados en escoria activada alcalinamente (AAS) y los fabricados con cemento Portland tipo I (OPC).</p> <p>En este artículo se presentan las técnicas de evaluación de la corrosión, tales como potencial de corrosión, resistencia lineal a la polarización y pulso galvanostático a los concretos de activación alcalina (AAS) y Portland tipo I (OPC).</p>	<p>El estudio se realizó por medio de modelos de análisis de varianza, aplicando un experimento factorial con tres factores, uno de ellos medida repetida, debido a que sobre la misma unidad experimental (AAS y OPC) se ensayaron varias muestras para medirlas en el tiempo, lo que hace que las observaciones no sean independientes; los otros dos factores corresponden al cementante (ce: 1=escoria activada alcalinamente [AAS] y 2=concreto Portland ordinario [OPC]) y la condición de exposición (ca: 1=exposición ambiente y 2=carbonatación acelerada), discutidos en función de los resultados de las propiedades electroquímicas, estableciendo las diferencias en los materiales.</p> <p>Los especímenes de concreto OPC exhibieron un potencial de reposo, y una resistencia de polarización y óhmica (condición CO₂), superiores a los obtenidos en el concreto armado AAS.</p>
<p>27 Sabadell (2014) “Galvanización general. Un modo muy eficiente para proteger el acero”</p>	<p>El artículo habla del galvanizado, protegiendo al acero de tres maneras: Como una barrera que se corroe a una velocidad 30 veces inferior a la del hierro; de protección catódica y mediante el sellado de imperfecciones. Habla de la importancia del recubrimiento según su espesor.</p>	<p>Los recubrimientos del galvanizado en caliente son uno de los pocos sistemas de protección del acero que están perfectamente especificados por normas nacionales e internacionales.</p>

-
- 28 Cutipa (2014) “Planteamiento para determinar comportamientos óptimos entre sistemas de protección dúplex (galvanizado en caliente/frío + recubrimiento) para estructuras metálicas de SE y LT”
- Esta monografía evalúa veinte esquemas de sistemas de protección dúplex (Galvanizado en caliente/frío + recubrimiento), de acuerdo a un ambiente determinado (marino o industrial), el cual sea objeto de estudio para la protección de estructuras metálicas empleadas en transmisión de energía eléctrica, por un lapso de tiempo de 36 meses.
- Normalmente como única alternativa de prevención para la corrosión atmosférica se utilizan recubrimientos metálicos o no metálicos por separado, mas no se toma interés en los beneficios que genera la sinergia de ambos recubrimientos.
- Para esta evaluación se propone utilizar perfiles de acero galvanizado en frío y en caliente, ambos nuevos, todos bajo las mismas condiciones de evaluación. Para lo cual se deberá seleccionar una estación de campo para realizar los respectivos ensayos naturales, y a la par se llevarán a cabo dos tipos de ensayos acelerados, el primero consistirá en un rociado salino intermitente en el exterior siguiendo lo indicado por la norma ISO 11474 y el segundo consistirá en un rociado salino a realizarse en un laboratorio empleando una cámara climática por 36 meses.
- Identifica qué sistema de protección dúplex es el más óptimo, esto se logra mediante la elaboración de cuadros costo-desempeño, en el cual podremos determinar de entre todos los sistemas dúplex propuestos, cual o cuales son los potenciales sistemas a emplearse para la protección de estructuras en dicho medio.
- Ensayos:**
Se debe establecer Ensayo natural en estación
Ensayos acelerado utilizando la norma UNE-EN ISO 11474 (Ensayos corrosión de los metales y aleaciones).
Ensayo en cámara climática.
- La limitación de está monografía que no realiza pruebas experimentales para poder determinar si el recubrimiento de galvanizado en frío presenta mejor comportamiento/protección que un galvanizado en caliente, en su empleo como Sistemas de Protección Dúplex.
-
- 29 Delgado, Castaño, Correa y Echeverría (2009). “Clasificación de la agresividad atmosférica en Colombia mediante métodos estadísticos multivariados”
- En este trabajo se realizó una clasificación de diferentes atmósferas colombianas, bajo las cuales se encuentran las principales líneas de transmisión eléctrica, mediante el método de análisis de cluster, teniendo en cuenta información meteorológica.
- Con esta información, se clasificaron nuevamente las atmósferas y se establecieron relaciones entre las variables atmosféricas, el tiempo de exposición y la corrosión, empleando modelos de regresión y métodos estadísticos multivariados.
- Con base en esta clasificación, se eligieron 21 sitios representativos para realizar mediciones en campo de la corrosión del acero y el acero
- Los estudios de corrosión atmosférica, a menudo, requieren una clasificación de las atmósferas en función

	galvanizado, la concentración de SO ² y cloruros, la temperatura y el tiempo de humectación.	de su agresividad, lo cual implica el procesamiento de una gran cantidad de datos relacionados con variables meteorológicas y de contaminación.
30	<p>Torres, Aperador, Vera, Mejía De Gutiérrez y Ortiz (2010) “Estudio de la corrosión del acero embebido en concreto AAS sometido a cloruros”</p> <p>Las probetas de concreto con acero reforzado estuvieron sometidas en ambientes contaminados con iones cloruro para simular condiciones marinas.</p> <p>Las probetas fueron fabricadas utilizando barra de acero sismo-resistente ASTM-A706, las cuales fueron sometidas en ambientes contaminados con iones cloruro, simulando condiciones marinas.</p> <p>El estudio evalúa el comportamiento frente a la corrosión de las barras de acero de refuerzo de un concreto de escoria activado alcalinamente. La escoria de alto horno fue activada mediante el uso de silicato sódico al 5% obteniéndose un material con buenas propiedades cementales.</p> <p>Ensayos: Medición de la resistencia a la polarización lineal (LPR) Espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS)</p>	<p>En el ensayo de absorción y porosidad, se observa que existe una densificación del material con edades de curado más avanzado (90 días), esto debido a que disminuye el % de porosidad y absorción.</p> <p>Bajo ambientes sin tratamiento ambos concretos presentan buenas propiedades protectoras del metal. No obstante, en los concretos OPC las características que impiden la corrosión del acero tienden a desaparecer con el tiempo, después del cual inicia la despasivación.</p> <p>Los concretos AAS presentan unas condiciones más estables con el tiempo, gracias a los productos de hidratación formados, durante la activación alcalina de la escoria.</p>
31	<p>Sosa, Pérez, Moo, Pérez y Chá (2018) “Analysis of the concrete-steel interface in specimens exposed to the weather and immersed in natural sea wáter”</p> <p>Se evaluó el comportamiento electroquímico en elementos de concreto armado sin y con adición de cloruro de sodio (NaCl) en el agua de amasado, en un ambiente marino/tropical.</p> <p>El seguimiento consistió en medir potencial de corrosión (E_{corr}), avance del frente de carbonatación (xCO₂) y registro fotográfico de la interfase concreto/acero en diferentes etapas del período de tiempo de exposición.</p>	<p>En la exposición a la intemperie se observó que la adición de NaCl en el agua de amasado favoreció el avance de la carbonatación, sin que se visualizara el inicio de corrosión.</p> <p>La presencia de cloruro fue determinante en el inicio y desarrollo del proceso de corrosión, tanto en exposición a la intemperie como en inmersión.</p>
32	<p>Cabrera, Ortega, Schierloh y Traversa (2012) “Influencia del curado sobre la evolución de la corrosión en vigas de hormigón</p> <p>En este estudio se analizan los resultados obtenidos sobre vigas de hormigón armado sometidas a un proceso de corrosión acelerado.</p>	<p>En este trabajo se analiza cómo el tipo de curado afecta la microestructura de hormigones con diferentes agregados finos, respecto al ingreso de fluidos, que se vinculan estrechamente con el deterioro del acero.</p>

armado con diferentes agregados finos”	Se elaboraron 04 series de hormigones, con una relación a/c de 0,60 y diferentes módulos de finura 2.30, 2.54, 2.80 y 2.88., como aglomerante el cemento Portland normal.	Se evaluaron los 5 grupos distintos de probetas y vigas de concreto armado, con curados: normal, en ambiente de laboratorio, en mufla, en ambiente frío y bajo la acción del viento.
	Las vigas de hormigón armado se construyeron con 4 barras de acero de 4.20 mm de diámetro y con estribos de 2.1 mm de diámetro, separados cada 10 cm, el espesor de recubrimiento de las barras fue de 10mm. Las vigas y probetas fueron curadas de 5 modos diferentes.	Las vigas fueron sometidas a ensayos de corrosión acelerada aplicando una corriente de 100 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, en presencia de cloruros al 0.3% de peso.
	Los modos de curados son: normal (a 20°C y HR>95% durante 28 días), en ambiente de laboratorio (CL: a 20°C y HR \approx 50% hasta completar 28 días), en mufla (CM: a 40°C y HR \approx 13% durante los primeros 7 días y en laboratorio hasta los 28 días), en ambiente exterior (época invierno 6°C durante 28 días) y bajo la acción del viento (velocidad simulada de 10 km/h durante los primeros 7 días, para completar los 28 días en laboratorio).	Al partir de surgimiento de las fisuras, se monitoreo las mismas y posteriormente calcular las áreas de fisuración.
	<p>Ensayos: Resistencia de comprensión Determinación de la velocidad de succión capilar (VSC) Resistencia a rotura del acero de dureza natural Potencial de corrosión Gravimetría</p>	Se concluyó que la velocidad de succión capilar (VSC) es muy sensible al tipo de curado. En la corrosión de las vigas, el curado defectuoso influyo fuertemente sobre el tiempo de aparición de la primera fisura, el área y el ancho máximo de fisuras
33 Meneses, Moro, Aveldaño y Ortega (2016). “Influencia del espesor del recubrimiento de elementos de hormigón armado expuestos a procesos de corrosión y sometidos a cargas externas”	Se fabricaron 4 vigas de hormigón armado en las que vario la relación de recubrimiento / diámetro de las barras, con el fin de simular distintos grados de protección de armadura.	De acuerdo a los resultados obtenidos, la velocidad de succión capilar, es inferior a 4 $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$, valor máximo de velocidad de succión capilar según normativa argentina. Por ello, el hormigón resulta adecuado para estructuras en ambiente con presencia de cloruros.
	El hormigón fue elaborado con una relación agua/cemento de 0,50 y una dosificación basado en la norma IRAM 1627. Humectándolo durante los primeros 7 días, continuando el fraguado continuo en ambiente laboratorio por 60 días.	El potencial de corrosión mostró que los primeros 05 días, se llegó al valor mínimo de potencial, donde la viga con menor recubrimiento fueron las que completaron su periodo de activación (entre -478 y -531 mV).
	Se colocaron carga a los extremos de las vigas, dejando voladizos en los dos laterales, siendo sometidas a una tensión de igual intensidad,	El efecto de protección generado por el mayor recubrimiento, hace que los elementos agresivos

al estar sometidas en cada caso, a su propio peso más la acción de distintas cargas que varían desde 90kg a 100 kg.

Las vigas fueron sometidos a corrosión acelerada por 160 días, instalando una esponja, manteniéndose humectada con una solución acuosa de 0,3% de cloruro de sodio por litro de agua. La densidad de corriente aplicada fue de 100 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$

Ensayos:

Ensayo de comprensión y tracción.

Ensayo de absorción capilar.

Velocidad de Succión Capilar.

provenientes del exterior (cloruros, oxígeno, agua) requieran más tiempo para llegar hasta las armaduras, aminorando la velocidad de ataques al acero.

Las vigas se fabricaron con diferentes espesores de recubrimiento de las armaduras y con un concreto de resistencia característica 25 MPa. Este estudio pone en evidencia la influencia del espesor de recubrimiento de las armaduras, sobre el proceso de corrosión y su manifestación externa (fisuración del recubrimiento), frente a las mismas sollicitaciones mecánicas.

34 Medeiros, Real, Quarcioni y Helene (2015) “Concreto con protección de superficie y expuesto a solución de cloruros: Espesor de recubrimiento equivalente

Este artículo propone una protección de superficie en el concreto es una posibilidad de aumentar la vida útil de estructuras expuestas a ambientes marinos. Este tipo de protección inhibe la penetración de agentes agresivos por difusión, migración y absorción por capilaridad.

Los materiales de protección de superficies para concreto que se utilizaron se clasifican en tres grupos: hidrofugantes (repele el agua), bloqueadores de poros (reaccionan con algunos componentes solubles del concreto y forman productos insolubles) y formadores de película (película continua en la superficie del concreto).

El principal objetivo de las pruebas era obtener el coeficiente de difusión y generar un cloruro de cloruro de entrada en previsión de concreto con y sin superficie tratada, válido para el período de inicio de la corrosión de penetración de armadura y la difusión de iones.

Una de las limitaciones para que esta aplicación de protectores de película al hormigón, son que la estructura debe estar en inicios de su vida útil, que factores externos no haya afectado las propiedades del recubrimiento del concreto.

Los resultados indican que el uso de un sistema de protección de elevada eficiencia puede aumentar más de tres veces la vida útil de una estructura de concreto armado.

Los resultados indican que el hidrofugante de superficie redujo en 13% la penetración de cloruro en el concreto, pero este tratamiento mostro la menor capacidad de reducir el coeficiente de difusión de cloruros.

Revestimientos equivalentes también presentados de protección de datos indica que los materiales utilizados en este experimento oscilaron entre 0,3 y 3,4 cm, es decir, los resultados mostraron una gran variación entre la protección de materiales probados.

Metodología sugerida del uso del acero galvanizado

Al momento de sumergir el acero en la tina de galvanizado, se requiere de un determinado tiempo pre dispuesto para que el hierro reaccione al zinc fundido, dando lugar a una serie de capas unidas metalúrgicamente de aleación zinc/hierro. Estas capas generan un revestimiento proporcional brindando una protección catódica. Las diferencias del potencial eléctrico hacen que el zinc actúe como anódico al acero, sacrificándose ante un agente de corrosión, dando así una protección catódica al acero.

El zinc durante la exposición al ambiente, crea una barrera adicional producto de la corrosión del zinc en la superficie, llamada pátina de zinc, creando una capa protectora pasiva que inhibe la exposición y la corrosión en curso del revestimiento galvanizado subyacente.

Por ello es importante la selección del acero, tener en cuenta el espesor del revestimiento del galvanizado que se ha aplicado al acero de refuerzo, siendo este el factor principal para determinar la vida útil del producto, influyendo para ello el tiempo y la temperatura de baño de zinc aplicado.

A continuación, se detalla lo mencionado:

Tabla 19

Espesor del revestimiento

Peso del revestimiento		Espesor del revestimiento	
Oz/ft ²	gm/m ²	mils	micrones
1,00	305,2	1,70	43
1,50	457,8	2,55	65
2,00	610,3	3,40	86

2,50	762,9	4,25	108
3,00	915,5	5,10	130
3,50	1068.1	5,95	153

Tabla 20

Proceso de galvanizado

Recubrimiento galvanizado del acero	Unido metalúrgicamente al acero
Temperatura de la tina baño del Zinc	450°C a 470°C
Concentración del baño de zinc	98%
Capas aleadas de Fe - Zn	Llamadas gamma, delta y zeta
Capa aleada de 100 % Zn puro	Llamada capa Eta
Resistencia a la concentración de cloruros	Al menos de tres a cuatro veces más alta que el acero negro.
Resistencia a la corrosión según su PH	Permanece pasiva en niveles más bajos de PH

Tabla 21

Selección del acero (química del acero)

Contenido de Silicio y fosforo	Debajo del 0,04%
	Entre 0,15% y 0,22%
Norma internacional ASTM	ASTM A615 / ASTM A706
	AGA

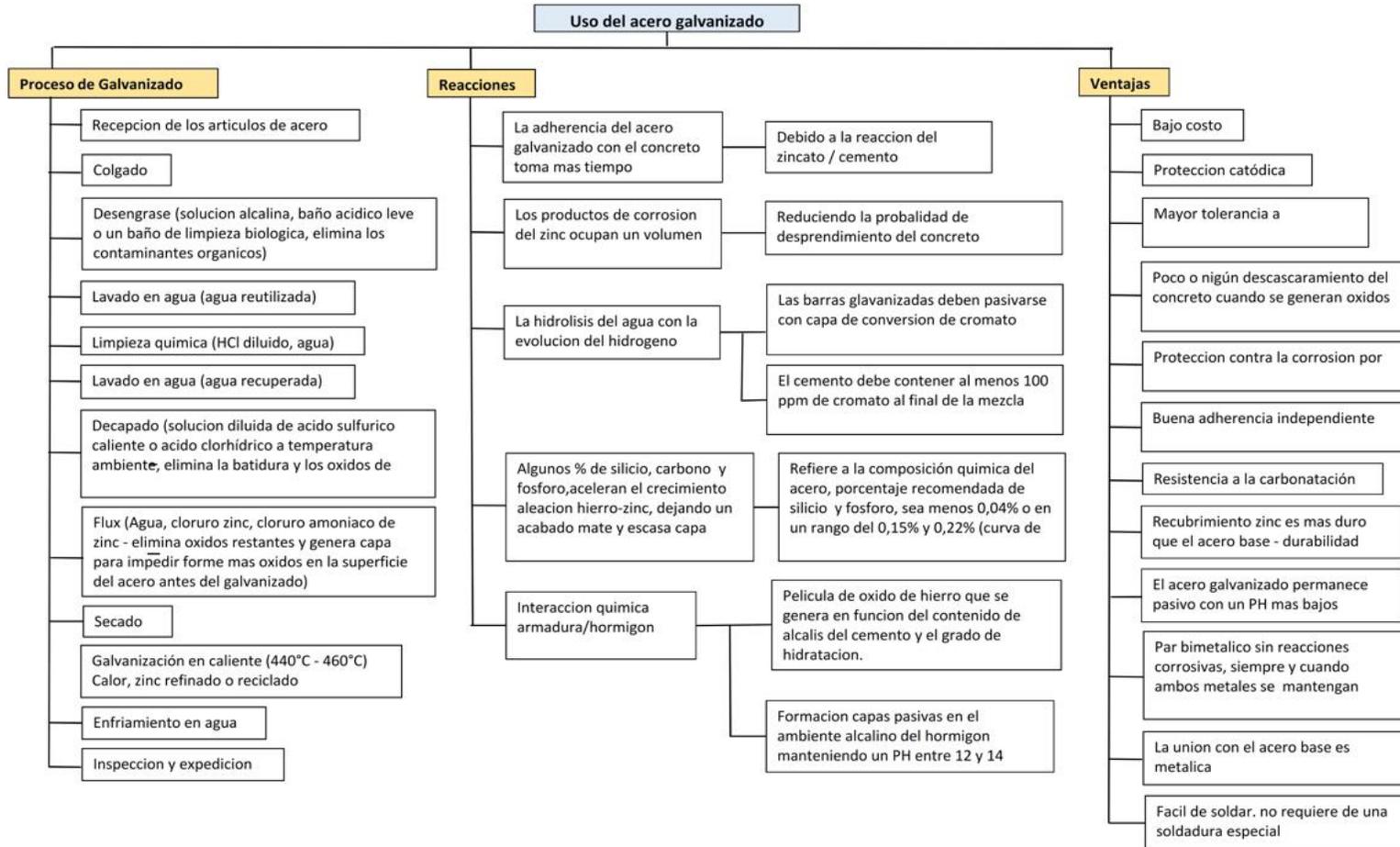
Tabla 22

Revestimiento mínimo de Zinc

Clase	Masa de revestimiento mínimo de Zinc gm/m ² (oz/ft ²)
Clase 1 Barra n°3, barra n°4 y mas	1070 (3,50)
Clase 2 Barra n°3 y mas	610 (2,00)

Figura 7

Resultados del análisis del desempeño del acero galvanizado



Nota: elaboración propia

Análisis de alternativas

Teniendo en cuenta el objetivo de este estudio y analizando las posibles soluciones al problema, en donde propondremos la factibilidad del uso del Inhibidor de Nitrito de Calcio y/o del acero galvanizado con el fin de evitar la corrosión del concreto, para ello se ha elaborado un árbol de objetivos, para determinar las alternativas que ayuden a establecer el objetivo principal de este estudio descriptivo, desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y comercial.

Selección de alternativas

En esta etapa propondremos el método de ponderación cualitativa, el cual consiste en calificar cada criterio, desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y comercial, según la aplicación de nuestra realidad peruana. El valor del coeficiente de alternativas está dado por las siguientes opciones: bueno, regular y malo.

Tabla 23

Ponderación cualitativa

Valor	Categoría	Descripción
3	Bueno	Completamente factible su uso
2	Regular	Parcialmente factible su uso
1	Malo	No es factible su aplicación

Nota: Elaboración propia

Posteriormente se le asigna un valor cuantitativo a cada opción del coeficiente de alternativas, dependiendo de la opción elegida en función de cada criterio; según



“Uso del inhibidor de nitrito de calcio y/o uso del acero galvanizado para evitar la corrosión del acero concreto armado”

la puntuación numérica obtenida que expresen la preferencia de un criterio frente al otro, en base al peso concedido, el que obtenga el mayor puntaje será el que satisface la mejor alternativa de factibilidad de uso.

Para ello se analizará cada criterio tanto en el inhibidor de corrosión, como del acero galvanizado. Bajo ciertos parámetros de análisis.

Criterios Analizados

Tabla 24

Criterios analizados.

<p>Recurso disponible en el mercado</p> <p>Se refiere si es factible su aplicación en el mercado nacional y local.</p>	<p><u>Nitrito de Calcio</u> Existen empresas dedicadas a la fabricación y comercialización de productos químicos para la construcción y la industria, como es el caso de la empresa Sika®, teniendo cedés en todo el litoral peruano. En la ciudad de Cajamarca su concesionario “CAXA Representaciones SAC”, ubicada en Av. Vía de Evitamiento Norte Nro. 2588.</p> <p><u>Acero galvanizado</u> Existen en el mercado empresas de galvanizado que brindan este servicio, ubicadas en la ciudad de lima, Trujillo, Chiclayo, Arequipa, etc. En la ciudad de Cajamarca cuenta con concesionarios autorizados que, por ser un producto no comercial, lo pueden traer a pedido (Dino, Sodimac, Maestro, Ferretería Soto, etc).</p>																
<p>Costos de Implementación</p> <p>Teniendo en cuenta que ambos componentes tienen un costo y se requiere de un tiempo para su aplicación.</p>	<i>Acero Galvanizado</i>		<i>Nitrito de Calcio</i>														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PRECIO KG</th> <th style="text-align: left;">IGV</th> <th style="text-align: left;">PRECIO UNIT. KG</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S/ 6.72</td> <td>S/ 1.21</td> <td>S/ 5.51</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota: Cotización Empresa Galecol Perú SRL.(2021), RUC: 20604601003 (Anexo N°4)</p>		PRECIO KG	IGV	PRECIO UNIT. KG	S/ 6.72	S/ 1.21	S/ 5.51	<p>El producto que es comercializado por Sika®, de presentación de cilindro x 200L, en su hoja de información de aplicación recomienda una dosificación de 38.60 kg/m³, en base a la concentración de iones de cloruro más alta (9.5).</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">CILINDRO 200 L</th> <th style="text-align: left;">IGV</th> <th style="text-align: left;">SIN IGV</th> <th style="text-align: left;">P. UNIT. L</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S/ 1,815.00</td> <td>S/ 326.70</td> <td>S/ 1,488.30</td> <td>S/ 7.44</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota: Cotización Empresa Caxa Representaciones SAC. (2021), RUC: 20491643863 (Anexo N°1)</p>		CILINDRO 200 L	IGV	SIN IGV	P. UNIT. L	S/ 1,815.00	S/ 326.70	S/ 1,488.30
PRECIO KG	IGV	PRECIO UNIT. KG															
S/ 6.72	S/ 1.21	S/ 5.51															
CILINDRO 200 L	IGV	SIN IGV	P. UNIT. L														
S/ 1,815.00	S/ 326.70	S/ 1,488.30	S/ 7.44														
<p>Tiempo de implementación</p> <p>Referido al entrenamiento del personal y de la asesoría de un profesional para garantizar el control de la calidad.</p>	<p><u>Nitrito de Calcio</u> De fácil aplicación, considerando una dosificación manual, realizando un ajuste para mantener la relación agua/cemento, por lo requiere de una medida estándar por metro cúbico y de la asesoría de un profesional. El agua debe ser ajustado mediante la reducción de 0,839kg de agua por litro de Sika® nitrito de calcio.</p> <p><u>Acero galvanizado</u> Su implementación requiere de un proceso de inmersión en caliente de zinc, y bajo un control de calidad, por lo que requiere de personal capacitado y entrenado.</p>																

<p>De fácil aplicación en obra</p> <p>Referido a su uso</p>	<p><u>Nitrito de calcio</u> Es colocado en la masa cemental directamente en obra, bajo una relación agua-cemento o en su defecto viene mezclado en un mixer.</p> <p><u>Acero galvanizado</u> Es instalado en la edificación, ser armado con estribos y amarrados con alambre, posteriormente encofrados para su llenado con concreto. Como se ve son procesos de aplicación diferentes.</p>
<p>Beneficios sociales</p> <p>Referido al beneficio de su aplicación</p>	<p><u>Nitrito de Calcio y Acero galvanizado</u> Uno de los beneficios sociales de ambos productos, refiere a que mejora la durabilidad de la estructura, ya que las aplicaciones de ambos productos protegen a acero, permitiendo costos de mantenimiento bajos y por tiempos muy remotos.</p>
<p>Impacto Ambiental</p> <p>Referido al daño que genera a nuestro planeta.</p>	<p><u>Nitrito de Calcio</u> En cambio el Nitrito de Calcio es un oxidante inorgánico y venenoso, que reacciona al mezclarlo con orgánica de amonio sal , ácido o cianuro . La temperatura no debe ser superior a 220°C, este se reducirá y se descomponen en óxido nitroso , por lo expuesto genera un impacto negativo al medio ambiente.</p> <p><u>Acero galvanizado</u> El zinc y el acero, siendo los materiales principales empleados en el proceso del galvanizado, son metales comunes y abundantes en el planeta. El zinc es el material más abundante número 27 en la corteza terrestre, y el hierro se encuentra en el cuarto lugar. El zinc y el acero son 100% reciclables sin perder ningún químico o propiedad física, generando un impacto positivo al medio ambiente.</p>

Nota: Elaboración propia

Tabla 25

Ficha técnica

<u>Tema:</u> Ficha Técnica		
Aplicación del Nitrito de Calcio (Anexo N° 2)	Aplicación del Acero Galvanizado	Comparativo
<u>Nombre:</u> Sika® CNI	<u>Nombre:</u> Barra de acero al carbono corrugadas, cubiertas por una capa de zinc (galvanizadas)	<u>Recurso disponible en el mercado:</u> En ambos casos dichos productos son comerciales. En el caso del acero galvanizado toma un proceso de aplicación y cuidado. En cambio, el aditivo Sika® CNI es usado en el mismo lugar del proyecto bajo una dosificación controlada en el agua.
<u>Descripción:</u> Sika® CNI es un aditivo inhibidor de corrosión del acero de refuerzo del concreto, en base a nitrito de Calcio. Sika® CNI contiene mínimo un 30% de nitrito de calcio en peso y está formulado, para cumplir la Norma ASTM C-494 Tipo C aditivos acelerantes.	<u>Descripción:</u> Varilla corrugada o tetracero es una clase de acero laminado diseñado para la construcción de elementos estructurales de concreto armado, presenta resaltes o corrugas que ayudan la adherencia al concreto y poseen una gran ductilidad.	<u>De fácil aplicación en obra:</u> El Sika® CNI es más fácil de aplicar, aplicando una dosificación en el cambio de la proporción del agua y su fácil transporte. El acero galvanizado depende del proceso del galvanizado para colocarlo en la obra y empezar a armar los componentes estructurales.
<u>Características:</u> Aspecto: Líquido Colores: Amarillo Claro Presentación: Tambor x 200 L.	<u>Características:</u> La varilla es una aleación del acero con 0.22% Carbono, 0.05% Fósforo, 0.05% Azufre y 0.012% de Nitrógeno. Cubiertas por una capa de zinc, bajo un proceso de inmersión en caliente. (Galvanizadas).	<u>Beneficios sociales:</u> Uno de los beneficios sociales de ambos productos, refiere a la edificación duradera, permitiendo costos de mantenimiento bajos y por tiempos muy remotos.
<u>Ventajas:</u> Sika® CNI ayudará a oxidar el acero para formar óxido de hierro, que resiste el ataque del cloruro. Esto reduce las zonas de iones ferrosos que son susceptibles al ataque de cloruros. El óxido ferroso crea un complejo de óxido de hierro (herrumbre), en caso de ataque por cloruros. Sika® CNI fortalece la capa del óxido férrico pasivante antes de la penetración de cloruros. Los iones nitrito del Sika® CNI convertirá el óxido ferroso a óxido de hierro más resistentes, protegiendo así el acero refuerzo de la corrosión. En la alta alcalinidad del concreto, en el acero se acumula una capa de pasivación natural. Esta capa protege al acero de la corrosión. Esta capa pasivadora de óxido de hierro, sin embargo, puede ser dañada por la presencia de cloruros y combinada con la presencia de la humedad y el oxígeno producirán la corrosión del acero.	<u>Ventajas:</u> Los ensayos realizados por la AGA sobre las propiedades mecánicas del acero galvanizadas, evidencian que mantienen sus efectos sobre la resistencia a la tracción o influencia, no reduciendo la ductibilidad del acero e incluso elevando su adherencia al concreto, siempre que se siga la correcta selección del acero, las prácticas de fabricación y los procedimientos de galvanizado en caliente. Sobre la evolución del hidrogeno durante el curado del concreto, los estudios de laboratorio indican que el hidrogeno liberado no penetra el revestimiento galvanizado hacia el acero, esta reacción cesa en cuanto el concreto se endurece, para ello es importante el espesor de la capa protectora. La norma ASTM A767 pide que después del proceso galvanizado se someta al acero de una pasivación con	<u>Conclusión:</u> Existen muchos factores para definir el uso más efectivo, según su ficha técnica, de cada uno de estos componentes: Teniendo en cuenta la disponibilidad del producto, el aditivo Sika® CNI es fácil de usar, además que su dosificación se aplica en la misma mezcla. En cambio, el acero tiene que ser llevado a una planta galvanizadora, tomar un procedimiento riguroso de inmersión en caliente y del cuidado para ser llevado a la obra, con el fin de no retirar el recubrimiento durante el proceso de la construcción del elemento estructural.

<p>Actualmente en el mercado existen muchas marcas y aplicaciones de uso de este aditivo, por lo que su comercialización es fácil de conseguir y manejable de transportar.</p>	<p>cromato, para ello es fundamental considerar el espesor del revestimiento galvanizado, mientras más espeso es el revestimiento, mayor el tiempo de protección contra la corrosión.</p>	<p>En cuanto a su efectividad, la corrosión se produce en el acero y los estudios indican que la capa protectora de zinc, protege efectivamente la corrosión, sin ello, afectar las propiedades mecánicas del acero corrugado. En cambio, el nitrito de calcio fortalece la capa de óxido férrico, producido por la reacción del proceso químico del cemento, la cual puede ser dañada por los agentes agresivos presentes en el ambiente.</p>
<p><u>Limitaciones:</u> Sika® CNI no reducirá la penetración de cloruros o de otros agentes agresivos. Puede causar irritación de los ojos y de la piel, enrojecimiento y dolor en el sitio de contacto. La ingestión puede causar irritación, náuseas, vómitos, respiración lenta, colapso y coma. Pequeñas dosis repetidas pueden provocar una caída en la presión, pulso rápido, dolor de cabeza y alteraciones visuales.</p>	<p><u>Limitaciones:</u> Una de las limitaciones son la disponibilidad de empresas galvanizadoras en el litoral peruano. Actualmente en zonas costeras como Trujillo, Piura, Lima, Arequipa e Ica cuentan con una de ellas. Otra limitación sería la disponibilidad del producto final, ya que ingresa a una cola de procesos y la entrega del producto es aproximadamente en 03 días, dependiendo de la demanda. Otra limitación que se tiene que considerar es la aplicación de spray de zinc, a zonas que han sufrido desprendimiento del recubrimiento, por el proceso de doblado de las barras en mención.</p>	<p>Con el objetivo de evitar la corrosión del acero, se determina que el acero galvanizado aplica a zonas con una gama elevada de agentes agresivos. Siendo más efectivo y duradero.</p>

Nota: Elaboración propia

Tabla 26

Ficha económica

<p>Tema: Económico</p> <p>Para la presente ficha se tiene como objetivo comparar el impacto económico del nitrito de calcio (Sika ® CNI) y del acero galvanizado en una obra, para lo cual se emplea 2 estructuras modelos (columna y zapata) de los cuales se obtiene el metrado de las partidas de concreto, encofrado, desencofrado y acero (Anexo N°6), con el fin de elaborar un presupuesto para las estructuras sin aditivos, otro presupuesto para las estructuras con el aditivo Sika ® CNI, un tercer presupuesto para las estructuras modelo empleando acero galvanizado y finalmente un cuarto presupuesto para las estructuras modelo empleando el aditivo Sika ® CNI más acero galvanizado (Anexo N°8). El precio del acero galvanizado está basado en la cotización de la empresa Caxa Representaciones SAC con fecha de 21 de octubre del 2021 (Anexo N°4), y el precio del nitrito de calcio (Sika ® CNI) se emplea la cotización de la empresa Galecol Perú SRL con fecha 30 de octubre del 2021 (Anexo N°1)..</p>

Para la dosificación del aditivo inhibidor de corrosión de nitrito de calcio (Sika ® CNI), emplearemos la recomendad por los autores (López, Montes, Porras, & Bremner, 2014) los que en su investigación luego de 9 años de exposición en agua de mar obtienen la menor extensión de acero atacado por la corrosión con la dosificación de 25 l/m3.

Costo del producto:

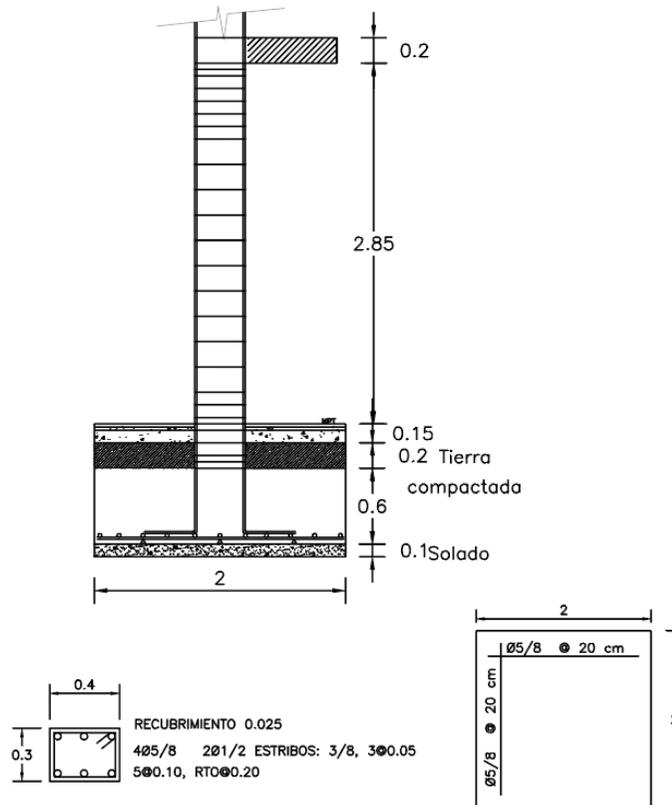
<i>Aditivo anticorrosivo nitrito de calcio (Sika ® CNI)</i>	<i>Acero galvanizado</i>																	
<p>Por su presentación cilindro de 200lt el costo es de:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CILINDRO 200 L + IGV</th> <th>IGV</th> <th>SIN IGV</th> <th>P. UNIT L</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S/ 1,815.00</td> <td>S/ 326.70</td> <td>S/ 1,488.30</td> <td>S/ 7.44</td> </tr> </tbody> </table>	CILINDRO 200 L + IGV	IGV	SIN IGV	P. UNIT L	S/ 1,815.00	S/ 326.70	S/ 1,488.30	S/ 7.44	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Costo Acero Galvanizado Kg</th> </tr> <tr> <th>PRECIO + IGV</th> <th>IGV</th> <th>P. UNIT.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S/ 6.72</td> <td>S/ 1.21</td> <td>S/ 5.51</td> </tr> </tbody> </table>	Costo Acero Galvanizado Kg			PRECIO + IGV	IGV	P. UNIT.	S/ 6.72	S/ 1.21	S/ 5.51
CILINDRO 200 L + IGV	IGV	SIN IGV	P. UNIT L															
S/ 1,815.00	S/ 326.70	S/ 1,488.30	S/ 7.44															
Costo Acero Galvanizado Kg																		
PRECIO + IGV	IGV	P. UNIT.																
S/ 6.72	S/ 1.21	S/ 5.51																

Estructuras modelo

	Resumen de metrados	Resumen del Análisis Precios Unitarios																																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">COLUMNA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Concreto m³</td> <td>0.408</td> </tr> <tr> <td>Encof. y desencof. m²</td> <td>4.48</td> </tr> <tr> <td>Acero kg</td> <td>55.66</td> </tr> <tr> <th colspan="2">ZAPATA</th> </tr> <tr> <td>Concreto m³</td> <td>0.60</td> </tr> <tr> <td>Encof. Y desencof. m²</td> <td>2.4</td> </tr> <tr> <td>Acero kg</td> <td>18.62</td> </tr> </tbody> </table>	COLUMNA		Concreto m ³	0.408	Encof. y desencof. m ²	4.48	Acero kg	55.66	ZAPATA		Concreto m ³	0.60	Encof. Y desencof. m ²	2.4	Acero kg	18.62	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">COLUMNA</th> <th>S/</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Concreto m³/día</td> <td></td> <td>529.91</td> </tr> <tr> <td>Encof. y desencof. m²/día</td> <td></td> <td>78.78</td> </tr> <tr> <td>Acero kg/día</td> <td></td> <td>10.98</td> </tr> <tr> <th colspan="2">ZAPATA</th> <th>S/</th> </tr> <tr> <td>Concreto m3/día</td> <td></td> <td>354.92</td> </tr> <tr> <td>Encof. Y desencof. M2/día</td> <td></td> <td>88.99</td> </tr> <tr> <td>Acero kg/día</td> <td></td> <td>9.78</td> </tr> </tbody> </table>	COLUMNA		S/	Concreto m ³ /día		529.91	Encof. y desencof. m ² /día		78.78	Acero kg/día		10.98	ZAPATA		S/	Concreto m3/día		354.92	Encof. Y desencof. M2/día		88.99	Acero kg/día		9.78
COLUMNA																																										
Concreto m ³	0.408																																									
Encof. y desencof. m ²	4.48																																									
Acero kg	55.66																																									
ZAPATA																																										
Concreto m ³	0.60																																									
Encof. Y desencof. m ²	2.4																																									
Acero kg	18.62																																									
COLUMNA		S/																																								
Concreto m ³ /día		529.91																																								
Encof. y desencof. m ² /día		78.78																																								
Acero kg/día		10.98																																								
ZAPATA		S/																																								
Concreto m3/día		354.92																																								
Encof. Y desencof. M2/día		88.99																																								
Acero kg/día		9.78																																								

ESTRUCTURAS MODELO

ESC: 1/50



Resumen del Presupuesto

DESCRIPCIÓN	PARCIAL	SUBTOTAL
ZAPATAS		608.71
CONCRETO F ^c =210KG/CM2	212.95	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	213.58	
ACERO F _y =4200 Kg/cm2	182.18	
COLUMNAS		1180.28
CONCRETO F ^c =210 Kg/cm2	216.20	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	352.93	
ACERO F _y =4200 Kg/cm2	611.14	
TOTAL, S/		1788.99

Costos de implementación

<i>Estructuras modelo + Sika ® CNI</i>	<i>Estructuras modelo + Acero Galvanizado</i>	<i>Estructuras modelo + Sika ® CNI + Acero Galvanizado</i>
<i>Análisis Precios Unitarios</i>	<i>Análisis Precios Unitarios</i>	<i>Análisis Precios Unitarios</i>
COLUMNA S/	COLUMNA S/	COLUMNA S/
Concreto m ³ /día 721.12	Concreto m ³ /día 529.91	Concreto m ³ /día 721.12

<table border="1"> <tr><td>Encof. y desencof. m²/día</td><td>79.49</td></tr> <tr><td>Acero kg/día</td><td>10.96</td></tr> <tr><td>ZAPATA</td><td>S/</td></tr> <tr><td>Concreto m³/día</td><td>546.12</td></tr> <tr><td>Encof. Y desencof. M²/día</td><td>88.99</td></tr> <tr><td>Acero kg/día</td><td>9.78</td></tr> <tr><td>Presupuesto</td><td></td></tr> <tr><td>ZAPATA</td><td></td></tr> <tr><td>Concreto</td><td>327.67</td></tr> <tr><td>Encof, y desencof.</td><td>213.58</td></tr> <tr><td>Acero</td><td>182.18</td></tr> <tr><td>COLUMNA</td><td></td></tr> <tr><td>Concreto</td><td>294.22</td></tr> <tr><td>Encof, y desencof.</td><td>356.12</td></tr> <tr><td>Acero</td><td>610.14</td></tr> <tr><td>TOTAL</td><td>1983.91</td></tr> <tr><td>Incremento en % con relación a la muestra 1</td><td>11%</td></tr> </table>	Encof. y desencof. m ² /día	79.49	Acero kg/día	10.96	ZAPATA	S/	Concreto m ³ /día	546.12	Encof. Y desencof. M ² /día	88.99	Acero kg/día	9.78	Presupuesto		ZAPATA		Concreto	327.67	Encof, y desencof.	213.58	Acero	182.18	COLUMNA		Concreto	294.22	Encof, y desencof.	356.12	Acero	610.14	TOTAL	1983.91	Incremento en % con relación a la muestra 1	11%	<table border="1"> <tr><td>Encof. y desencof. m²/día</td><td>79.49</td></tr> <tr><td>Acero kg/día</td><td>16.75</td></tr> <tr><td>ZAPATA</td><td>S/</td></tr> <tr><td>Concreto m³/día</td><td>354.92</td></tr> <tr><td>Encof. Y desencof. M²/día</td><td>88.99</td></tr> <tr><td>Acero kg/día</td><td>23.88</td></tr> <tr><td>Presupuesto</td><td></td></tr> <tr><td>ZAPATA</td><td></td></tr> <tr><td>Concreto</td><td>212.95</td></tr> <tr><td>Encof, y desencof.</td><td>213.58</td></tr> <tr><td>Acero</td><td>444.74</td></tr> <tr><td>COLUMNA</td><td></td></tr> <tr><td>Concreto</td><td>216.20</td></tr> <tr><td>Encof, y desencof.</td><td>356.12</td></tr> <tr><td>Acero</td><td>932.20</td></tr> <tr><td>TOTAL</td><td>2375.79</td></tr> <tr><td>Incremento en % con relación a la muestra 1</td><td>33%</td></tr> </table>	Encof. y desencof. m ² /día	79.49	Acero kg/día	16.75	ZAPATA	S/	Concreto m ³ /día	354.92	Encof. Y desencof. M ² /día	88.99	Acero kg/día	23.88	Presupuesto		ZAPATA		Concreto	212.95	Encof, y desencof.	213.58	Acero	444.74	COLUMNA		Concreto	216.20	Encof, y desencof.	356.12	Acero	932.20	TOTAL	2375.79	Incremento en % con relación a la muestra 1	33%	<table border="1"> <tr><td>Encof. y desencof. m²/día</td><td>79.49</td></tr> <tr><td>Acero kg/día</td><td>12.78</td></tr> <tr><td>ZAPATA</td><td>S/</td></tr> <tr><td>Concreto m³/día</td><td>546.12</td></tr> <tr><td>Encof. Y desencof. M²/día</td><td>88.99</td></tr> <tr><td>Acero kg/día</td><td>15.57</td></tr> <tr><td>Presupuesto</td><td></td></tr> <tr><td>ZAPATA</td><td></td></tr> <tr><td>Concreto</td><td>327.67</td></tr> <tr><td>Encof, y desencof.</td><td>213.58</td></tr> <tr><td>Acero</td><td>289.94</td></tr> <tr><td>COLUMNA</td><td></td></tr> <tr><td>Concreto</td><td>294.22</td></tr> <tr><td>Encof, y desencof.</td><td>356.12</td></tr> <tr><td>Acero</td><td>932.17</td></tr> <tr><td>TOTAL</td><td>2413.70</td></tr> <tr><td>Incremento en % con relación a la muestra 1</td><td>35%</td></tr> </table>	Encof. y desencof. m ² /día	79.49	Acero kg/día	12.78	ZAPATA	S/	Concreto m ³ /día	546.12	Encof. Y desencof. M ² /día	88.99	Acero kg/día	15.57	Presupuesto		ZAPATA		Concreto	327.67	Encof, y desencof.	213.58	Acero	289.94	COLUMNA		Concreto	294.22	Encof, y desencof.	356.12	Acero	932.17	TOTAL	2413.70	Incremento en % con relación a la muestra 1	35%
Encof. y desencof. m ² /día	79.49																																																																																																							
Acero kg/día	10.96																																																																																																							
ZAPATA	S/																																																																																																							
Concreto m ³ /día	546.12																																																																																																							
Encof. Y desencof. M ² /día	88.99																																																																																																							
Acero kg/día	9.78																																																																																																							
Presupuesto																																																																																																								
ZAPATA																																																																																																								
Concreto	327.67																																																																																																							
Encof, y desencof.	213.58																																																																																																							
Acero	182.18																																																																																																							
COLUMNA																																																																																																								
Concreto	294.22																																																																																																							
Encof, y desencof.	356.12																																																																																																							
Acero	610.14																																																																																																							
TOTAL	1983.91																																																																																																							
Incremento en % con relación a la muestra 1	11%																																																																																																							
Encof. y desencof. m ² /día	79.49																																																																																																							
Acero kg/día	16.75																																																																																																							
ZAPATA	S/																																																																																																							
Concreto m ³ /día	354.92																																																																																																							
Encof. Y desencof. M ² /día	88.99																																																																																																							
Acero kg/día	23.88																																																																																																							
Presupuesto																																																																																																								
ZAPATA																																																																																																								
Concreto	212.95																																																																																																							
Encof, y desencof.	213.58																																																																																																							
Acero	444.74																																																																																																							
COLUMNA																																																																																																								
Concreto	216.20																																																																																																							
Encof, y desencof.	356.12																																																																																																							
Acero	932.20																																																																																																							
TOTAL	2375.79																																																																																																							
Incremento en % con relación a la muestra 1	33%																																																																																																							
Encof. y desencof. m ² /día	79.49																																																																																																							
Acero kg/día	12.78																																																																																																							
ZAPATA	S/																																																																																																							
Concreto m ³ /día	546.12																																																																																																							
Encof. Y desencof. M ² /día	88.99																																																																																																							
Acero kg/día	15.57																																																																																																							
Presupuesto																																																																																																								
ZAPATA																																																																																																								
Concreto	327.67																																																																																																							
Encof, y desencof.	213.58																																																																																																							
Acero	289.94																																																																																																							
COLUMNA																																																																																																								
Concreto	294.22																																																																																																							
Encof, y desencof.	356.12																																																																																																							
Acero	932.17																																																																																																							
TOTAL	2413.70																																																																																																							
Incremento en % con relación a la muestra 1	35%																																																																																																							
Costo de la implementación:	Costo de la implementación:	Costo de la implementación:																																																																																																						
El uso del aditivo Sika ® CNI en las estructuras modelo genera un costo de S/. 1983.91 que comparado con los S/. 1788.99 de las estructuras base representa un incremento del S/. 194.92 del presupuesto, mediante el análisis de precios unitarios podemos ver que el incremento se da en la partida de concreto pasando el metro cubico de	La implementación del acero galvanizado en las estructuras modelo genero un incremento de S/.586.80 en el presupuesto de las estructuras modelo, el análisis de los precios unitarios evidencian que el incremento se da en las partidas de acero tanto en la columna que pasa de S/. 10.98 a S/. 16.75 el kg, como en la zapata que registra un incremento pasando de S/. 9.78 a S/. 23.88	En el caso de implementar el uso del aditivo Sika ® CNI y el acero galvanizado eleva el costo del presupuesto de las estructuras modelo que pasan de S/. 1788.99 a S/ 2413.70. lo que representa S/. 624.71 más en el presupuesto de las estructuras analizadas, como es de esperar los incrementos se dan en las partidas de concreto que pasa de S/. 529.91 a S/. 721.12 en la columna el metro cubico y de S/. 354.92 a S/. 327.67 en la zapata respectivamente, la partida de acero también eleva su precio unitario pasando de S/. 10.98 a S/. 12.78 el																																																																																																						



“Uso del inhibidor de nitrito de calcio y/o uso del acero galvanizado para evitar la corrosión del acero concreto armado”

S/. 529.91 a S/. 721.12 en la columna y de S/. 354.92 a S/. 546.12 en la zapata.	kg en la columna, mientras que en la zapata el kg de acero paso de S/. 9.78 a S/. 15.57
--	---

Comparativo

Beneficios sociales:

Uno de los beneficios sociales de ambos productos, refiere a la edificación duradera, permitiendo costos de mantenimiento bajos y por largos plazos.

Conclusión:

El análisis económico realizado del uso del aditivo Sika ® CNI y de acero galvanizado en las estructuras modelo, con el fin de prevenir la corrosión en el refuerzo del concreto armado, evidencian que la opción más económica es el aditivo anticorrosivo de nitrito de calcio en su presentación comercial Sika ® CNI, que representa un incremento de 11% en la construcción de las estructuras examinadas, en cuanto al uso del acero galvanizado genera un incremento del orden de 33 % de las estructuras, y además se debe tener en cuenta las implicancias del cuidado en su transporte, manipulación en obra, para evitar el lacrado de la capa de zinc del acero corrugado.

Nota: Elaboración propia

Tabla 27

Ficha ambiental.

<u>Tema:</u> Ambiental		
Aplicación del Nitrito de Calcio	Aplicación del Acero Galvanizado	Comparativo
<u>Nombre:</u> Sika ® CNI	<u>Nombre:</u> Barra de acero al carbono corrugadas, recubiertas con una capa de zinc (galvanizadas)	<p>Beneficios sociales: Uno de los beneficios sociales de ambos productos, refiere a la edificación duradera, permitiendo costos de mantenimiento bajos y por tiempos muy remotos.</p> <p>Impacto Ambiental: El zinc y el acero, siendo los materiales principales empleados en el proceso del galvanizado, son metales 100% reciclables sin perder ningún químico o propiedad física, generando un impacto</p>
<u>Descripción:</u> La empresa Sika distribuye sus productos a través de cuatro canales de distribución: Sika Centers, Homecenters, Distribuidores especializados y mayoristas. Todas ellas funcionan bajo un plan de control medioambiental alineados a las normativas peruanas e internacionales.	<u>Descripción:</u> Las plantas galvanizadoras que existen en casi toda la zona costera, las cuales todas ellas funcionan bajo un plan de control medioambiental y que están alineados a las normativas peruanas e internacionales y de control de calidad.	
<u>Hoja de Seguridad:</u> El uso del inhibidor de corrosión presenta un nivel para la salud de nivel 3 (muy peligroso), nivel 1 de inflamabilidad,	<u>Hoja de Seguridad:</u>	

<p>mayor de 93°C, es peligroso si es vertido en fuentes de agua. No es reactivo ni presenta un riesgo específico. (Anexo N°3)</p> <table border="1" data-bbox="212 359 840 582"> <thead> <tr> <th>Nivel de riesgo</th> <th>Inflamabilidad</th> <th>Reactividad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4. Mortal</td> <td>4. Debajo de 25 °C</td> <td>4. Puede explotar súbitamente</td> </tr> <tr> <td>3. Muy peligroso</td> <td>3. Debajo de 37 °C</td> <td>3. Puede explotar al choque</td> </tr> <tr> <td>2. Peligroso</td> <td>2. Debajo de 93 °C</td> <td>2. Inestable al cambio químico</td> </tr> <tr> <td>1. Poco peligroso</td> <td>1. sobre 93 °C</td> <td>1. Inestable al cambio temperatura</td> </tr> <tr> <td>0. sin riesgo</td> <td>0. No se inflama</td> <td>0. Estable</td> </tr> </tbody> </table>	Nivel de riesgo	Inflamabilidad	Reactividad	4. Mortal	4. Debajo de 25 °C	4. Puede explotar súbitamente	3. Muy peligroso	3. Debajo de 37 °C	3. Puede explotar al choque	2. Peligroso	2. Debajo de 93 °C	2. Inestable al cambio químico	1. Poco peligroso	1. sobre 93 °C	1. Inestable al cambio temperatura	0. sin riesgo	0. No se inflama	0. Estable	<p>El recubrimiento de zinc aplicado al acero corrugado es un producto reciclable amigable al medioambiente, de igual modo el acero en sí. Por lo que su impacto al medioambiente es nulo.</p> <p>Para calentar el baño de galvanización, hoy en día se utiliza el gas natural y usan campanas de extracción de humos, para encapsular los humos y expulsarlos al ambiente, protegiendo al personal del CO2. En cuanto al agua residual, esa puede ser tratada e incorporarlas nuevamente al proceso, algunas plantas por su geografía, reutilizan el agua de lluvia. En conclusión, este proceso su impacto al ambiente es relativamente bajo.</p>	<p>positivo al medio ambiente. En comparación con el inhibidor de corrosión que su proceso químico, genera daño para salud de las personas y su vertido en fuentes de agua es perjudicial para el ambiente.</p> <p>Conclusión: En vista a lo expuesto, se concluye que el acero galvanizado es uno de los procesos más amigables para el ambiente por ser altamente reciclable los residuos que genera su proceso.</p>
Nivel de riesgo	Inflamabilidad	Reactividad																		
4. Mortal	4. Debajo de 25 °C	4. Puede explotar súbitamente																		
3. Muy peligroso	3. Debajo de 37 °C	3. Puede explotar al choque																		
2. Peligroso	2. Debajo de 93 °C	2. Inestable al cambio químico																		
1. Poco peligroso	1. sobre 93 °C	1. Inestable al cambio temperatura																		
0. sin riesgo	0. No se inflama	0. Estable																		
<p><u>Limitaciones:</u> Es indispensable su manipulación bajo ciertos protocolos de seguridad, como el uso de equipo de protección adecuado, uso de las hojas de seguridad, etc.</p>	<p><u>Limitaciones:</u> No presenta limitaciones, ya que el producto entregado no requiere de ninguna protección especial, más la que corresponden a su manipuleo y cuidado.</p>																			

Nota: Elaboración propia

Tabla 28

Ficha comercial.

<p><u>Tema:</u> Comercial</p>		
<p>Aplicación del Nitrito de Calcio</p>	<p>Aplicación del Acero Galvanizado</p>	<p>Comparativo</p>
<p><u>Nombre:</u> Sika ® CNI</p>	<p><u>Nombre:</u> Barra de acero al carbono corrugadas, recubiertas con una capa de zinc (galvanizadas)</p>	<p>Recurso disponible en el mercado: En ambos casos dichos productos son comerciales. En el caso del acero galvanizado toma un proceso de aplicación y cuidado. En cambio, el aditivo Sika® CNI es usado en el mismo lugar del</p>
<p><u>Descripción:</u></p>	<p><u>Descripción:</u> Una de las características de evitar la corrosión es el revestimiento de zinc que está determinada por el</p>	

<p>La dosis recomendada por la empresa fabricante del Sika® CNI va de 12.90 a 38.60 Kg por m³ de concreto, dependiendo de la concentración iones de cloruros. Ajustar el contenido de agua en relación a la cantidad de aditivo a dosificar.</p>	<p>espesor del revestimiento y la severidad de las condiciones de exposición. Por ello la importancia de controlar el espesor del recubrimiento.</p>	<p>proyecto bajo una dosificación controlada en el agua.</p>
<p><u>Mezclado:</u> Medir la cantidad necesaria de forma manual o automatizada. Añadir Sika® CNI al agua de amasado o directamente en el concreto premezclado al final de la mezcla. Cuando se utiliza en combinación con otros aditivos, se debe tener cuidado en añadir cada aditivo por separado dentro de la mezcla de concreto. Teniendo en cuenta el agua del Sika® CNI es necesario realizar un ajuste para mantener la relación agua/cemento. El agua debe ser ajustada mediante la reducción de 0,839 litros. de agua por litro de Sika® CNI.</p>	<p><u>Disponibilidad:</u> El proceso del galvanizado en caliente consiste en la inmersión de las barras corrugadas en un baño de zinc a una temperatura aprox de 450°C, logrando una aleación del zinc con el acero. La protección proporcionada por el recubrimiento de zinc es directamente proporcional a su espesor. Se recomienda en obra después del doblado de los aceros, proteger las partes con spray de zinc, además de usar los estribos galvanizados para evitar el proceso químico de diferencia de metales.</p>	<p><u>Costo de la implementación:</u> La aplicación de un recubrimiento de zinc al acero corrugado aumenta en un 33 %, recuperable con el tiempo, por no ser necesario su mantenimiento por décadas. Siendo más factible la aplicación del nitrito de calcio por su costo vs su rendimiento.</p> <p><u>Tiempo de implementación:</u> El tiempo de implementación de ambos componentes protectores de la corrosión, depende de la capacitación del personal y de la supervisión de un profesional titulado y colegiado.</p>
<p><u>Compatibilidad con otros aditivos:</u> Sika® CNI se puede utilizar con cementos Portland compatible con la ASTM, AASHTO. Se puede utilizar en combinación con otros aditivos Sika incluidos microsílíce, reductores de agua, superplastificantes, retardantes de fraguado, incorporadores de aire. Los aditivos tienen que ser añadidos por separado a la mezcla de concreto a fin de obtener los resultados requeridos. Sika® CNI puede reducir ligeramente el contenido de aire y una mayor dosis de incorporador de aire puede ser necesario.</p>	<p><u>Protección dúplex:</u> Es la combinación de dos sistemas distintos de protección, el galvanizado en sí sumado un revestimiento de pintura. Cuando el acero galvanizado hace contacto con el cemento fresco, se produce una reacción química que evoluciona gas hidrogeno, reduciendo la adherencia de las barras galvanizadas con el concreto. Estudios han determinado que este fenómeno se produce en superficies donde el hierro y el zinc están en contacto, pero no se producen en superficies de zinc puro. Por ello la importancia del espesor del recubrimiento y el recubrimiento es pasivado por otros medios, como las pinturas.</p>	<p><u>De fácil aplicación en obra:</u> El nitrito de calcio es más fácil de aplicar, aplicando una dosificación en el cambio de la proporción del agua y su fácil transporte. El acero galvanizado depende del proceso del galvanizado para colocarlo en la obra y empezar a armar los componentes estructurales correspondiente, teniendo cuidado de no dañar el recubrimiento o aplicando un spray de zinc puro para proteger las zonas focalizadas que sufrieron un desprendimiento de esta capa protectora.</p>
<p><u>Limitaciones:</u> Sika® CNI puede acelerar el tiempo de fraguado del concreto. Con el fin de evitar la pérdida de manejabilidad y dificultad en dar el acabado, puede ser necesario el uso de un aditivo retardante, sobre todo en zonas de clima cálido.</p> <p>Precauciones sobre su manipulación: Puede causar irritación de los ojos y de la piel, enrojecimiento y dolor en el</p>	<p><u>Limitaciones:</u> Una de las limitaciones sería la parte económica, ya que el aplicar un revestimiento adicional de pintura genera un costo extra, aumentando el presupuesto de la edificación, que es recuperable con el tiempo por lo que no requiere de mantenimiento por décadas.</p>	<p><u>Beneficios sociales:</u> Uno de los beneficios sociales de ambos productos, refiere a la edificación duradera, permitiendo costos de mantenimiento bajos y por tiempos muy remotos.</p> <p><u>Impacto Ambiental:</u> El zinc y el acero, siendo los materiales principales empleados en el proceso del galvanizado, son metales 100% reciclables sin perder ningún</p>



“Uso del inhibidor de nitrito de calcio y/o uso del acero galvanizado para evitar la corrosión del acero concreto armado”

<p>sitio de contacto. La ingestión puede causar irritación, náuseas, vómitos, respiración lenta, colapso y coma. Pequeñas dosis repetidas pueden provocar una caída en la presión, pulso rápido, dolor de cabeza y alteraciones visuales.</p>	<p>Otra limitación es el tiempo que se toma la planta galvanizadora en entregar el producto y del cuidado que debe tener para llegar al proyecto. Además, hay que tener en cuenta que durante el doblado hay que proteger las partes que han sufrido desprendimiento de la capa de zinc con un spray de zinc puro.</p>	<p>químico o propiedad física, generando un impacto positivo al medio ambiente. En cambio el Nitrito de Calcio es un oxidante inorgánico y venenoso, que reacciona al mezclarlo con orgánica de amonio sal, ácido o cianuro. La temperatura no debe ser superior a 220°C, este se reducirá y se descomponen en óxido nitroso, por lo expuesto genera un impacto negativo al medio ambiente.</p>
---	--	---

Nota: Elaboración propia

Matriz de selección de alternativas

Después de comparar los resultados descriptivos obtenidos tras llevar a cabo alternativas de análisis distintos de aplicación y con el objetivo de combatir o prolongar el inicio del fenómeno natural de la corrosión; por ello su importancia en dedicar el tiempo necesario al diseño de criterios o sub-criterios de evaluación y selección.

Sánchez (2011) menciona que para la realización del análisis TOWS; mientras con más claridad y precisión exista en ello mejores resultados se obtendrá, analizando cada elemento en un arreglo matricial mediante el cual se realiza el análisis para el diseño de las estrategias, propondremos el mejor método de uso, aplicando para ello, la metodología denominado análisis multicriterio.

Tabla 29

Tabla de categorías

Valor	Categoría	Descripción
3	Bueno	Completamente factible su uso
2	Regular	Parcialmente factible su uso
1	Malo	No es factible su aplicación

Nota: elaboración propia

Tabla 30

Tabla de alternativas

Matriz de Selección de alternativas		
Criterios	Alternativas	
	Utilización del Nitrito de Calcio	Utilización del Acero Galvanizado
A. Recurso disponible en el mercado	Bueno	Regular



“Uso del inhibidor de nitrito de calcio y/o uso del acero galvanizado para evitar la corrosión del acero concreto armado”

B. Costo de la implementación	Bueno	Regular
C. Tiempo de implementación	Regular	Malo
D. De fácil aplicación en obra	Bueno	Regular
E. Beneficios Sociales	Bueno	Bueno
F. Impacto Ambiental	Malo	Bueno
Valor:	15	13

Nota: elaboración propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

Limitaciones:

En la elaboración de la presente investigación sobre el uso del nitrito de calcio y/ acero galvanizado para evitar la corrosión de acero del concreto armado, se encontraron las siguientes limitaciones:

La coyuntura actual por la que pasa el mundo, en relación a la pandemia causada por el virus del Covid-19, obligo a los gobiernos a establecer cuarentenas, motivo por el cual la enseñanza educativa en todos sus niveles tuvo que adaptarse a la enseñanza virtual, lo que conllevó a las siguientes limitaciones para la realización de la presente tesis:

- El cierre de las instalaciones de la Universidad Privada del Norte, nos impidió el uso de laboratorio, por lo cual se optó por la elaboración de una tesis basada en el análisis documental de estudios científicos.
- Al no poder realizar una inspección de las estructuras de la ciudad de Cajamarca, no se pudo establecer la realidad local en cuanto al tema de la corrosión del acero del concreto armado.
- Otra de las grandes limitantes para establecer la realidad problemática sobre el tema de la corrosión en el territorio peruano, fue la falta de información del aspecto económico sobre el tema de corrosión por parte del gobierno peruano, ya que no se pudo encontrar cifras oficiales de las pérdidas económicas que genera la corrosión en el Perú.

Discusión-Interpretación comparativa

De acuerdo a las tablas 24,25,26, 27 y 28 de criterios analizados la presente discusión busca comparar nuestros resultados con la bibliografía escogida para la presente tesis. En cuanto a la parte económica concordamos con los estudios realizados por que establece dosis mínima de 12 L/m³ en el amasado resultado cercano a los 12.9 propuestos como en la tabla de aspectos económicos de la presente obra, sin embargo, es importante mencionar en este ítem los resultados de Salas (2003) llega a la conclusión que el uso del nitrito de calcio puede llegar a incrementar hasta en 100% los costos, pero con la ventaja de evitar los gastos posteriores de mantenimiento y reparación, sobre costos específicos cabe resaltar que no se obtuvieron resultados en las investigaciones consultadas. Sobre el tema de la seguridad y el cuidado ambiental nuestros resultados basados en la ficha técnica del producto Sika ® CNI, concuerdan con (Nitrito de calcio, 2020) que da información sobre el nitrito de calcio considerándolo un producto oxidante orgánico venenoso, que no debe ser expuesto al calor extremo ya que a los 220° C se descompone en un gas alucinógeno (óxido nitroso), además de dar recomendaciones sobre su transporte y almacenamiento en lugares ventilados y secos. En la tabla ambiental establece como un beneficio social la durabilidad de las edificaciones al usar ya sea nitrito de calcio o acero galvanizado, lo que concuerda con los resultados probabilísticos obtenidos por Hidalgo (2016) y Amaya, Cornejo y Rigail (2016) que a través del uso de un software establecen un retraso en el proceso de corrosión del acero embebido, en por lo menos 14.5 años al usar el nitrito de calcio. Así, Cerdán (2018) nos menciona en su estudio, que el uso del acero galvanizado, es factible en prolongar la durabilidad de nuestra estructura en climas severos y que las propiedades mecánicas

del acero no varían, pero el proceso de galvanización está expuesto a un fenómeno de fragilidad durante su galvanización. (...) Por lo que se debe solicitar una prueba de fragilidad, según la Norma ASTM 143/143M (Práctica para la protección contra la fragilidad de productos de acero galvanizado en caliente y procedimientos para detectar la fragilidad). Además, que el costo de dicho recubrimiento metálico se eleva en promedio 54.04%, al del acero corrugado normal, no siendo factible bajo nuestras condiciones de factibilidad.

En cuanto al tema comercial no se encontraron resultados comparativos acerca de la disponibilidad en el mercado, costos de implementación, en lo referente a su aplicación, la ficha técnica de Sika ® CNI, establece que se trata de un aditivo líquido que se agrega directamente al amasado del concreto, información que concuerda con Velarde y Fosca (1992) que establecen que la dosis de nitrito de calcio para el amasado al igual que todas las fuentes consultadas.

Sobre el uso del nitrito de calcio

A partir de los hallazgos encontrados aceptamos hipótesis propuesta por Durán, Canul, Dávila, López y Valdez (2020), acerca del cemento tipo V usado en la preparación de la mezcla, ya que se trata de un cemento resistente a los sulfatos, sobre la relación agua cemento es importante resaltar la concordancia de estudios como los de Montes, López y Bremner (2009) que establecen una relación $w/c = 0.40$ para el análisis de la efectividad del nitrito de calcio en concreto agrietado y contaminado por cloruros obteniendo buenos resultados tanto en concreto agrietado y no agrietado. En el estudio de Montes, Jimenez y Chacón (2012) los autores llegan a la conclusión que una relación w/c menor a 0.45 disminuye la corrosión cuando se usa nitrito de

calcio acompañado de ceniza volantes, sin embargo Canul (2017) advierte que aunque una relación w/c de 0.4 o menos son considerados concretos de alto desempeño se debe tener en cuenta que al tener una matriz densa y de baja permeabilidad los CAD son susceptibles a sufrir contracciones por causa de la hidratación del cemento lo que podría originar el agrietamiento del mismo a temprana edad, en consecuencia es necesario tener claro que una baja relación de agua - cemento no necesariamente garantiza la durabilidad de la estructura.

Sobre la dosificación del nitrito de calcio, en la investigación de Salas (2003) se establecen dosificaciones que van desde 10 L/m³ hasta 30 L/m³, según los resultados obtenidos se observa una curva ascendente en la resistencia a la compresión de acuerdo a mayor dosificación del nitrito de calcio, por lo cual se establece que al usar 30 L/m³ se logra la mayor resistencia a la compresión del concreto armado. Reforzando la teoría de que a mayor dosificación de nitrito de calcio es mejor el desempeño del concreto. Así, los autores López, Montes, Porras y Bremner (2014) en su investigación emplean el nitrito de calcio en 0, 12.5 y 25 L/m³, obteniendo la menor extensión de acero atacado por la corrosión con la dosificación de 25 L/m³, seguido por los 25 L/m³ en concreto de probetas después de 9 años de exposición marina, otro estudio que hace referencia sobre el caso de la dosificación del nitrito de calcio es el de Fosca y Velarde (1992) donde concluyen que “Se ha comprobado que la cantidad de nitrito de calcio a añadir a las muestras para obtener rangos de potencial por debajo de los límites de la corrosión debe ser por lo menos el doble de la cantidad de cloruros que presenta dicha mezcla” (p.44), por consiguiente se establece que a mayor dosificación de nitrito de calcio se observa un mejor

comportamiento en cuanto a la resistencia a la compresión y mejor respuesta a la prevención de la corrosión del acero de refuerzo del concreto armado.

Sobre el uso de aditivos que ayuden a mejorar el desempeño del nitrito de calcio es importante tener en cuenta que según lo estudiado el uso del nitrito de calcio acelera los tiempos de fraguado, originando cambios volumétricos en edades tempranas, además de alterar la trabajabilidad de la mezcla, Uno de los resultados obtenido sobre el caso del cambio volumétrico temprano es el que realizan Durán, Canul, Dávila, López y Valdez (2020) en el cual para controlar la retracción autógena del concreto originado por el uso del nitrito de calcio emplean un Polímero Super Absorbente (SAP), en dicho trabajo concluyen que el uso de nitrito de calcio + SAP mejora la retracción autógena y la resistividad eléctrica superficial, concordando con estos resultados la investigación de Canul (2017) concluye que el uso de nitrito de calcio en conjunto con un aditivo reductor por contracción (SRA) mejorara las propiedades mecánicas del concreto, estabiliza las contracciones volumétricas y mejora la durabilidad de concreto de alto desempeño con humo de sílice, en consecuencia dicha combinación mitiga efectivamente el efecto de aceleración del fraguado que caracteriza al nitrito de calcio, al respecto Gaidis (2004) en su investigación sobre los antecedentes y propiedades del uso del nitrito de calcio recomienda el uso de aditivos retardadores para corregir el acelerado del fraguado originado por el nitrito de calcio en el concreto.

En el desempeño que tiene el nitrito de calcio frente a otros aditivos inhibidores de corrosión, el análisis documental, dejó claro que cumple con su cometido de retrasar el inicio de la corrosión en el acero del concreto armado, sobre la comparación del nitrito de calcio con el microsílíce, se obtuvieron 3 estudios

Carvajal, Venegas, Vera y Guzmán (2008); María (2005) y Venegas, Vera, Carvajal, Villarroel, y Rojas (2008) en donde destaca las cualidades del nitrito de calcio sobre el microsilice en la investigación de Venegas et al, confirman la efectividad del nitrito de calcio como inhibidor de corrosión en ambientes altamente agresivos, mientras que el microsilice no garantiza una buena protección para el acero, incluso es capaz de aumentar el riesgo de corrosión, ya que incorpora rápidamente iones negativos a la mezcla. en la investigación de Østnor y Justnes (2011) que compara el efecto de 3 inhibidores anódicos : nitrato de calcio, nitrito de calcio(CNI) y nitrato de potasio en probetas de concreto armado en zonas de mareas marinas, otras expuestas al aire libre por 4 años, llegando a la conclusión que tanto el nitrato de calcio y el nitrito de calcio destacan sobre el nitrato de potasio, sin embargo, se hace referencia que el nitrato de calcio seria una mejor opción frente al nitrito de calcio por ser menos dañino, estar disponible en grandes cantidades y ser más barato que el nitrito de calcio, en la realidad de Trondheim, Noruega.

Sobre el uso del acero galvanizado

El mercado nacional de la construcción utiliza como elemento estructural la barra corrugada de acero para concreto reforzado, la cual debe cumplir con los requerimientos de la norma ASTM A615 de grado 60, es decir soporta una resistencia de fluencia nominal de 4200 kg/cm². Al combinarlo con el concreto adoptan cierta característica que ayudan a la estabilidad y durabilidad de la edificación. Dependiendo de las condiciones de exposición a las que pueda estar sometidas dichas estructuras, penetran los iones de cloruros, constituyendo una de las causas fundamentales en el deterioro de las estructuras que generan repercusiones a nivel

económico, de seguridad y de conservación de materiales. Motivo por el cual han surgidos estudios de este fenómeno químico o reacciones de reducción-oxidación (electroquímico) para poder contrarrestarlo o controlarlo por un determinado tiempo. Esto ha llevado a desarrollar métodos para el control de la corrosión, como son los inhibidores, recubrimientos orgánicos, recubrimientos metálicos y no metálicos, protección anódica y catódica, ánodos de sacrificio, corriente impresa, entre otros.

En esta tesis de estudio se han considerado en analizar el uso del inhibidor de Nitrito de Calcio y el empleo del recubrimiento metálico de zinc (galvanizado) como controladores de la corrosión, por ser los más usados a nivel internacional.

Así, “Construcción en Acero”, hace referencia a la composición química del acero es compleja, siendo la base el hierro y el carbono la cual generalmente no supera el 1%, teniendo además otros elementos necesarios para la producción como silicio y manganeso; y hay otros considerados como impurezas, como el azufre, fosforo, oxígeno e hidrógeno. Este artículo menciona los diferentes tipos de acero basados en el porcentaje de carbono: el acero dulce de 0,267% de carbono con una resistencia mecánica de 48-55 kg/mm² y una dureza de 135-160 HB, el acero semidulce de 0,35% de carbono con una resistencia mecánica de 55-62 kg/mm² y una dureza de 150-170 HB, el acero semiduro de 0,45% con una resistencia mecánica de 62-70 kg/mm² y una dureza de 180 HB y el acero duro con 0,55% de carbono con una resistencia mecánica de 70-75 kg/mm² y una dureza de 200-220 HB.

Comparándola con el estudio en la revista del “Instituto de investigación de la facultad de Geología, Minas, Metalurgia y ciencias Geográficas” (vol. II-Nº.04, 1999), donde analizó la composición química del acero al carbón sometida a la norma

ASTM A615 Grado 60 (la norma no especifica el tipo de acero), considerándola como un acero dulce:

Tabla 31

Composición química acero ASTM A615 Grado 60

Elemento	% máximo
Carbón (C)	0.33
Fosforo (P)	0.043
Manganeso (Mn)	1,56
Silicio (Si)	0.55

Nota: Límites máximos de la composición química de un acero que cumpla con la noma ASTM A615 Grado 60.

Herrera, Torres, Martínez, Pérez y Lomelí (2018) nos menciona que no todos los tipos de aceros son factibles para el proceso de galvanizado, recomendando el uso de la norma ASTM A385 sobre la composición del acero para galvanizar. El estudio proporciona la composición química de los tipos de aceros no factibles para el proceso de galvanizado.

Tabla 32

Elementos aleantes del acero que afectan la estructura del galvanizado

Elemento	% recomendado
Carbón (C)	< 0.25
Fosforo (P)	<0.04
Manganeso (Mn)	<1,3
Silicio (Si)	< 0.04 (también 0.15<%<0.22)

Nota: Porcentajes recomendados para el proceso del galvanizado

El Silice y el fosforo o un efecto combinado de ambos elementos pueden ocasionar que el recubrimiento de zinc sea frágil y no adherente. Un recubrimiento con acabado mate es muestra de una capa que no brinda protección ante la corrosión.

Otro factor discutible se refiere cuando el recubrimiento de zinc se pone en contacto con el cemento fresco, donde en los primeros minutos se pierde parte de la capa eta. Por ello la importancia del espesor del recubrimiento o capa exterior de Zinc lo suficientemente gruesa, al cesar las reacciones la superficie queda pasiva. Si la capa externa no tiene el espesor suficiente y el consumo de recubrimiento alcanza las capas intermedias de Fe-Zn, se presenta la evolución de hidrógeno. Esta reacción es indeseable para el acero embebido en concreto, ya que el hidrógeno gaseoso queda atrapado en la interface cemento/varilla galvanizada, lo cual disminuye la adherencia entre el refuerzo y el concreto.

Para mejora el desempeño del refuerzo galvanizado el estudio lo logra gracias al empleo de un inhibidor de corrosión (comercializado actualmente para acero de refuerzo al carbón – Rheocrete 222+Master Builders BASF)), que reduciría el desprendimiento de hidrógeno generado por el zinc en medios alcalinos. De esta manera elimina la generación de hidrogeno, que a su vez producir una fragilización del acero, lo que generaría una disminución de la resistencia de la estructura. La adición de este inhibidor es de 5L/m³ (equivalente a 9.4 ml del inhibidor por 1Lde solución).

Implicancias

Implicancia practica

Siendo el fenómeno de la corrosión del acero del concreto armado una de las principales debilidades en cuanto a la durabilidad de las estructuras, principalmente de las que se encuentran expuestas al ataque de cloruros por estar en zonas costeras, o por contaminación atmosférica como es el caso de la carbonatación, la implicancia del presente análisis y la consecuente propuesta de un método de empleo tanto del nitrito de calcio como del acero galvanizado, servirá como una guía práctica a tomar en cuenta por parte de los profesionales dedicados a temas constructivos.

Implicancia teórica.

La presente revisión, selección, análisis y propuesta en temas de corrosión, tiene como objetivo teórico ampliar el conocimiento sobre el tema de estudio, para ello se ha seleccionado trabajos que aporten al conocimiento sobre el fenómeno degradante del acero embebido en concreto, con el fin de ser un documento de consulta eficiente en la búsqueda de antecedentes que ayuden a formular posibles hipótesis que conlleven al entendimiento y solución de la corrosión del acero del concreto armado.

Conclusiones

En esta tesis se determinó en base a la investigación científica revisada, que el uso del inhibidor de nitrito de calcio es efectivo en evitar la corrosión del concreto

armado, sin embargo, se debe tener en cuenta factores como el tiempo de fraguado y las retracciones volumétricas que este genera, en cuanto al uso del acero galvanizado se evidencio a través del análisis de las fuentes secundarias que es efectivo en la labor de evitar la corrosión acero del concreto armado, para ello es necesario tener en cuenta factores como la selección de un acero adecuado, tomar en cuenta la generación de hidrogeno en medios alcalinos y la generación de gas de hidrogeno en el curado del concreto.

La presente tesis analizo el proceso y resultados del uso de nitrito de calcio y determino que el **uso del nitrito de calcio cumple con la labor de proteger contra la corrosión** al acero embebido en concreto, según las investigaciones estudiadas, en las cuales se pudo observar que el inhibidor de corrosión en base a nitrito de calcio mejoro el potencial de corrosión reduciendo la probabilidad de corrosión en el acero del concreto armado donde a mayor dosificación de Nitrito de calcio en el concreto mejores resultados se obtendrán, otro factor relevante es la mayor resistividad eléctrica que genera del nitrito de calcio en el concreto cuyos valores de resistividad eléctrica demuestran el nivel muy bajo de migración de iones en la mezclas estudiadas, en cuanto al tema de tiempo de fraguado, se determinó que la calidad de acelerante de fraguado del nitrito de calcio no es muy marcada, sin embargo, merece atención por los posibles cambios volumétricos que podría generar como la retracción autógena y por secado en los ensayos elaborados por las fuentes secundarias estudiadas evidencian que el uso de nitrito de calcio incrementa considerablemente la retracción autógena y por secado por lo que se recomienda el uso de aditivos super plastificantes o reductores de contracción que ayudaran a controlar dichas retracciones y evitar las posibles micro fisuraciones del concreto,

sobre su influencia en la capacidad de resistencia a la compresión del concreto queda demostrado que el uso del nitrito de calcio mejora esta capacidad desde edades tempranas donde la diferencia es más marcada la cual decae con el tiempo pero siempre por sobre la mezclas de referencia, por último es importante mencionar la importancia de la relación agua cemento, ya que a menor relación a/c menor porosidad del concreto y menor probabilidad de entrada de cloruros.

El análisis del proceso y resultados de los estudios, también concluye que el **uso del acero galvanizado cumple con la labor de proteger contra la corrosión** al concreto armado, su uso es más factible para zonas extremadamente contaminadas de agentes agresivos, donde el acero de refuerzo del concreto armado sufre patologías referentes a la corrosión, afectando seriamente la durabilidad de nuestra estructura; por ellos es necesario considerar 03 factores relevante al seleccionar el uso de este recubrimiento en el acero de refuerzo:

- El primero de ellos es el de seleccionar el acero adecuado, que cumpla con la norma ASTM A615 Grado 60, donde el contenido de carbono no supere el 0.33%, ya que estudios han determinado que no todos los aceros son factibles para la aplicación de este protector metálico y se base fundamentalmente en su composición química.
- Otro de los factores relevantes del uso del acero galvanizado en nuestras estructuras, se da en reducir el desprendimiento de hidrógeno generado por el zinc en medios alcalinos, efecto que se da durante el proceso del curado del concreto. Siendo una de las opciones para contrarrestar la generación de hidrogeno y por ende el desprendimiento de la capa de zinc, es el de controlar el espesor adecuado del recubrimiento de la capa metálica, ya que este proceso

se da durante las primeras horas de fraguado y se detiene al endurecer el concreto.

- Y por último para evitar el efecto del gas hidrogeno durante el curado del concreto, la norma ASTM A767 indica que después de galvanizar el acero se debe dar un baño con cromato. La AGA (American Galvanizers Association, 2011) según estudios de laboratorio, recomiendan colocar un recubrimiento adicional a la capa de zinc, como son los inhibidores, con el fin de proteger el recubrimiento durante el proceso de curado, ya que se elimina este proceso al momento de endurecer el concreto. La AGA (2015) ha diseñado un sistema dúplex, que consiste en aplicar el procedimiento bajo los controles respectivos del recubrimiento de zinc (galvanizado) y sumado a una pintura protectora para contrarrestar la reacción química de la evolución del gas hidrogeno que precipita y al final pasiva la superficie de zinc.

Basado en la evaluación del desempeño y desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y comercial; que sea factible a nuestra realidad problemática nacional, y como resultado de la matriz de selección de alternativas, concluimos que en el tema del fenómeno degradante del acero en el concreto armado como es la corrosión, **el inhibidor de corrosión en base a nitrito de calcio, es el producto que mejor se adecua para resolver el problema de corrosividad**, por los siguientes criterios:

Criterio técnico:

El aditivo inhibidor de corrosión en base a nitrito de calcio Sika® CNI es el más adecuado debido a la disponibilidad del producto, es fácil de usar, además que su dosificación se aplica en la misma mezcla. En cambio, el acero tiene que ser

llevado a una planta galvanizadora, tomar un procedimiento riguroso de inmersión en caliente y del cuidado para ser llevado a la obra, con el fin de no retirar el recubrimiento durante el proceso de la construcción del elemento estructural.

Criterio Económico:

El análisis económico concluye que la opción más económica es el uso del aditivo a base de nitrito de calcio Sika ® CNI, que representa un incremento de 11% en la construcción de las estructuras examinadas, frente a la alternativa del acero galvanizado cuyo uso genera un incremento del orden de 33 % de las estructuras de referencia de la presente tesis.

Criterio Ambiental:

En vista a lo expuesto, se concluye que el acero galvanizado es uno de los procesos más amigables para el ambiente por ser altamente reciclable los residuos que genera su proceso frente al uso del inhibidor de corrosión que presenta un nivel para la salud de nivel 3 (muy peligroso), nivel 1 de inflamabilidad, mayor de 93°C, es peligroso si es vertido en fuentes de agua. No es reactivo ni presenta un riesgo específico. (Anexo N°3)

Criterio Comercial:

En ambos casos dichos productos son comerciales. En el caso del acero galvanizado toma un proceso de aplicación y cuidado. En cambio, el aditivo Sika® CNI es usado en el mismo lugar del proyecto bajo una dosificación controlada en el agua o directamente en la mezcla.



“Uso del inhibidor de nitrito de calcio y/o uso del acero galvanizado para evitar la corrosión del acero concreto armado”

Basado en la evaluación del desempeño, rendimiento y desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y comercial; que sea factible a nuestra realidad problemática nacional, y como resultado de la matriz de selección de alternativas, concluimos que en el tema del fenómeno degradante del acero en el concreto armado como es la corrosión, el inhibidor de corrosión en base a nitrito de calcio, es el producto que mejor se adecua para resolver el problema de corrosividad, por su facilidad de uso, la disponibilidad en el mercado, el beneficio social que genera y del cuidado del medio ambiente.

REFERENCIAS

- Amaya, J.L., Cornejo, M., y Rigail-Cedeno, A. (2016). *Análisis del costo del ciclo de vida de inhibidores de corrosión para la protección*. [Archivo PDF].
- Al Zubaidy, E. A., y Tamimi, A. A. (2012). Reduction of Corrosion Process in Steel Bars Using Inhibitors. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 7(1). 6472 - 6488.
- Al-Amoudi, O. S., Maslehuddin, M., Lashari, A. N., y Almusallam, A. A. (2003). Effectiveness of corrosion inhibitors in contaminated concrete. *Cement & Concrete Composites*.25(1). 439–449.
- Al-Mehthel, M., Al-Dulaijan, S., Al-Idi, S. H., Shameem, M., Ali, M. R., & Maslehuddin, M. (2009). Performance of generic and proprietary corrosion inhibitors in chloride-contaminated silica fume cement concrete. *Construction and Building Materials*, 1768-1774.
- Ann, K. Y., JH , A., y JS , R. (2009). The importance of chloride content at the concrete surface in assesing the time to corrosion of steel in concrete structures. *Construction and Building Materials*, 23(1), 239-245.
- Ann, K. Y., Jung, H. S., Kim, H. S., Kim, S. S., y Moon, H. Y. (2006). Effect of calcium nitrite-based corrosion inhibitor in preventing. *Cement and Concrete Research*, 530 – 535.
- Arroyave, C. (2010) *El impacto de la corrosión en la economía de los países latinoamericanos*, Bogotá, Universidad Antonio Nariño,[Diapositiva de Powerpoint]. <http://www.icz.org.br/upfiles/arquivos/apresentacoes/latingalva-2010-carlos-arroyave-universidad-antonio-narino.pdf>
- Batis, G., y Sideris, K. K. (2002). Influence of calcium nitrite inhibitor on the corrosion of steel reinforcement due to carbonation. *Innovations and Developments in Concrete*

Materials and Construction: Proceedings of the International Conference Held at the University of Dundee, Scotland, UK on 9-11 September 2002, 367-401.

- Carvajal, A.M., Venegas, R., Vera, R. y Guzman, F (2008). Estudios de aditivos inhibidores de la corrosión para estructuras de hormigón armado. Análisis Cualitativo y cuantitativo de penetración de cloruros. *Revista de la construcción.* 7(2). 84-92.
- Carvajal, A y Guzman, F. (2005). Estudio de Aditivos Inhibidores de Corrosión para Estructuras de Hormigón Armado. Análisis de Potencial de Corrosión. *Revista de la Construcción.* 4(2). 25-29.
- Canul Polanco, J. A. (2017). *Uso de aditivos químicos para mejorar la durabilidad de concretos de alto desempeño con humo de sílice.* [Tesis de maestría, Universidad Avtonoma D Nvevo Leon]. <http://eprints.uanl.mx/14376/1/1080245237.pdf>
- Castañeda-Valdéz, A., & Rodriguez-Rodriguez, M. (2014). Las pérdidas económicas causadas por el fenómeno de la corrosión atmosférica del acero de refuerzo embebido en el hormigón armado. *Revista CENIC. Ciencias Químicas,* 45, 52-59.
- Carrillo, J., Cardenas Pulido, J., & Aperador, W. (2017). Propiedades mecánicas a flexión del concreto reforzado con fibras de acero bajo ambientes corrosivos. *Revista ingeniería de construcción,* 32(2), 59-72. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732017000200005>
- Calleja, J. y Andrade, M. (1973). Prevención de la corrosión de Armaduras en el gormigpon mediante aditivos inhibidores. *Materiales de Construcción,* 23(1), 175-190.
- Cerdán Chavez, B. G. (2018). *Influencia del galvanizado en caliente, en las propiedades mecánicas del acero de la barra corrugada, norma astm a-615, grado 60, para*

prevenir la corrosión en las estructuras de concreto armado. [Tesis para obtener el título profesional, Universidad Privada del Norte].

Chocca, C. (2016.). *Retracción autógena en microhormigones de alto empeño.* [Tesis de maestría. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo].

Del Valle Moreno, A., Pérez Lopez, T., & Martínez Madrid, M. (2001). El fenómeno de la corrosión en estructuras de concreto reforzado. *Publicación técnica*, (182). 1-3

Durán Herrera, A., Canul Polanco, J. A., Dávila Pompermayer, R., López Yépez, L. G., y Valdez Tamez, P. (2020). Efecto sinérgico de un polímero súper-absorbente y un aditivo inhibidor de la corrosión base nitrito de calcio en la durabilidad del concreto de alto desempeño. *Revista ALCONPAT*, 1(1) 206-218. <https://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/450>

Figueria, R.M., Pereira, E.V., Silva, C.J.R. Y Salta, M.M. (2013). "Corrosion protection of hot dip galvanized steel in mortar". *Portugaliae electrochimica acta*. 31(5), 277-287.

Fosca P, C., & Velarde Ch., A. (1992). Estudio de la influencia del nitrito de calcio como agente inhibidor de la corrosión. *Revista De Química*, 1(1), 29-46.

Giani, R., Navarrete, B., & Bustos, J. (2008). La retracción autógena y su relación con la tendencia a la fisuración a temprana edad en pavimentos de hormigón. *Revista de la Construcción*, 7(2), 62-71.

González Fernández, J. A., y Miranda Vidales, J. M. (2007). *Corrosión en las estructuras de hormigón armado: fundamentos, medida, diagnosis y prevención.* Madrid, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Hidalgo Parra, F. J. (2016). *Inhibidores de corrosion y su impacto sobre la durabilidad en las estructuras de hormingon armado.* Samborondón - Ecuador: Universidad

- Espíritu Santo. <https://www.digitaliapublishing.com/a/13316/corrosion-en-las-estructuras-de-hormigon-armado--fundamentos--medida--diagnosis-y-prevencion>
- Hernández-Castañeda, O. y Mendoza-Escobedo,, C. (2006). Durabilidad e infraestructura: retos e impacto socioeconómico. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 8(1),57-60.
- Javaherdashti, R. (2008). *Microbiologically Influenced Corrosion - An Engineering Insight*. London: Springer. doi:10.1007/978-1-84800-074-2.
- López,H., Montes,P. , Porras, J. y Bremmer, T. (2009). Eficacia de inhibidores de nitrito de calcio (CNI) en concreto agrietado. *Revista Ingeniería de Construcción*. 1(1). 233-244.
- López Calvo, H., Montes Garcia, P. y Bremner, T. (2014). Estrategias para Mejorar la Durabilidad del Concreto Reforzado Ante un Medio. *Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Academicos 2014, Universidad Tecnologica del Suroeste de Guanajuato,1* (1), 205-215.
- Marchena Córdova, J. F. (2017). Estructuras de concreto y corrosión del acero corrugado en la IE Niño Jesús de Praga distrito de SMP 2017.
- Mcmillan, J y Schumacher, S. (2005). Investigación Educativa. *Modalidad de Investigación*, 5(1).
- Moreno, E. I., Cob Sarabia, E., y Serrato Ixtapan, D. (2006). Barras de acero galvanizado: una opción contra la corrosión inducida por la carbonatación. *Red Ingeniería Revista Académica*, 1(1). <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upnortesp/detail.action?docID=3168306>.
- Ngala, V. T., Page, C. L., & Page, M. M. (2002). Corrosion inhibitor systems for remedial treatment of reinforced concrete. Part 1: calcium nitrite. *Corrosion Science*, 2073-2087.

- Østnor, T., & Justnes, H. (22 de noviembre del 2013). *Anodic corrosion inhibitors against chloride induced corrosion of concrete rebars*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1179/1743676110Y.0000000017>
- Pacheco, J. (15 de octubre de 2015). *webyempresas.com*. <https://www.webyempresas.com/metodo-comparativo/>.
- Salas Sepúlveda, J. E. (2003). *Comportamiento del hormigón con inhibidor de corrosión en el amasado* [Tesis Pregrado, Universidad Austral De Chile, Valdivia]
- Salazar Jiménez, J. A. (2015). Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica). *Tecnología en Marcha*. 28 (1).1-10.
- Saura Gómez, P. (2011). *Inhibidores en el inicio y propagación del proceso de corrosión de las armaduras en el hormigón armado*. [Tesis Doctoral, Universidad de Alicante].
- Sideris, K. K., y Savva, A. E. (2005). Durability of mixtures containing calcium nitrite based corrosion inhibitor. *Cement and Concrete Composites*, 277-287.
- Solís Carcaño, R.G., Moreno, E.I., Castro Borges, P. (2005). Durabilidad en la estructura de concreto de vivienda en zona costera Ingeniería. *Revista Académica Ingeniería*. 9(1), 13-18.
- Torres López, Á. (2017). *Evaluación en el transporte de cloruros en hormigón*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Cartagena].

ANEXOS

ANEXO N°1. Cotización del concesionario Sika® en la ciudad de Cajamarca, solicitando el precio del Nitrato de Calcio (Sika CNI).



COTIZACION: N° 001
Fecha: 21/10/2021

CAXA REPRESENTACIONES SAC
Av. Vía de Evitamiento Norte 2588
Tel. 076 366329 - 933692839

Empresa: VIRGEN DE FATIMA

ITEM	PRODUCTO	PRESENTACIÓN	CANT.	PVP	TOTAL
1	Sika CNI	Cilindro	30	S/. 1,815.00	S/. 54,450.00
2					
TOTAL					S/. 54,450.00

Nota: Los precios Incluyen IGV
CTA CTE BCP SOLES: 245-1862345-0-11

Condiciones de Pago: **CONTADO**
Condiciones de Entrega: 4 Semanas + 3 Días Transporte Logístico

Cotización Valida por 20 Días

Daniel Sanchez Villaran
Gerente Comercial
CAXA REPRESENTACIONES SAC

ANEXO N°2. Hoja Técnica de Datos del Producto.

CONSTRUYENDO CONFIANZA



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Sika® CNI

ADITIVO INHIBIDOR DE CORROSIÓN

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® CNI es un aditivo inhibidor de corrosión del acero de refuerzo del concreto, en base a nitrito de Calcio. Sika® CNI contiene mínimo un 30% de nitrito de calcio en peso y está formulado, para cumplir la Norma ASTM C- 494 Tipo C aditivos acelerantes.

USOS

- Sika® CNI se recomienda para proteger el acero de refuerzo en concretos convencionales, así como para concretos pre-tensados o post-tensados que serán expuestos a cloruros de los entornos marinos o sales de deshielo.
- Sika® CNI extenderá la vida útil de las estructuras de manera efectiva por la inhibición de la corrosión, en áreas tales como parqueaderos, cubiertas, losas de puentes, estructuras marinas y muchas otras estructuras expuestas a ambientes muy agresivos.
- Sika® CNI también puede ser utilizado en elementos de concreto donde se añaden cloruros inicialmente a la mezcla de concreto, ej: arenas de playa, aditivos u otro material que compone la mezcla.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- En la alta alcalinidad del concreto, en el acero se acumula una capa de pasivación natural. Esta capa protege al acero de la corrosión. Esta capa pasivadora de óxido de hierro, sin embargo puede ser dañada por la presencia de cloruros y combinada con la presencia de la humedad y el oxígeno producirán la corrosión del acero.
- Sika® CNI ayudará a oxidar el acero para formar óxido de hierro, que resiste el ataque del cloruro. Esto reduce las zonas de iones ferrosos que son susceptibles al ataque de cloruros. El óxido ferroso crea un complejo de óxido de hierro (herrumbre), en caso de ataque por cloruros.
- Sika® CNI fortalece la capa del óxido férrico pasivante antes de la penetración de cloruros. Los iones nitrito del Sika® CNI convertirá el óxido ferroso a óxido de hierro más resistentes, protegiendo así el acero refuerzo de la corrosión.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	Cilindro x 200 L
Apariencia / Color	Líquido amarillo claro
Vida Útil	2 años
Condiciones de Almacenamiento	El Sika® CNI se debe almacenar por encima de 5°C. Si se congela, descongelar y agitar fuertemente para retornar al estado normal. En un almacén seco con temperaturas entre 10°C y 27°C. En un lugar fresco y bajo techo en su envase original bien cerrado.

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada	Concentración de Ión Cloruro (kg/m ³)	Sika CNI (kg/m ³)
	3.60	12.90
	5.90	19.20
	7.70	25.70
	8.90	32.10
	9.50	38.60

Dosificación

Para adicionar Sika CNI mida la cantidad requerida manualmente y adicione Sika CNI directamente a la mezcla de concreto fresco y al final del ciclo de mezclado. Sika® CNI puede acelerar el tiempo de fraguado del concreto. Con el fin de evitar la pérdida de manejabilidad y dificultad en dar el acabado, puede ser necesario el uso de un aditivo retardante sobre todo en zonas de clima cálido. El efecto de la aceleración de Sika® CNI puede ser aprovechado para el vaciado de concreto en zonas de clima frío.

COMPATIBILIDAD CON OTROS ADITIVOS

- Sika® CNI se puede utilizar con cementos Portland y también en combinación con otros aditivos Sika incluidos microsíllice, reductores de agua, superplastificantes, retardantes de fraguado, incorporadores de aire. Los aditivos tienen que ser añadidos por separado a la mezcla de concreto a fin de obtener los resultados requeridos.
- Sika® CNI puede reducir ligeramente el contenido de aire y una mayor dosis de incorporador de aire puede ser necesario.

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

MEZCLADO

Medir la cantidad necesaria de forma manual o automatizada. Teniendo en cuenta el agua del Sika® CNI es necesario realizar un ajuste para mantener la relación agua/cemento. El agua debe ser ajustada mediante la reducción de 0,839 Kg. de agua por litro de Sika® CNI.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Anexo n°3. Hoja de Seguridad del producto Sika® CNI (MSDS).

Hoja de Seguridad

Sika® CNI, 1/6

según Directiva 91/155/EEC y Norma ISO 11014-1
(ver instrucciones en Anexo de 93/112/EC)

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA

Identificación del producto

Nombre comercial:

Sika® CNI

Información del Fabricante / Distribuidor

Fabricante / Distribuidor	Sika Perú S.A.C.
Dirección	Habilitación Industrial El Lúcumo Mz. "B" Lote 6
Código postal y ciudad	Lima 16 – Lurín
País	Perú
Número de teléfono	(51 1) 618 6060
Telefax	(51 1) 618 6070

2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

Descripción química

Mezcla de nitrito de calcio con aditivos.

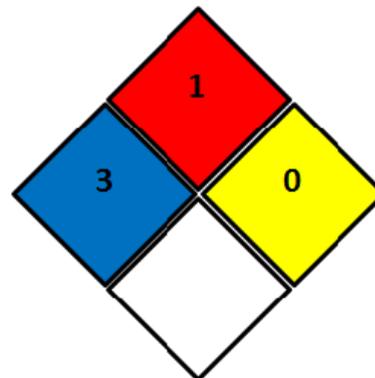
Componentes Peligrosos

Designación según Directiva 67/548/EEC

Nombre y Número CAS	Concentración %	Símbolo de Peligro	Frases R
Nitrito de Calcio 13780-06-8	20 - 35	Xi	36/38
Nitrito de Calcio tetrahidratado 10124-37-5	< 5.0	Xi	36/38

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Identificación de Riesgos de Materiales según NFPA:



Salud: 3

Inflamabilidad: 1

Reactividad: 0

4. PRIMEROS AUXILIOS

Instrucciones Generales

- Facilitar siempre al médico la hoja de seguridad.

En caso de Inhalación

- Obtenga atención médica si se presentan síntomas.

En caso de contacto con los Ojos

- Enjuagar los ojos inmediatamente con mucho agua, levantando ocasionalmente los párpados superior e inferior.
- Verificar si la víctima lleva lentes de contacto y en este caso, retirárselos. Continúe enjuagando por lo menos 15 minutos. Procurar atención médica.

En caso de contacto con los Piel

- Lave con abundante agua la piel contaminada. Quítese la ropa y calzado contaminados.
- Obtenga atención médica si se presentan síntomas.

En caso de Ingestión

- No inducir el vómito a menos que lo indique expresamente el personal médico.
- Asegure una buena circulación de aire. Buscar inmediatamente ayuda médica.

Notas para el médico:

En caso de inhalación de productos en descomposición en un incendio, los síntomas pueden aparecer posteriormente. Es posible que la persona expuesta tenga que estar bajo vigilancia médica por un período de 48 horas.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Medios de extinción adecuados

Apropiados(s) : Use un agente de extinción adecuado para el incendio circundante.

No apropiado(s) : No se conoce ninguno.

Peligros de exposición especiales : La presión puede aumentar y el contenedor puede explotar en caso de calentamiento o incendio.

Productos peligrosos de la combustión : Los productos de descomposición pueden incluir los siguientes materiales: óxido de nitrógeno, óxido/ óxidos metálico/ metálicos.

Equipo de protección especial para el personal de incendios : Los bomberos deben llevar equipo de protección apropiado y un equipo de respiración autónomo con una máscara lucha contra facial completa que opere en modo de presión positiva.

6. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Precauciones individuales

- No deje que entre el personal innecesario y sin protección.
- No toque o camine sobre el material derramado. Use equipo protector personal adecuado (ver sección 8).

Precauciones Ambientales

- Evite la dispersión del material derramado, su contacto con el suelo, el medio acuático, los desagües y las alcantarillas.
- Informe a las autoridades pertinentes si el producto ha causado contaminación medioambiental (alcantarillas, canales, tierra o aire).

Métodos de Limpieza

- Detener la fuga si esto no presenta ningún riesgo. Retire los envases del área del derrame.
- Evite que se introduzca en alcantarillas, canales de agua, sótanos o áreas reducidas.

- Detener y recoger los derrames con materiales absorbentes no combustibles, como arena, tierra, vermiculita o tierra de diatomeas, y colocar el material en un contenedor de eliminación para desecharlo de acuerdo con las normativas locales.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación

- Use equipo protector personal adecuado (ver sección 8).
- Deberá prohibirse comer, beber o fumar en los lugares donde se manipula, almacena o trata este producto.
- Las personas que trabajan con este producto deberán lavarse las manos y la cara antes de comer, beber o fumar. Evite el contacto con los ojos, piel y la ropa.
- Consérvese en su envase original o en un alternativo apropiado fabricado en un material compatible, manteniéndose bien cerrado cuando no esté en uso.

Almacenamiento

- Conservar de acuerdo con las normativas locales.
- Almacenar en el contenedor original protegido de la luz directa del sol en un área seca, fresca y bien ventilada a una temperatura de 10 – 27°C, separado de materiales incompatibles (ver sección 10) y comida y bebida.
- Mantener el contenedor bien cerrado y sellado hasta el momento de usarlo.
- Los envases abiertos deben cerrarse perfectamente con cuidado y mantenerse en posición vertical para evitar derrames. No almacenar en contenedores sin etiquetar, utilícese un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente.

Materiales de empaque:

- Utilizar el contenedor original.

8. LÍMITES DE EXPOSICIÓN Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Protección personal

Controles de la exposición profesional

- Una ventilación usual debería ser suficiente para controlar la exposición del obrero a los contaminantes aerotransportados.
- Si este producto contiene ingredientes de exposición limitada, use cercamientos del proceso, ventilación local, u otros controles de ingeniería para mantener la exposición del obrero por debajo de todos los límites recomendados o estatutarios.

Medidas higiénicas

- Lave las manos, antebrazos y cara completamente después de manejar productos químicos, antes de comer, fumar y al final del periodo de trabajo.
- Usar las técnicas apropiadas para remover ropa contaminada.
- Lavar las ropas contaminadas antes de volver a usarlas.

Protección respiratoria

- No se requieren medidas especiales.



Protección de las manos

- Guantes químicos-resistentes e impenetrables que cumplan con las normas aprobadas deben ser usados siempre que se manejen productos químicos. Recomendado: Guantes de goma de Butilo/nitrilo.

Protección de los ojos

- Gafas protectoras, que cumplan con las normas aprobadas, para evitar toda exposición a salpicaduras del líquido, lloviznas, gases o polvos.

Protección cutánea

- Antes de utilizar este producto se debe seleccionar equipo protector personal para el cuerpo basándose en la tarea a ejecutar y los riesgos involucrados y debe ser aprobado por un especialista. Recomendado: Protección preventiva de la piel con pomada protectora.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto

Estado Físico	Líquido
Color	Amarillo claro
Olor	Inodoro

Datos significativos para la seguridad

Punto de inflamación	Vaso cerrado: No Aplicable
Punto de Ebullición	110 °C
Densidad a 20°C	1.24 – 1.32 g/cm ³
pH al 10% a 20°C	9.0 – 12.0
Solubilidad en agua	Completa

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad

El producto es estable bajo condiciones normales de almacenamiento.

Peligro de polimerización

No ocurre.

Condiciones que deben evitarse

- Evite el calor extremo.

Materias que deben evitarse / reacciones peligrosas

- No almacene soluciones de hipoclorito de sodio cerca.

Descomposición térmica y productos de descomposición peligrosos

- En condiciones normales de almacenamiento y uso, no se deberían formar productos de descomposición, peligrosos.

11. INFORMACIONES TOXICOLÓGICAS

Efectos agudos potenciales para la salud

Contacto con la piel

- Puede causar irritación

Contacto con los ojos

- Puede causar irritación ocular

Inhalación

- Puede causar irritación

Ingestión

- Puede causar daños gastrointestinales

Efectos Crónicos

- No se conocen efectos significativos o riesgos críticos

12. INFORMACIONES ECOLÓGICAS

Efectos ambientales

Evite el contacto del material derramado y la fuga con la tierra y cursos de agua. No tirar los residuos por el desagüe; elimínese los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.

13. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

Métodos de eliminación

- Se debe evitar o minimizar la generación de desechos cuando sea posible. Los envases vacíos o los revestimientos pueden retener residuos del producto.
- Elimínese los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.
- Elimine el sobrante y productos no reciclables por medio de un contratista autorizado para su eliminación.
- La eliminación de este producto, sus soluciones y cualquier derivado deben cumplir siempre con los requisitos de la legislación de protección del medio ambiente y eliminación de desechos y todos los requisitos las autoridades locales.
- Evite la dispersión del material derramado, su contacto con el suelo, el medio acuático, los desagües y las alcantarillas.

Empaquetado

Envases / embalajes totalmente vacíos pueden destinarse a reciclaje.

Envases / embalajes que no pueden ser limpiados deben ser eliminados de la misma forma que la sustancia contenida.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

ADR / RID

Información Complementaria

Mercancía no peligrosa.

IMO / IMDG

Información Complementaria

Mercancía no peligrosa.

IATA / ICAO

Información Complementaria

Mercancía no peligrosa.

15. DISPOSICIONES DE CARÁCTER LEGAL

Reglamento de la UE

La clasificación y el etiquetado se han determinado según las Directivas de la UE 67/548/CEE y 1999/45/CE (incluidas las enmiendas) y tienen en cuenta el uso previsto del producto.

Clasificación : Este producto no está clasificado de acuerdo con la legislación de la UE

Contenido de COV (EU) : VOC (w/): 0%

16. OTRAS INFORMACIONES

En caso de emergencia consultar a Aló EsSalud
Teléfono: 472-2300 ó 0801-10200

Anexo N°4. Cotización para galvanizar las barras de acero corrugado.

GALECOL PERU SRL

RUC: 20604601003
Jr. Nicolás Arriola N° 779 Br. Nueve de Octubre - Cajamarca - Perú
Telef. : (+51-76) 313 645 - Cel. (+51) 976 579 702
E-mail: galecol@outlook.com



FECHA: 30 DE OCTUBRE DEL 2021 **COTIZACION: 2100400GP**

<p>Cliente : EDWIN LEZAMA ROJAS DNI: 26719886 DIRECCIÓN: CALLE LAS CUCARDAS N° 313 , CIUDAD DE CAJAMARCA</p> <p>Contacto : Edwin Lezama Rojas</p> <p>Teléfono : - Cel. 975 417 241 E-mail :</p> <p>Referencia : SOLICITUD DE COTIZACION: VARILLA FIERRO CORRUGADO Y SERVICIO DE GALVANIZADO</p>
--

Estimados Señores:

En atención a su amable solicitud de cotización, les presentamos nuestra siguiente oferta:

ITEM	CANT	UND	DESCRIPCION	P. UNIT. S/.	P. TOTAL S/.	TIEMPO DE ENTREGA
1	100.000	UND	VARILLA FIERRO CORRUGADO 6MM X 9 MTS	9.12	912.45	INMEDIATA
2	100.000	UND	VARILLA FIERRO CORRUGADO 3/8" X 9 MTS	23.23	2,322.60	INMEDIATA
3	100.000	UND	VARILLA FIERRO CORRUGADO 1/2" X 9 MTS	41.21	4,121.25	INMEDIATA
4	50.000	UND	VARILLA FIERRO CORRUGADO 5/8" X 9 MTS	64.34	3,217.20	INMEDIATA
5	30.000	UND	VARILLA FIERRO CORRUGADO 3/4" X 9 MTS	92.66	2,779.88	INMEDIATA
6	10.000	UND	VARILLA FIERRO CORRUGADO 1" X 9 MTS	164.71	1,647.14	INMEDIATA
7	4.740	KG	SERVICIO DE GALVANIZADO EN CALIENTE DE CORRUGADO 3/8" x 9 mts - peso / varilla	6.72	31.85	3 DIAS UTILES
8	8.406	KG	SERVICIO DE GALVANIZADO EN CALIENTE DE CORRUGADO 1/2" x 9 mts - peso / varilla	6.72	56.49	3 DIAS UTILES
9	13.131	KG	SERVICIO DE GALVANIZADO EN CALIENTE DE CORRUGADO 5/8" x 9 mts - peso / varilla	6.72	88.24	3 DIAS UTILES
10	18.909	KG	SERVICIO DE GALVANIZADO EN CALIENTE DE CORRUGADO 3/4" x 9 mts - peso / varilla	6.72	127.07	3 DIAS UTILES
11	33.615	KG	SERVICIO DE GALVANIZADO EN CALIENTE DE CORRUGADO 1" x 9 mts - peso / varilla	6.72	225.89	3 DIAS UTILES

- Moneda: **Soles**
- IGV (18%): **Incluye**
- Condición de pago: **Contado**
- **Tiempo de entrega:** Según lo indicado, puesto en Lima
- Validez de la oferta: 5 días útiles.

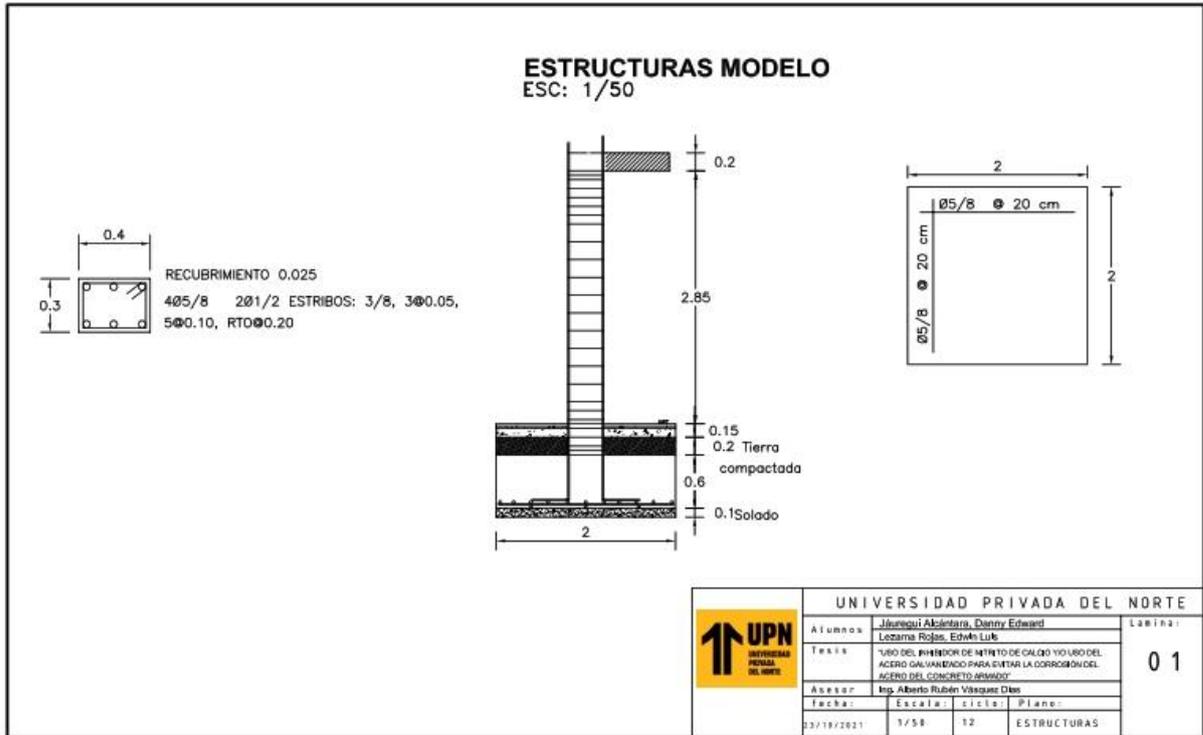
Sin otro particular y a la espera de vernos favorecidos con vuestra orden de compra, nos despedimos.

Atentamente,

Área Comercial

.....
GALECOL PERU SRL

Anexo N°5. Plano de las estructuras modelo (columna y zapata).



Anexo N°7. Análisis de precios unitarios de las estructuras modelo.

COLUMNA 1						
Partida	02.03.05.01.01		CONCRETO F' C=210 Kg/cm2 PARA COLUMNAS			
Rendimiento	m3/DIA		MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3	529.91
Código	Descripción Recursc	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
014700022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh		1.0000	0.8000	24.09
0147010002	OPERARIO	hh		2.0000	1.6000	23.38
0147010003	OFICIAL	hh		2.0000	1.6000	18.47
0147010004	PEON	hh		10.0000	8.0000	16.70
						219.83
Materiales						
020500026	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3			0.5430	60.00
0205010005	ARENA GRUESA DE RIO	m3			0.5060	60.00
221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL			9.1300	24.60
239050001	AGUA (INCLUYE TRANSPORTE)	m3			0.1870	5.50
243160052	REGLA DE MADERA	p2			0.2000	3.00
						289.17
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			3.0000	219.83
0348010007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3-18 HP	hm		1.0000	0.8000	12.00
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm		1.0000	0.8000	5.90
						20.91
Partida	02.03.05.01.02		ENCOFRADO Y DESENCOFADO NORMAL PARA COLUMNAS			
Rendimiento	m2/DIA		MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m2	78.78
Código	Descripción Recursc	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh		1.0000	0.8000	23.38
0147010003	OFICIAL	hh		1.0000	0.8000	18.47
						33.48
Materiales						
020200008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg			0.3000	4.94
0202010005	CLAVOS PARA MADERA CIC 3"	kg			0.1700	5.08
0244000019	MADERA TORNILLO	p2			5.1600	8.00
						43.63
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			5.0000	33.48
						1.67
Partida	02.03.05.01.03		ACERO Fy=4200 Kg/cm2 PARA COLUMNAS			
Rendimiento	kg/DIA		MO. 200.0000	EQ. 200.0000	Costo unitario directo por : kg	10.98
Código	Descripción Recursc	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh		1.0000	0.0400	23.38
0147010003	OFICIAL	hh		1.0000	0.0400	18.47
						1.67
Materiales						
020200007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg			0.0600	4.94
0202970015	ACERO CORRUGADO Fy=4200 Kg/cm2 GRADO 60	kg			1.0500	3.78
						4.27
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			3.0000	1.68
						5.04

COLUMNA 2 + NITRITO DE CALCIO						
Partida	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 PARA COLUMNAS					
Rendimiento	m3/DIA		MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3	721.12
Código	Descripción RecursoUnidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
014700022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	1.0000	0.8000	24.09
014701002	OPERARIO		hh	2.0000	1.8000	23.38
014701003	OFICIAL		hh	2.0000	1.6000	18.47
014701004	PEON		hh	10.0000	8.0000	16.70
						219.83
	Materiales					
020500026	PIEDRA CHANCADA 1/2"		m3		0.5430	60.00
020501005	ARENA GRUESA DE RIO		m3		0.5060	60.00
221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)		BOL		9.1300	24.60
239050001	AGUA (INCLUYE TRANSPORTE)		m3		0.1870	5.50
243160052	REGLA DE MADERA		p2		0.2000	3.00
231052005	ADITIVO SIKACNI		l		25.7000	7.44
						480.37
	Equipos					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	219.83
0348010007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3-18 HP		hm	1.0000	0.8000	12.00
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"		hm	1.0000	0.8000	5.90
						4.72
						20.91
Partida	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA COLUMNAS					
Rendimiento	m2/DIA		MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m2	79.49
Código	Descripción RecursoUnidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.8000	23.38
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.8000	18.47
						33.48
	Materiales					
020200008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8		kg		0.3000	4.94
0202010005	CLAVOS PARA MADERA CIC 3"		kg		0.3100	5.08
0244000019	MADERA TORNILLO		p2		5.1600	8.00
						44.34
	Equipos					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	33.48
						1.67
Partida	ACERO Fy=4200 Kg/cm2 PARA COLUMNAS					
Rendimiento	kg/DIA		MO. 200.0000	EQ. 200.0000	Costo unitario directo por : kg	10.96
Código	Descripción RecursoUnidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0400	23.38
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0400	18.47
						1.67
	Materiales					
020200007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16		kg		0.0600	4.94
0202970015	ACERO CORRUGADO Fy=4200 Kg/cm2 GRADO 60		kg		1.0500	3.78
						4.27
	Equipos					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.67
						5.02

COLUMNA 3 + ACERO GALVANIZADO						
Partida	02.03.05.01.01 CONCRETO FC=210 Kg/cm ² PARA COLUMNAS					
Rendimiento	m ³ /DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m ³		529.91
Código	Descripción Recurso Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
014700002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.8000	24.09	19.27
014701002	OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	23.38	37.41
014701003	OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	18.47	29.55
014701004	PEON	hh	10.0000	8.0000	16.70	133.60
					219.83	
Materiales						
020500026	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³		0.5400	60.00	32.58
020501005	ARENA GRUESA DE RIO	m ³		0.5060	60.00	30.36
221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.1300	24.60	224.60
236050001	AGUA (INCLUYE TRANSPORTE)	m ³		0.1870	5.50	1.03
243160052	REGLA DE MADERA	p ²		0.2000	3.00	0.60
					289.17	
Equipos						
033701001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	219.83	6.59
034801007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3-18 HP	hm	1.0000	0.8000	12.00	9.60
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.8000	5.90	4.72
					20.91	
Partida	02.03.05.01.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA COLUMNAS					
Rendimiento	m ² /DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m ²		79.49
Código	Descripción Recurso Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
014701002	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	23.38	18.70
014701003	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	18.47	14.78
					33.48	
Materiales						
020200008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg		0.3000	4.94	1.48
020201005	CLAVOS PARA MADERA CIC 3"	kg		0.3100	5.08	1.57
024400019	MADERA TORNILLO	p ²		5.1600	8.00	41.28
					44.34	
Equipos						
033701001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	33.48	1.67
					1.67	
Partida	02.03.05.01.03 ACERO Fy=4200 Kg/cm ² PARA COLUMNAS					
Rendimiento	kg/DIA	MO. 200.0000	EQ. 200.0000	Costo unitario directo por : kg		16.75
Código	Descripción Recurso Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
014701002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	23.38	0.94
014701003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0400	18.47	0.74
					1.67	
Materiales						
020200007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.0600	4.94	0.30
0202970015	GALVANIZADO DE ACERO	kg		1.0500	5.51	5.79
0202970015	ACERO CORRUGADO Fy=4200 Kg/cm ² GRADO 60	kg		1.0500	3.78	3.97
					10.05	
Equipos						
033701001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.67	5.02
					5.02	

COLUMNA 4 + ACERO GALVANIZADO + NITRITO DE CALCIO

Partida 02.03.05.01.01 CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 PARA COLUMNAS						
Rendimiento	m3/DIA		MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3	721.12
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
014700022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh		1.0000	0.8000	24.09
014701002	OPERARIO	hh		2.0000	1.6000	23.38
014701003	OFICIAL	hh		2.0000	1.6000	18.47
014701004	PEON	hh		10.0000	8.0000	16.70
						133.60
						219.83
Materiales						
020500026	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3			0.5430	60.00
020501005	ARENA GRUESA DE RIO	m3			0.5060	60.00
221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL			9.1300	24.60
239050001	AGUA (INCLUYE TRANSPORTE)	m3			0.1870	5.50
243160052	REGLA DE MADERA	p2			0.2000	3.00
231052005	ADITIVO SIKA CNI	l			25.7000	7.44
						191.21
						480.37
Equipos						
033701001	HERRAMIENTAS MANUALES	% MO			3.0000	219.83
034801007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3-18 HP	hm		1.0000	0.8000	12.00
034907004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm		1.0000	0.8000	5.90
						4.72
						20.91
Partida 02.03.05.01.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA COLUMNAS						
Rendimiento	m2/DIA		MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m2	79.49
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
014701002	OPERARIO	hh		1.0000	0.8000	23.38
014701003	OFICIAL	hh		1.0000	0.8000	18.47
						14.78
						33.48
Materiales						
020200008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg			0.3000	4.94
020201005	CLAVOS PARA MADERA CIC 3"	kg			0.3100	5.08
024400019	MADERA TORNILLO	p2			5.1600	8.00
						41.28
						44.34
Equipos						
033701001	HERRAMIENTAS MANUALES	% MO			5.0000	33.48
						1.67
Partida 02.03.05.01.03 ACERO Fy=4200 Kg/cm2 PARA COLUMNAS						
Rendimiento	kg/DIA		MO. 200.0000	EQ. 200.0000	Costo unitario directo por : kg	16.75
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
014701002	OPERARIO	hh		1.0000	0.0400	23.38
014701003	OFICIAL	hh		1.0000	0.0400	18.47
						0.94
						0.74
						1.67
Materiales						
020200007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg			0.0600	4.94
020297015	GALVANIZADO DE ACERO	kg			1.0500	5.51
020297015	ACERO CORRUGADO Fy=4200 Kg/cm2 GRADO 60	kg			1.0500	3.78
						3.97
						10.05
Equipos						
033701001	HERRAMIENTAS MANUALES	% MO			3.0000	1.67
						5.02

ZAPATA 1						
Partida	CONCRETO F'c=210 Kg/cm ² PARA ZAPATAS					
Rendimiento	m ³ /DIA	MO. 25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m ³		354.92
Código	Descripción Recur Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.	
Mano de Obra						
14701002	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	23.38	7.48
14701003	OFICIAL	hh	2.0000	0.6400	18.47	11.82
14701004	PEON	hh	8.0000	2.5600	16.70	42.75
					62.05	
Materiales						
20500003	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³		0.5430	60.00	32.58
20501004	ARENA GRUESA DE RIO	m ³		0.5060	60.00	30.36
22100098	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.1300	24.60	224.60
239050000	AGUA (INCLUYE TRANSPORTE)	m ³		0.1870	5.50	1.03
243180052	REGLA DE MADERA	p ²		0.2000	3.00	0.60
					289.17	
Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		3.0000	62.05	1.86
348010007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3-18 HP	hm	0.3200	0.1024	12.00	1.23
348070003	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	0.3200	0.1024	5.90	0.60
					3.69	
Partida	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA ZAPATAS					
Rendimiento	m ² /DIA	MO. 14.0000	EQ. 14.0000	Costo unitario directo por : m ²		88.99
Código	Descripción Recur Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.	
Mano de Obra						
14701002	OPERARIO	hh	1.0000	0.5714	23.38	13.36
14701003	OFICIAL	hh	1.0000	0.5714	18.47	10.55
					23.91	
Materiales						
202010023	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.1500	5.08	0.76
0244000019	MADERA TORNILLO	p ²		7.8900	8.00	63.12
					63.88	
Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		5.0000	23.91	1.20
					1.20	
Partida	ACERO Fy=4200 Kg/cm ² PARA ZAPATAS					
Rendimiento	kg/DIA	MO. 250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : kg		9.78
Código	Descripción Recur Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.	
Mano de Obra						
14701002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	23.38	0.75
14701003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	18.47	0.59
					1.34	
Materiales						
202000007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.0600	4.94	0.30
203020003	ACERO CORRUGADO Fy=4200 Kg/cm ² GRADO 60	kg		1.0500	3.78	3.97
					4.27	
Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		3.0000	1.34	4.02
348960005	CIZALLA PARA CORTE DE FIERRO	hm	1.0000	0.0320	5.00	0.16
					4.18	

ZAPATA 2 + NITRITO DE CALCIO						
Partida	02.03.01.01 CONCRETO F' C=210 Kg/cm ² PARA ZAPATAS					
Rendimiento	m ² /DIA	MO. 25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m ³		546.12
Código	Descripción Recur Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	23.38	7.48
147010003	OFICIAL	hh	2.0000	0.6400	18.47	11.82
147010004	PEON	hh	8.0000	2.5600	16.70	42.75
					62.05	
Materiales						
205000003	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³		0.5430	60.00	32.58
205010004	ARENA GRUESA DE RIO	m ³		0.5060	60.00	30.36
221000098	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.1300	24.60	224.60
239050000	AGUA (INCLUYE TRANSPORTE)	m ³		0.1870	5.50	1.03
243160052	REGLA DE MADERA	p ²		0.2000	3.00	0.60
231052005	ADITIVO SIKKA CNI	l		25.7000	7.44	191.21
					480.37	
Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	62.05	1.86
348010007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3-18 HP	hm	0.3200	0.1024	12.00	1.23
349070003	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40'	hm	0.3200	0.1024	5.90	0.60
					3.69	
Partida	02.03.01.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA ZAPATAS					
Rendimiento	m ² /DIA	MO. 14.0000	EQ. 14.0000	Costo unitario directo por : m ²		88.99
Código	Descripción Recur Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.5714	23.38	13.36
147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.5714	18.47	10.55
					23.91	
Materiales						
202010023	CLAVOS PARA MADERA CIC 3"	kg		0.1500	5.08	0.76
0244000019	MADERA TORNILLO	p ²		7.8900	8.00	63.12
					63.88	
Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	23.91	1.20
					1.20	
Partida	02.03.01.03 ACERO Fy=4200 Kg/cm ² PARA ZAPATAS					
Rendimiento	kg/DIA	MO. 250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : kg		9.78
Código	Descripción Recur Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	23.38	0.75
147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	18.47	0.59
					1.34	
Materiales						
202000007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.0600	4.94	0.30
203020003	ACERO CORRUGADO Fy=4200 Kg/cm ² GRADO 60	kg		1.0500	3.78	3.97
					4.27	
Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.34	4.02
348960005	CIZALLA PARA CORTE DE FIERRO	hm	1.0000	0.0320	5.00	0.16
					4.18	

ZAPATA 3 + ACERO GALVANIZADO						
Partida	CONCRETO F'c=210 Kg/cm ² PARA ZAPATAS					
Rendimiento	m ³ /DIA	MO. 25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m ³		354.92
Código	Descripción Recur Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
14701002	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	23.38	7.48
14701003	OFICIAL	hh	2.0000	0.6400	18.47	11.82
14701004	PEON	hh	8.0000	2.5600	16.70	42.75
					62.05	
Materiales						
20500003	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³		0.5430	60.00	32.58
20501004	ARENA GRUESA DE RIO	m ³		0.5060	60.00	30.36
22100098	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.1300	24.60	224.60
23905000	AGUA (INCLUYE TRANSPORTE)	m ³		0.1870	5.50	1.03
24316052	REGLA DE MADERA	p ²		0.2000	3.00	0.60
					289.17	
Equipos						
33701001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	62.05	1.86
34801007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3-18 HP	hm	0.3200	0.1024	12.00	1.23
34907003	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	0.3200	0.1024	5.90	0.60
					3.69	
Partida	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA ZAPATAS					
Rendimiento	m ² /DIA	MO. 14.0000	EQ. 14.0000	Costo unitario directo por : m ²		88.99
Código	Descripción Recur Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
14701002	OPERARIO	hh	1.0000	0.5714	23.38	13.36
14701003	OFICIAL	hh	1.0000	0.5714	18.47	10.55
					23.91	
Materiales						
20201023	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.1500	5.08	0.76
024400019	MADERA TORNILLO	p ²		7.8900	8.00	63.12
					63.88	
Equipos						
33701001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	23.91	1.20
					1.20	
Partida	ACERO Fy=4200 Kg/cm ² PARA ZAPATAS					
Rendimiento	kg/DIA	MO. 250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : kg		23.88
Código	Descripción Recur Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
14701002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	23.38	0.75
14701003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	18.47	0.59
					1.34	
Materiales						
20200007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.0600	4.94	0.30
0202970015	GALVANIZADO DE ACERO	kg		1.0500	13.43	14.10
0202970015	ACERO CORRUGADO Fy=4200 Kg/cm ² GRADO 60	kg		1.0500	3.78	3.97
					18.36	
Equipos						
33701001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.34	4.02
348960005	CIZALLA PARA CORTE DE FIERRO	hm	1.0000	0.0320	5.00	0.16
					4.18	

ZAPATA 4 + ACERO GALVANIZADO + NITRITO DE CALCIO							
Partida	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 PARA ZAPATAS						
Rendimiento	m3/DIA		MO. 25.0000		EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m3	546.12
Código	Descripción Recur Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
147010002	OPERARIO	hh		1.0000	0.3200	23.38	7.48
147010003	OFICIAL	hh		2.0000	0.6400	18.47	11.82
147010004	PEON	hh		8.0000	2.5600	16.70	42.75
						62.05	
	Materiales						
205000003	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3			0.5430	60.00	32.58
205010004	ARENA GRUESA DE RIO	m3			0.5060	60.00	30.36
221000098	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL			9.1300	24.60	224.60
239050000	AGUA (INCLUYE TRANSPORTE)	m3			0.1870	5.50	1.03
243160052	REGLA DE MADERA	p2			0.2000	3.00	0.60
231052005	ADITIVO SIKKA CNI	l			25.7000	7.44	191.21
						480.37	
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			3.0000	62.05	1.86
348010007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3-18 HP	hm		0.3200	0.1024	12.00	1.23
349070003	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm		0.3200	0.1024	5.90	0.60
						3.69	
Partida	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA ZAPATAS						
Rendimiento	m2/DIA		MO. 14.0000		EQ. 14.0000	Costo unitario directo por : m2	88.99
Código	Descripción Recur Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
147010002	OPERARIO	hh		1.0000	0.5714	23.38	13.36
147010003	OFICIAL	hh		1.0000	0.5714	18.47	10.55
						23.91	
	Materiales						
202010023	CLAVOS PARA MADERA CIC 3"	kg			0.1500	5.08	0.76
0244000019	MADERA TORNILLO	p2			7.8900	8.00	63.12
						63.88	
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			5.0000	23.91	1.20
						1.20	
Partida	ACERO Fy=4200 Kg/cm2 PARA ZAPATAS						
Rendimiento	kg/DIA		MO. 250.0000		EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : kg	15.57
Código	Descripción Recur Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
147010002	OPERARIO	hh		1.0000	0.0320	23.38	0.75
147010003	OFICIAL	hh		1.0000	0.0320	18.47	0.59
						1.34	
	Materiales						
202000007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg			0.0600	4.94	0.30
0202970015	GALVANIZADO DE ACERO	kg			1.0500	5.51	5.79
0202970015	ACERO CORRUGADO Fy=4200 Kg/cm2 GRADO 60	kg			1.0500	3.78	3.97
						10.05	
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			3.0000	1.34	4.02
348960005	CIZALLA PARA CORTE DE FIERRO	hm		1.0000	0.0320	5.00	0.16
						4.18	

Anexo N°8. Presupuesto de las estructuras modelo.

PRESUPUESTO DE OBRA

Muestra 1

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO	PRECIO UNIT.	PARCIAL	SUBTOTAL
02.03.01	ZAPATAS					608.71
02.03.01.01	CONCRETO F'c=210KG/CM2 - ZAPATAS	m3	0.6	354.92	212.95	
02.03.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ZAPATAS	m2	2.40	88.99	213.58	
02.03.01.03	ACERO Fy=4200 Kg/cm2 PARA ZAPATAS	kg	18.62	9.78	182.18	
02.03.05.01	COLUMNAS					1180.28
02.03.05.01.01	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 PARA COLUMNAS	m3	0.41	529.91	216.20	
02.03.05.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA COLUMNAS	m2	4.48	78.78	352.93	
02.03.05.01.03	ACERO Fy=4200 Kg/cm2 PARA COLUMNAS	kg	55.66	10.98	611.14	
TOTAL						1788.99

Muestra 2 + NITRITO DE CALCIO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO	PRECIO UNIT.	PARCIAL	SUBTOTAL
02.03.01	ZAPATAS					723.44
02.03.01.01	CONCRETO F'c=210KG/CM2 - ZAPATAS	m3	0.6	546.12	327.67	
02.03.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ZAPATAS	m2	2.40	88.99	213.58	
02.03.01.03	ACERO Fy=4200 Kg/cm2 PARA ZAPATAS	kg	18.62	9.78	182.18	
02.03.05.01	COLUMNAS					1260.47
02.03.05.01.01	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 PARA COLUMNAS	m3	0.41	721.12	294.22	
02.03.05.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA COLUMNAS	m2	4.48	79.49	356.12	
02.03.05.01.03	ACERO Fy=4200 Kg/cm2 PARA COLUMNAS	kg	55.66	10.96	610.14	
TOTAL						1983.91
Incremento en % con relacion a la muestr						11%

Muestra 3 + ACERO GALVANIZADO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO	PRECIO UNIT.	PARCIAL	SUBTOTAL
02.03.01	ZAPATAS					871.27
02.03.01.01	CONCRETO F'c=210KG/CM2 - ZAPATAS	m3	0.6	354.92	212.95	
02.03.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ZAPATAS	m2	2.40	88.99	213.58	
02.03.01.03	ACERO Fy=4200 Kg/cm2 PARA ZAPATAS	kg	18.62	23.88	444.74	
02.03.05.01	COLUMNAS					1504.52
02.03.05.01.01	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 PARA COLUMNAS	m3	0.41	529.91	216.20	
02.03.05.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA COLUMNAS	m2	4.48	79.49	356.12	
02.03.05.01.03	ACERO Fy=4200 Kg/cm2 PARA COLUMNAS	kg	55.66	16.75	932.20	
TOTAL						2375.79
Incremento en % con relacion a la muestr						33%

Muestra 4 + ACERO GALVANIZADO + NITRITO DE CALCIO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO	PRECIO UNIT.	PARCIAL	SUBTOTAL
02.03.01	ZAPATAS					831.20
02.03.01.01	CONCRETO F'c=210KG/CM2 - ZAPATAS	m3	0.6	546.12	327.67	
02.03.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ZAPATAS	m2	2.40	88.99	213.58	
02.03.01.03	ACERO Fy=4200 Kg/cm2 PARA ZAPATAS	kg	18.62	15.57	289.94	
02.03.05.01	COLUMNAS					1582.51
02.03.05.01.01	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 PARA COLUMNAS	m3	0.41	721.12	294.22	
02.03.05.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA COLUMNAS	m2	4.48	79.49	356.12	
02.03.05.01.03	ACERO Fy=4200 Kg/cm2 PARA COLUMNAS	kg	55.66	16.75	932.17	
TOTAL						2413.70
Incremento en % con relacion a la muestr						35%