



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**ESTUDIO DEL INHIBIDOR DE CORROSIÓN
DCI-S EN UN AMBIENTE DE CLORURO DE
SODIO AL 3%, 4% y 5% EN EL CONCRETO
ARMADO.**

Autores:

Torres, Amok

C.I. 24.548.199

Zavala, Andrea

C.I. 25.455.146

**Urb. Yuma II, calle N 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax (0241) 8712394**



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA EDUCACIÓN
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO DEL INHIBIDOR DE CORROSIÓN DCI-S EN UN AMBIENTE DE
CLORURO DE SODIO AL 3%, 4% y 5% EN EL CONCRETO ARMADO.**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO CIVIL

Autores:

Torres, Amok

Zavala, Andrea

Tutor Académico:

Ing. Donato Romanello

San Diego, de 2018

FI-CV-016-2018-1

Valencia, 30 de Mayo de 2018

Ciudadanos:

Torres Amok

C.I. 24.548.199

Zavala Andrea

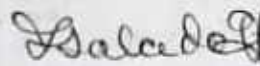
C.I. 25.455.146

Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 1-2018 de fecha **30/05/2018** aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **" ESTUDIO DEL INHIBIDOR DE CORROSIÓN DCI-S EN UN AMBIENTE DE CLORURO DE SODIO AL 3%, 4% y 5% EN EL CONCRETO ARMADO."** Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Donato Romanello C.I. 4.131.877 y la Ing. Alicia Yanez de Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,



Prof. Zulay Salcedo
Decana de la Facultad de Ingeniería



e. e. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

ZS/ff



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Profesor **DONATO ROMANELLO**, titular de la Cédula de Identidad N° V-4.131.877, acepto la Tutoría del Proyecto de Trabajo de Grado realizado por los bachilleres: **TORRES AMOK** y **ZAVALA ANDREA**, titulares de las cédulas de identidad números V-24.548.199 y V-25.455.146 respectivamente, titulado **ESTUDIO DEL INHIBIDOR DE CORROSIÓN DCI-S EN UN AMBIENTE DE CLORURO DE SODIO AL 3%, 4% y 5% EN EL CONCRETO ARMADO**, como requisito para optar al título de **INGENIERO CIVIL**, hasta su presentación y defensa.

En San Diego, Marzo del año 2018.


Ing. Donato Romanello
C.I. V-4.131.877



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

San Diego, Marzo del año 2018

**ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL PROYECTO DE TRABAJO
DE GRADO**

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **ESTUDIO DEL INHIBIDOR DE CORROSIÓN DCI-S EN UN AMBIENTE DE CLORURO DE SODIO AL 3%, 4% y 5% EN EL CONCRETO ARMADO**, ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Donato Romanello

Tutor Académico

Firma

Fecha

Ing. Alicia de Pizella

Tutor Metodológico

Firma

Fecha

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	5
EL PROBLEMA.....	5
1.1 Planteamiento del Problema	5
1.2 Formulación del problema	8
1.3 Objetivos de la investigación.....	8
1.3.1. Objetivo general.....	8
1.3.2. Objetivos específicos	8
1.4. Justificación de la investigación	8
1.5 Alcance y limitaciones	9
1.5.1 Alcance	9
1.5.2 Limitaciones	9
CAPÍTULO II	10
MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Antecedentes.....	10
2.2. Bases Teóricas	12
2.2.1 Corrosión	12
2.2.2 Inhibidor de corrosión.....	13
2.2.3 Aditivos.....	14
2.2.4 Corrosión de la armadura en el concreto.....	15
2.2.5 Estimación de la Velocidad de Corrosión.....	16
2.2.6 Descenso del pH del concreto	17
2.2.7 Cloruro de sodio	18
2.2.8 DCI-S	18

2.2.9 Usos del DCI-S:.....	18
2.2.10 Ventajas del producto DCI-S.....	19
2.2.11 Actuación del inhibidor DCI-S.....	19
2.3 Bases legales.....	20
2.4 Definición de términos básicos	21
CAPÍTULO III.....	24
MARCO METODOLÓGICO	24
3.1 Tipo de investigación	24
3.2 Diseño de la investigación.....	25
3.3 Nivel de la investigación	25
3.4 Población y muestra	26
3.4.1 Población.....	26
3.4.2 Muestra.....	26
CAPÍTULO IV	38
RESULTADOS.....	38
1.1 Evaluar los ensayos de trabajabilidad, fraguado y asentamiento en la mezcla con el DCI-S incorporado.....	38
Tabla 10. Ficha de valores de Relación a/c y asentamientos.	38
Figura 2. Ensayo de asentamiento, trabajabilidad, fraguado	39
1.2 Evaluar la efectividad del concreto endurecido realizando ensayos a compresión a las probetas que contienen dicho inhibidor.....	40
1.3 Analizar la velocidad de corrosión con un electrodo de referencia Cobre Sulfato de Cobre comparándolo con una mezcla patrón.....	42
1.4 Describir las ventajas del uso del inhibidor DCI-S.	64
RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Probetas.....	27
Tabla 2. Especificaciones del Concreto	28
Tabla 3. Ficha de Dosificación de concreto utilizado en planta para 1 m ³	28
Tabla 4. Ficha de Dosificación de concreto utilizado en tesis para 1/20 m ³ (Mezcla Patrón).....	28
Tabla 5. Ficha de Dosificación de concreto utilizado en tesis para 1/20 m ³ (Mezcla DCS-I).....	29
Tabla 6. Granulometría agregado grueso	30
Tabla 7. Granulometría agregado fino	31
Tabla 8. Análisis peso unitario suelto y compacto, peso específico y absorción en agregado fino.....	32
Tabla 9. Análisis peso unitario suelto y compacto, peso específico y absorción en agregado grueso	33
Tabla 10. Ficha de valores de Relación a/c y asentamientos.....	38
Tabla 11. Ficha de valores de resistencia a la compresión evaluados a 7 y 28 días. .40	
Tabla 12. Potenciales de corrosión en concreto reforzado.....	44
Tabla 13. Mediciones de voltaje para tanque 1 (Sol 3% de NaCl).....	47
Tabla 14. Mediciones de voltaje para tanque 2 (Sol 4% de NaCl).....	48
Tabla 15. Mediciones de voltaje para tanque 3 (Sol 5% de NaCl).....	49
Tabla 16. Mediciones de corriente para tanque 1 (Sol 3% de NaCl).....	50
Tabla 17. Valores obtenidos de corriente con respecto al voltaje, empleando la Ley de ohm. Tanque 1 (Sol 3% de NaCl).....	51
Tabla 18. Estimación de la corriente en probetas según la línea de tendencia obtenida en los gráficos 4 y 5.	54
Tabla 19. Mediciones de corriente para tanque 2 (Sol 4% de NaCl).....	55
Tabla 20. Valores obtenidos de corriente con respecto al voltaje, empleando la ley de ohm. Tanque 2 (Sol 4% de NaCl).....	56

Tabla 21. Estimación de la corriente en probetas según la línea de tendencia obtenida en los gráficos 6 y 7.	59
Tabla 22. Mediciones de corriente para tanque 3 (Sol 5% de NaCl).....	60
Tabla 23. Valores obtenidos de corriente con respecto al voltaje, empleando la ley de ohm. Tanque 3 (Sol 5% de NaCl).	61
Tabla 24. Estimación de la corriente en probetas según la línea de tendencia obtenida en los gráficos 8 y 9.	64

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Medición de voltaje con respecto al tiempo tanque N° 1	45
Gráfico 2. Medición de voltaje con respecto al tiempo tanque N° 2.	45
Gráfico 3. Medición de voltaje con respecto al tiempo tanque N° 3.	46
Gráfico 4. Gráfica de línea de tendencia del voltaje con respecto a la corriente. Tanque 1 (Sol 3% de NaCl) Mezcla DCI-S.	52
Gráfico 5. Gráfica de línea de tendencia del voltaje con respecto a la corriente. Tanque 1 (Sol 3% de NaCl) Mezcla patrón.	53
Gráfico 6. Gráfica de línea de tendencia del voltaje con respecto a la corriente. Tanque 2 (Sol 4% de NaCl) Mezcla DCI-S.	57
Gráfico 7. Gráfica de línea de tendencia del voltaje con respecto a la corriente. Tanque 2 (Sol 4% de NaCl) Mezcla patrón.	58
Gráfico 8. Gráfica de línea de tendencia del voltaje con respecto a la corriente. Tanque 3 (Sol 5% de NaCl) Mezcla DCI-S.	62
Gráfico 9. Gráfica de línea de tendencia del voltaje con respecto a la corriente. Tanque 3 (Sol 5% de NaCl) Mezcla patrón.	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Circuito media celda Cu(CuSO ₄) ASTM C876 – 91	37
Figura 2. Ensayo de asentamiento, trabajabilidad, fraguado	39
Figura 3. Ensayando las probetas de concreto a compresión en el laboratorio	41
Figura 4. Ensayando las probetas de concreto a compresión en el laboratorio	41
Figura 5 Medición de voltaje de las probetas	43
Framex C.A.....	43
Figura 6 Medición de voltaje de las probetas	43
Figura 7. Tanque 1 Solución al 3% de NaCl.....	70
Figura 8. Tanque 2 Solución al 4% de NaCl.....	71
Figura 9. Tanque 3 Solución al 5% de NaCl.....	71
Figura 10. Electrodo de referencia, cobre sulfato de cobre sumergido en el recipiente junto al cilindro de concreto. Midiendo voltaje, potencial de corrosión.....	72
Figura 11. Voltiamperímetro, herramienta de medición para medir el voltaje.....	73
Figura 13. Momento de llenado de cilindros.	74
Figura 14. Realizando mediciones de voltaje en FRAMEX C.A	74



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO DEL INHIBIDOR DE CORROSIÓN DCI-S EN UN AMBIENTE
DE CLORURO DE SODIO AL 3%, 4% y 5% EN EL CONCRETO
ARMADO.**

Autor(es): Torres Z. Amok A.

Zavala M. Andrea C.

Tutor: Ing. Donato Romanello

Fecha: Abril, 2018.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal estudiar el efecto del inhibidor de corrosión DCI-S en un ambiente de cloruro de sodio al 3%, 4% y 5% en el concreto de armado, por medio de técnicas como la medición de potencial de corrosión, ensayos de compresión a las probetas que tienen dicho inhibidor, trabajabilidad, fraguado y asentamiento. La evaluación de corrosión se realizó en probetas de concreto de 30 x 15 cm con una varilla incorporada a 5 cm del borde y 5 cm del fondo respectivamente, para así recrear las condiciones reales de estructuras de concreto reforzado. Se podría resumir que, el inhibidor cumple su función en condiciones al 3% y 4% pero en condiciones al 5% se ve afectado debido a la gran cantidad de cloruro presente en el ambiente y condiciones estudiadas (tanques con NaCl). Las condiciones de corrosión fueron estudiadas con el potencial de corrosión, que se basa en medir en porcentaje de voltaje de las probetas dando como resultado una gráfica de voltaje en función del tiempo.

Descriptor: Corrosión, Inhibidor de Corrosión, Potencial de Corrosión, Concreto armado.

INTRODUCCIÓN

La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma de mayor estabilidad o de menor energía interna. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión.

La producción de acero y la mejora de sus propiedades mecánicas han hecho posible su empleo en los dominios más variados. Desgraciadamente, el desarrollo en la utilización de los productos siderúrgicos va acompañado, paralelamente, de un aumento en el tributo que cada año se paga a la corrosión. Para tener una pequeña idea de lo que esto pueda suponer, sépase que aproximadamente un 25% de la producción anual de acero es destruido por la corrosión.

A veces los daños causados por un problema de corrosión pueden ser muy amplios. Pensemos en la reparación de la falla de un oleoducto de crudo, resultante de problemas de corrosión interna o externa. Aparte del costo inherente a la sustitución del tramo de tubería dañado, hay que tener en cuenta el daño causado por el aceite derramado al terreno, muchas veces irreversible, así como el posible paro de la refinería y los consiguientes problemas de desabastecimiento que ello puede llegar a acarrear. Y sin embargo, un proceso esencialmente de corrosión lo utilizamos diariamente para producir energía eléctrica: la pila seca. (Bresler, B., 1981).

Un buen observador puede haber notado, especialmente en las grandes ciudades o en las zonas costeras, la aparición de manchas de herrumbre en las estructuras de concreto, por ejemplo, en un estacionamiento subterráneo, un puente o en los postes de las líneas de distribución de corriente eléctrica.

Estas estructuras están reforzadas interiormente con varillas de acero, las cuales se cubren de concreto con el objeto de proporcionar una adecuada resistencia mecánica a la estructura. En condiciones normales, o sea en un medio con atmósfera limpia, no debe ocurrir nada que afecte a la estructura, ya que el concreto es un medio perfectamente compatible con el acero, precisamente por el alto valor del pH.

El concreto es un material discontinuo, duro y de alta densidad. Debido a su propia constitución, contiene una gran cantidad de poros, los cuales pueden estar interconectados, siendo por tanto permeable a líquidos y gases. Esto es de una gran importancia para el proceso de corrosión del acero de refuerzo, pues tanto el oxígeno como el agua pueden difundirse hacia el acero a través de la masa de concreto. Por ejemplo, cuando la estructura de concreto está en contacto frecuente con agua que contenga iones de cloruro (agua de mar), a través de la propia porosidad del concreto puede llegar a las varillas de acero. En este momento se inicia la

Corrosión del acero. La herrumbre que se va formando como resultado del proceso de corrosión en el acero, por una parte disminuye la sección original de la varilla, y por otra, hace perder la adherencia inicial y deseada entre el acero y el concreto. A medida que se va formando óxido por la corrosión del acero, éste ejerce una gran presión sobre el concreto que lo rodea. Las fuerzas son de tal magnitud dentro del concreto que provocan grietas que lo fragilizan, perdiendo éste sus buenas propiedades mecánicas. El proceso continúa hasta que la herrumbre llega a aparecer en la superficie del concreto y se pueden observar las estructuras “manchadas”. (Bresler, B., 1981).

El inhibidor de corrosión DCI- S es un líquido agregado al concreto durante el proceso de dosificación. Inhibe químicamente la acción corrosiva de los cloruros en el acero de refuerzo y los cordones pretensados en el concreto. DCI S ha sido formulado para proporcionar características de tiempo establecidas similares al concreto no tratado a 72 ° F (22 ° C). Un galón de DCI S pesa aproximadamente 10.7 lbs (un litro de DCI pesa aproximadamente 1.28 kg ± 0.01 kg). DCI S contiene un mínimo de 30% de nitrito de calcio.

Dado estos factores que afectan a las estructuras de hoy en día, se ha planteado la necesidad de estudiar nuevas aplicaciones a la hora de diseñar el concreto para una edificación, para mejorar su condición y evitar posibles daños en la estructura. Surge este estudio del inhibidor de corrosión para describir cuales son las ventajas con respecto a cómo favorece al concreto al momento de inhibir la corrosión.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

Se explica en el trabajo de Andrade y Feliu (1991), que la corrosión no es más que el camino de retorno de un metal a su estado natural (oxidado) (p.12), es decir que la corrosión se da porque metal retorna a su condición natural.

La corrosión está presente en prácticamente todos los sectores donde su control es muy importante, pero también está presente en la vida cotidiana ya que se trata de un proceso que afecta a todos los metales, por tanto debido al uso tan común de estos, es rara la situación donde no esté dándose lugar. Es por ello y de gran importancia que se estudie con detenimiento, ya que las repercusiones de una mejora son muy elevadas. En nuestro caso particular en el sector de la construcción, la corrosión de las armaduras está reconocida como uno de los mayores problemas en estructuras de concreto armado.

Cabe considerar que en los Estados Unidos, las pérdidas directas debidas a la corrosión son de más de \$276 billones de dólares anuales o el 3.1% del Producto Interno Bruto (PIB). Estas pérdidas incluyen superficies expuestas tales como canales en techos y cañerías de salida de agua. También incluye el costo de la corrosión en la industria, y pérdidas debidas al deterioro de infraestructura pública incluyendo puentes, edificios, sistemas de abastecimiento y desechos de agua.

Ahora bien, Estrada, López, Chavarría y Rojas (2014), en el trabajo de Investigación titulado la velocidad de corrosión en el sistema acero concreto: enfoque al método de curado analizaron la velocidad de corrosión de vigas de concreto reforzado expuesto en agua mar sintética, aplicando las técnicas de electroquímicas de cinética (LPR Y EIS) y una corroboración mediante termodinámica (Pourbaix),

donde se evidenció que la velocidad de la corrosión indica que método de curado al vapor es el más propenso para el inicio a la corrosión del acero de refuerzo.

Dentro de este orden de ideas, el concreto como el resto de los materiales de construcción, se proyecta con la idea que permanezca estable a lo largo del tiempo, sin perder ninguna de las propiedades físicas y químicas que lo caracterizan. Según la Norma COVENIN 337 - 78, es considerado como “una mezcla que está constituida por el cemento, agregados inertes (finos y gruesos) y agua en proporciones adecuadas para que se obtengan las resistencias prefijadas”. Las propiedades fundamentales que definen las características del concreto son: su elevada resistencia a compresión y su gran durabilidad frente a numerosos medios naturales e industriales.

El concreto contiene poros, algunos de ellos interconectados entre sí, que pueden resultar de importancia crítica en su durabilidad, ya que los agentes agresivos externos tienen una vía de penetración a través de ellos, por Capilaridad o por Difusión. Cabe destacar que las estructuras que se proyectan con concreto armado, usan el acero para compensar la baja resistencia a la tracción del concreto y hacerlo resistente a la flexión, en consecuencia, resulta limitada su durabilidad esencialmente por el potencial de corrosión del acero.

La Corrosión no es más que la destrucción de los metales y aleaciones por interacción de tipo químico e electroquímico, con el ambiente que los rodea. Mediante esta interacción los metales pasan a formas más estables de existencias como lo son sus óxidos o sales, liberando una cierta cantidad de energía (carbonatación). El proceso así descrito, hace que los metales y aleaciones pierdan parcial o totalmente las propiedades mecánicas y físicas para lo cual fueron diseñados, constituyendo por este hecho un fenómeno destructor e indeseable.

Siendo las cosas así resulta claro, que la corrosión presente en el concreto armado es un gran problema, con la finalidad de contrarrestar tal efecto entre las posibles medidas de protección que modifican el medio, una solución posible es la adición al mismo de algún producto que reduzca la velocidad de corrosión (inhibidor). Se denomina inhibidor a cualquier constituyente de una fase cuya

presencia no es esencial para que suceda un proceso electroquímico, pero que produce un retardo del mismo, al modificar el estado superficial del material metálico. En cierto sentido, un inhibidor puede considerarse como lo opuesto a un catalizador, existe en el mercado un producto que inhibe la corrosión llamado DCI-S el cual es un inhibidor constituido por nitrito de calcio, con un ph de 8.0 a 9.5. Razón por la cual en dicho proyecto se estudiará la conducta del concreto, al incorporar un producto de esta naturaleza.

Cabe considerar, por otra parte, que los tipos de inhibidores son:

- Inhibidores pasavantes.
- Inhibidores catódicos.
- Inhibidores orgánicos.
- Inhibidores inductores de precipitado.
- Inhibidores en fase vapor.

De esta manera el estudio precedente comparativo del inhibidor de corrosión, analizara la velocidad de corrosión de vigas de concreto reforzado comparándolo con una mezcla patrón (sin inhibidor) expuesto en agua de mar sintética (sal marina diluida en agua), realizando probetas de concreto, agregándoles la misma cantidad de inhibidor DCI-S, con una única variable, exponerlas a un ambiente de cloruro de sodio al 3%, 4%, y 5%. También y por muchas razones importantes evaluar si las propiedades a compresión, fraguado, asentamiento, manejabilidad, trabajabilidad, del concreto cambian aplicándoles el inhibidor antes mencionado.

Por último es conveniente anotar que, el cloruro de sodio mayor conocido como sal común, es un compuesto formado por sodio y cloro. Su fórmula es NaCl. Su estado físico en temperatura ambiente es de un sólido blanco cristalino. Las características más destacables son: su marcado sabor salado, su fácil disolución en agua, su forma indefinida. Se puede encontrar fácilmente en el agua de mar, evaporando el agua y dejando solo la sal.

1.2 Formulación del problema

Debido a lo antes expuesto nace la siguiente interrogante ¿Cómo se puede medir o determinar la velocidad de corrosión cuando se utilizan aditivos inhibidores de corrosión en el concreto armado?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Estudiar el efecto del inhibidor de corrosión DCI-S en un ambiente de cloruro de sodio al 3%, 4%, y 5% en el concreto armado.

1.3.2. Objetivos específicos

Analizar la velocidad de corrosión con un electrodo de referencia cobre sulfato de cobre, comparándolo con una mezcla patrón.

Evaluar la efectividad del concreto endurecido realizando ensayos a compresión a las probetas que contienen dicho inhibidor.

Evaluar los ensayos de trabajabilidad, fraguado y asentamiento de la mezcla con DCI-S incorporado.

Describir las ventajas del uso del inhibidor DCI-S.

1.4. Justificación de la investigación

Hoy por hoy el concreto armado se utiliza mundialmente en la construcción de obras civiles; Para que se produzca la corrosión en el concreto armado se necesitan las siguientes condiciones:

- Estado Superficial del Acero de Refuerzo corroído.
- El espesor del Recubrimiento desgastado.
- Parámetros climatológicos:
 - La Humedad Relativa.
 - La Temperatura Ambiental.
 - Las Precipitaciones.
- Influencia de los Iones de Dióxido de Carbono y Cloruros.

Mencionado estos factores, es importante hacer conocimiento a todos los profesionales del área de la construcción (ingenieros y/o arquitectos) a la hora de

diseñar una estructura de concreto armado, cuáles serían algunas de las consecuencias que a largo, mediano y/o corto plazo puede presentar su obra y/o proyecto, y los costos que esta puede acarrear.

Cabe destacar que además de prevenir consecuencias fatales para las estructuras, dicho trabajo ayudará a evitar que estructuras de concreto armado por efecto del aumento del área del acero, producto de la oxidación, se presenten grietas y roturas produciendo fallas en la estructura de concreto. De igual forma adquirir conocimientos acerca del comportamiento del concreto combinado con otros materiales, en este caso el inhibidor DCI-S aplicado a la mezcla. Entender el acero, sus propiedades y que factores influyen para que dicho material se corroa y/o deteriore.

En atención a la problemática expuesta, se demostrará que el empleo de aditivos inhibidores permite una alternativa segura y eficiente, con un bajo monto de inversión en el control de la corrosión de acero de refuerzo presentándose ventajas significativas en comparación con otro sistema de protección.

Por último, es conveniente acotar, que la presente investigación busca un aporte favorable para la protección del acero de refuerzo en obras civiles mediante el uso de del inhibidor de corrosión DCI-S antes mencionado y expuesto.

1.5 Alcance y limitaciones

1.5.1 Alcance

Esta investigación se efectuará en el estado Carabobo específicamente en el municipio San Diego en los laboratorios de FRAMEX C.A, se quiere dar a conocer como poder medir los potenciales de la velocidad de corrosión, y si este inhibidor afecta las propiedades mecánicas del concreto, empleando la norma ASTM C 876-91.

1.5.2 Limitaciones

En cuanto a las limitaciones, se utilizará la norma estadounidense ASTM C 876-91, debido a que hay escaso material informativo en las normas venezolanas con respecto a medir la velocidad de corrosión en el acero de refuerzo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este trabajo especial de grado se está desarrollando el marco teórico con la finalidad de conocer todas las teorías y basamentos legales, para de esta manera ampliar los conocimientos, de forma breve para orientar cómo se realizará el estudio. Según Hernández, Fernández y Baptista (1998):

“Al construir el marco teórico, debemos centrarnos en el problema de investigación que nos ocupa sin divagar en otros temas ajenos al estudio. Un buen marco teórico no es aquel que contiene muchas páginas, sino el que trata con profundidad únicamente los aspectos relacionados con el problema, y vincula lógicamente y coherentemente los conceptos y proposiciones existentes en estudios anteriores.” (p. 50)

2.1. Antecedentes

Esparza Benjamín, Veloz Rodríguez María Aurora; 2014 En su trabajo de grado titulado “**Evaluación de inhibidores de corrosión en medio ácido amargo**” presentado en la Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, para optar al título de Ingeniero en Ciencias de los Materiales.

En este trabajo, se presentan los resultados obtenidos de la evaluación electroquímica de cuatro compuestos orgánicos que tienen propiedades de inhibición a la corrosión. Tales compuestos fueron utilizados en un sistema de acero al carbono SAE 1018, sumergido en una solución NACE TM 0177 [0.04M de ácido acético (CH₃COOH), acetato de sodio (NaCOOCH₃), pH = 3.5 y 30,172 ppm Cl⁻ como NaCl (0.52 M Cl⁻)] saturada con H₂S a 25°C. La evaluación de los compuestos se realizó utilizando polarización lineal (□ 20 mV sobre el potencial de corrosión) y curvas de polarización (□ 300 mV sobre el potencial de corrosión); sin agitación y

con agitación a una velocidad de 1000 revoluciones por minuto, usando un electrodo de disco rotatorio.

Los cuatro compuestos orgánicos evaluados son: a) Bencimidazol-2-tiona, b) Isoftaldehído + 5,7-dicloro8-Hidróxiquinaldina, c) Tereftaldehído + 5,7-dicloro2-metil-8-quinolinol y d) 2-Piridin-2-yl-oxazolo[4,5-b]piridina, utilizando para la evaluación diferentes concentraciones de los mismos por separado.

Los resultados indican que los compuestos, seleccionados para medios ácidos, funcionan como inhibidores de corrosión mientras no se tenga agitación en el sistema; mientras que la película de productos de corrosión o del compuesto es removida con la agitación. No obstante, el compuesto Tereftaldehído + 5,7- dicloro2-metil-8-quinolinol presentó eficiencias medianamente razonables, dando lugar a una nueva ruta de experimentación para trabajos futuros.

Así mismo, Torres Andrés, Fabela Manuel, Vázquez David; Hernández José, Martínez Miguel, Muñoz Alejandro, (2013) En su trabajo titulado **“Cambios en la rigidez y resistencia a la flexión de vigas de concreto dañadas por corrosión del refuerzo”** presentado en el Instituto Mexicano del Transporte como investigación gubernamental.

Esta publicación presenta los resultados de una investigación experimental que intenta correlacionar Se utilizaron en esta investigación 12 vigas (100x150x1500 mm) de concreto reforzado simplemente apoyadas. El concreto en la porción central de las vigas se contaminó con cloruros añadiéndole sal al concreto durante la fabricación del mismo (en 10 de las 12 vigas utilizadas). La porción central contaminada con cloruros en los cambios de rigidez y capacidad de carga. La corrosión en las vigas se aceleró aún más aplicándose una corriente anódica a la barra de refuerzo. Durante el proceso se determinó, mediante levantamientos visuales, la propagación de las grietas por corrosión. Al final del proceso de corrosión acelerado, las vigas se probaron bajo carga de flexión, aplicada al centro de la viga, y se determinó la resistencia remanente a flexión de cada una de ellas.

Por último, Cáceres Cillanueva Luis, Palza Cordero Humberto (2013) En su trabajo de grado titulado **“Estudio de la corrosión de acero al carbono en soluciones salinas de NaCl y el efecto de la hidrodinámica.”** Presentado en la Universidad de Chile para optar por el título de Ingeniero Civil Químico.

Este estudio consistió en determinar el efecto de la hidrodinámica en la corrosión de acero al carbono en soluciones con concentraciones de NaCl en el rango 0,01-0,1 M. Para esto se fabricó una celda en acrílico en la cual se colocó una placa de acero rectangular. La forma triangular del canal de la celda permite tener un gradiente de velocidades sobre la placa de acero. Se realizó un estudio cualitativo fotografiando las placas rectangulares de acero antes y después de ser corroídas. Se utilizó SEM-EDS para el análisis de la superficie del acero sin corroer y después de ser corroído, lo que permitió observar y contar los picados y las inclusiones compuestas de Mn, Al, Ca, S, O y Fe. Para comparar cuantitativamente la velocidad de corrosión entre las placas se contó el número de “núcleos de corrosión” a simple vista y el número de picados utilizando las microfotografías tomadas por una cámara digital conectada a un microscopio óptico. A partir de las mediciones se determinó que el número de picados disminuye con el aumento de la velocidad del fluido y que hay, además, una velocidad crítica sobre la cual la formación de picaduras se inhibe completamente. Se determinó que la velocidad crítica se encuentra en el rango 1-2,5 [m/s], sin embargo, no se observó una dependencia clara de esta velocidad crítica en función de la concentración de NaCl. Esta velocidad crítica es similar a la medida en otros metales, lo que lleva a concluir que la inhibición o disminución de la corrosión se debe a la rápida repasivación producto de la alta transferencia de masa entre la superficie y la solución de los reactantes (oxígeno) y productos de corrosión.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1 Corrosión

La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma de mayor

estabilidad o de menor energía interna. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión. Otros materiales no metálicos también sufren corrosión mediante otros mecanismos. El proceso de corrosión es natural y espontáneo.

La corrosión es una reacción química (oxido-reducción) en la que intervienen tres factores: la pieza manufacturada, el ambiente y el agua, o por medio de una reacción electroquímica. Es un problema industrial importante, pues puede causar accidentes (ruptura de una pieza) y, además, representa un costo importante, ya que se calcula que en pocos segundos se disuelven cinco toneladas de acero en el mundo, procedentes de unos cuantos nanómetros o picómetros, invisibles en cada pieza pero que, multiplicados por la cantidad de acero que existe en el mundo, constituyen una cantidad importante

2.2.2 Inhibidor de corrosión

Los inhibidores de corrosión son un tipo particular de aditivo químico para concreto cuya función principal no va dirigida a actuar directamente sobre el concreto en sí, sino sobre la armadura protegiéndola frente al ataque de agentes agresivos. Las armaduras de acero en el concreto se encuentran en un estado pasivado debido a la elevada alcalinidad del medio que las mantiene pasivadas. La despasivación del medio alcalino se produce por la alteración del entorno (carbonatación), aumentando la velocidad de corrosión.

Además de la presencia de agua y oxígeno, necesarios para la corrosión, la presencia de algunas sales actúa como catalizadores de esta reacción acelerando también los procesos de corrosión.

El empleo de inhibidores de corrosión puede minimizar significativamente las consecuencias de estos ataques, ya que son aditivos químicos capaces de prevenir o retardar la corrosión de armaduras embebidas en concreto.

2.2.3 Aditivos

El concreto de cemento Portland es generalmente un material estructural altamente durable, pero ciertos fenómenos físicos y químicos pueden deteriorarlo antes de que la estructura llegue a su vida útil. El deterioro rápido es frecuentemente atribuido a diseños de mezcla inadecuados, tipo de cemento impropio, baja calidad de los agregados o mal trabajo de la mezcla por parte del operador. Estos factores son muy importantes, y se rectifican podría eliminarse o disminuirse el deterioro. Sin embargo, algunos factores ambientales son tan agresivos que se hace necesario adicionar otros pasos para aumentar la durabilidad. Para lograr esto se han utilizado cementos especiales, diferentes aditivos, puzolanos, revestimientos y tratamientos de superficie. Un material que se ha adicionado al concreto para reducir la velocidad de deterioro por ataque químico es la microsíllica.

En estructuras nuevas, el uso de un buen concreto sería la mejor solución, ya que no existe mejor protección del refuerzo de acero que la película pasivante formada por la hidratación del cemento.

Los aditivos son materiales que no son normales en la composición del concreto y se añaden a la mezcla inmediatamente antes de hacerla o durante ella. Estos aditivos le proporcionan a la mezcla de concreto mejores propiedades, tales como menor porosidad, mayor resistencia a la compresión, resistencia a sulfuros, cloruros, etc. Muchas veces estos aditivos son materiales puzolánicos. Un puzolano puede definirse como un material de silicio o aluminio silicio, el cual posee poco o ningún valor cementante, pero que en forma finamente dividido y en presencia de humedad, reacciona químicamente con hidróxido de calcio para formar compuestos con propiedades cementantes.

Dependiendo del tipo de puzolano, la durabilidad del concreto mejora:

1. Reduciendo la permeabilidad del concreto
2. Reduciendo el contenido de hidróxido de calcio del cemento hidratado

3. Consumiendo el álcali durante el proceso de hidratación, y además previniendo o retardando grandemente las fallas por reacciones álcali-agregado.

Para el mismo autor antes mencionado, el concreto que contiene aditivos exhibe propiedades que reducen la corrosión del acero de refuerzo, de la cual la reducción de la permeabilidad aparece como la más importante. Baja permeabilidad del concreto con adecuado espesor sobre el acero de refuerzo son consideraciones importantes en una estrategia de protección de corrosión, lo cual debería ser incorporado dentro del diseño de las estructuras de concreto armado que están expuestas a ambientes marinos. Reduciendo la permeabilidad del concreto se reduce la transmisión del ión cloruro el cual reduce la corrosión del acero embebido y la deterioración.

2.2.4 Corrosión de la armadura en el concreto

Para Bresler, B; (1981), la corrosión del acero sin proteger representa generalmente un serio problema de mantenimiento en todos los ambientes húmedos, la corrosión del acero embebido en concreto queda limitada a unos cuantos casos especiales. Así, hay condiciones que provocan el estado de pasivo al activo, incidiendo desfavorablemente sobre la durabilidad de las estructuras de concreto armado. La corrosión de la armadura en el concreto consiste en la oxidación destructiva del acero, por medio que lo rodea. Así, la corrosión ocurre como resultado de la formación de una celda electroquímica, la cual consiste en cuatro elementos principales: un ánodo, donde ocurre la oxidación; un cátodo, donde ocurre la reducción; un conductor metálico, donde la corriente eléctrica es el flujo de electrones y un electrolito, en este caso el concreto, donde la corriente eléctrica es generada por el flujo de iones en un medio acuoso.

Según el mismo autor, corrosión de la armadura solo se produce si el pH baja hasta valores del orden de 8, por lo que serán factores que afectan o desencadenan, todos aquellos que den lugar a una neutralización del medio alcalino propio del concreto, o bien, como es el caso de las cangrejeras o de las fisuras, que supongan ausencia de contacto entre el acero y el concreto. Existen varios factores que afectan,

desencadenan o producen ambos efectos en el proceso de corrosión de las armaduras. De tal manera que: La dosificación, la compacidad y la homogeneidad del concreto, así como el espesor de recubrimiento del concreto, el estado superficial de la armadura y la humedad ambiental son los factores que afectan estos procesos.

Por otro lado, los factores desencadenantes que con más frecuencia dan lugar a la corrosión de la armadura son: presencia de cangrejas en contacto con la armadura, altas tensiones mecánicas en el acero, corrientes de interferencia, contacto galvánico entre dos metales, iones despasivantes (Cl^- , SO_4^{2-} , etc.), CO_2 atmosférico o cualquier líquido que neutralice la alcalinidad, lixiviación por aguas blandas y las fisuras. Cuando los agentes agresivos (tales como cloruros, CO_2 , oxígeno y humedad) causan la corrosión del material embebido, el óxido producido es más grande en volumen que el acero y crea fuerzas expansivas que puedan exceder el esfuerzo dólil del concreto, pudiendo ocurrir: grietas y eliminación del concreto. La pérdida del enlace entre el concreto y el acero de refuerzo y la pérdida de la acción transversal del acero producen serios problemas en la estructura y puede resultar que está colapse.

2.2.5 Estimación de la Velocidad de Corrosión

La presencia de cloruros en el concreto o la carbonatación del mismo provocan, en combinación con las variables dependientes del medio ambiente, cambios apreciables, en las variables eléctricas del sistema, ya se trate de variables de estado, como el E_{corr} , o de tipo cinético, como la intensidad de corrosión. Esto permite el control y seguimiento de la corrosión a través de la medida de tales magnitudes eléctricas.

En ausencia de cloruros y en morteros no carbonatadas (cuando las armaduras están pasivas) los valores de i_{corr} y E_{corr} resultan poco afectados por el contenido de humedad de los poros del mortero y se sitúan en estrechas bandas, entre 0,05 y 0,1

a hacerse unas 100 veces más elevadas que los valores típicos del estado pasivo y desplazándose en dirección negativa los E_{corr} , hasta alcanzar valores entre -500 y -600 mV ECS, en las probetas parcialmente sumergidas.

La técnica de Resistencia a la Polarización aplicada al concreto armado, es rápida, cuantitativa y no destructiva, y permite llegar a valores de velocidad de corrosión con bastante precisión. Este método tardó en utilizarse en el concreto armado, debido a la dificultad que presentaba en un medio de tan elevada resistividad. Pero los potencióstatos modernos compensan la caída óhmica entre los electrodos de trabajo y de referencia, por lo que se elimina o se reduce grandemente esta dificultad. (Bresler, B., 1981).

2.2.6 Descenso del pH del concreto

Según Herbert, U; (1979), el Ph del concreto puede descender de un valor crítico, no bien definido, que algunos autores sitúan en 9,5, debido a la actuación de los constituyentes ácidos del medio sobre el concreto, principalmente del CO₂ atmosférico, que provoca el proceso de carbonatación, cuya característica es la aparición de una estrecha banda que separa dos zonas con valores de pH muy diferentes, de pH > 12 la interior, y por lo general, de pH < 9 la superficial. La profundidad de la capa carbonatada es función de numerosas variables, en especial de la penetrabilidad del concreto, de forma que los concretos densos, de gran compacidad, resultan incarbonatables.

La superación de un cierto umbral de concentración de cloruros, posiblemente variable en función de las características del concreto, armaduras y medio ambiente, y la carbonatación del concreto son los factores necesarios o desencadenantes de la corrosión de las armaduras. Supuesto que se de al menos uno de estos factores imprescindibles, la peligrosidad del fenómeno viene condicionada por otros factores que, por sí solos, son incapaces de provocar la corrosión, pero que controlan en cambio, si cinética. Tales factores condicionantes son las disponibilidades de oxígeno para el desarrollo del proceso parcial catódico, el grado de humectación, la resistividad y los aditivos del concreto, entre los más importantes. Por lo general, con

las disponibilidades crecientes de agua y oxígeno se incrementa el ataque, mientras que los aditivos inhibidores lo reducen, a veces sustancialmente. Mientras no se destruya el estado pasivo, la durabilidad de las estructuras está garantizada, porque la eficacia de las películas pasivantes es muy grande. Pero tan pronto como los cloruros o la carbonatación rompen la pasividad, son los factores condicionantes, como la resistividad eléctrica del concreto y la disponibilidad de oxígeno disuelto, los que controlan el desarrollo de la corrosión.

2.2.7 Cloruro de sodio

El cloruro de sodio, sal común o sal de mesa, denominada en su forma mineral como halita, es un compuesto químico con la fórmula NaCl. El cloruro de sodio es una de las sales responsable de la salinidad del océano y del fluido extracelular de muchos organismos. También es el mayor componente de la sal comestible, comúnmente usada como condimento y conservante de comida.

2.2.8 DCI-S

El inhibidor de corrosión DCI® S es un líquido agregado al concreto durante el proceso de dosificación. Inhibe químicamente la acción corrosiva de los cloruros en el acero de refuerzo y los cordones pretensados en el concreto. DCI S ha sido formulado para proporcionar características de tiempo establecidas similares al concreto no tratado a 72 ° F (22 ° C). Un galón de DCI S pesa aproximadamente 10.7 lbs (un litro de DCI pesa aproximadamente 1.28 kg ± 0.01 kg). DCI S contiene un mínimo de 30% de nitrito de calcio.

2.2.9 Usos del DCI-S:

Se recomienda para todo el concreto reforzado con acero, postesado y pretensado que entrará en contacto con cloruros provenientes de sales de deshielo o un ambiente marino. Algunos ejemplos son plataformas de estacionamiento y estructuras de soporte, cubiertas de puentes y elementos pretensados, y estructuras en ambientes marinos. También se puede usar en concreto donde se agregan cloruros durante la fabricación.

Datos sobre la corrosión del acero:

La corrosión ocurre en presencia de oxígeno, humedad y un electrolito. A medida que los cloruros atacan el acero de refuerzo, la sal intensifica las propiedades electrolíticas del concreto, creando así una celda de corrosión. A medida que ocurre la reacción de corrosión, se forma óxido. Se aleja de la barra de refuerzo, dejando más hierro corroído. Este proceso continúa y se desarrollan dos situaciones:

1. Las barras de refuerzo se desintegran, lo que reduce la resistencia a la flexión de la estructura de concreto; y,
2. El hierro, cuando se oxida, se expande a cuatro veces su volumen original. Esta expansión da como resultado una disrupción física del concreto. Los resultados típicos son grietas, manchas, agrietamiento, desprendimiento y agujeros en el recipiente; todos los cuales son riesgos de seguridad.

2.2.10 Ventajas del producto DCI-S

1. Inhibe químicamente la acción corrosiva de los cloruros en el acero de refuerzo y los cordones pretensados en concreto
2. Extiende la vida útil de las estructuras en una sal de deshielo y un entorno marino
3. Solución rentable para el control de la corrosión inducida por cloruro de acero de refuerzo.
4. •Mezcla líquida de set neutro fácil de usar

2.2.11 Actuación del inhibidor DCI-S

El inhibidor de corrosión DCI S contiene nitrito de calcio que interactúa con el acero incrustado en el concreto para evitar el ataque de la sal. Al reaccionar químicamente con el acero de refuerzo, se forma una capa de óxido mejorada, aumentando la tolerancia del acero al cloruro. La iniciación de la corrosión se retrasa y las tasas de corrosión se mantienen bajo control. Una vez que se ha inhibido la

corrosión, no se producirá una interrupción física del concreto debido a la formación de óxido.

Cuando se agrega al concreto en cantidad suficiente según lo determinado por el contenido previsto de iones cloruro del concreto durante la vida de diseño de la estructura, DCI S mantiene un sistema activo de control de la corrosión dentro de la matriz de concreto

- Tiempo de fraguado del concreto

DCI S es un inhibidor de corrosión de fraguado neutro formulado para no afectar los tiempos de fraguado del concreto, lo que también puede agravar la pérdida de asentamiento. En algunos casos, las condiciones ambientales pueden requerir la adición de un acelerador o un retardador. En estos casos, Grace's PolarSet®, un acelerador sin cloro, o un retardador como Daratard® 17 se pueden agregar por separado a la mezcla de concreto.

- Arrastre de aire

El inhibidor de corrosión DCI S a las tasas de adición normales puede reducir moderadamente el contenido de aire retenido. Puede ser necesario aumentar la dosificación de la mezcla de aire incorporado para compensar. Las especificaciones del proyecto para DCI S generalmente mostrarán requisitos de $61/2 \pm 11/2\%$ de aire en el concreto plástico o fresco.

- Acabado y curado

El concreto que contiene el inhibidor de corrosión DCI S termina con herramientas y técnicas estándar. No es diferente de cualquier otra combinación de proporción de agua / cemento arrastrada por el aire en términos de finisecidad. Los procedimientos de curado deben seguir ACI 302 y ACI 308.

2.3 Bases legales

- COVENIN 344:2002.

Concreto fresco. Toma de muestras.

- COVENIN 354:2001.

Concreto. Método para mezclado en el laboratorio.

- COVENIN 3549:1999.

Tecnología del concreto. Manual de elementos de estadística y diseño de experimentos.

- ASTM Designación: C 876 – 91

Método Estándar de Ensayo para potenciales de Media Celda para Acero de Refuerzo no Revestido en Concreto.

- ASTM Designación: G102 – 89

Práctica Estándar para cálculo de ratas de corrosión e información relacionada de Medidas Electroquímicas.

2.4 Definición de términos básicos

Corrosión: La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma de mayor estabilidad o de menor energía interna. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión. Otros materiales no metálicos también sufren corrosión mediante otros mecanismos. El proceso de corrosión es natural y espontáneo.

Inhibidor: compuesto que tiene por efecto frenar o impedir algunas reacciones químicas, como la oxidación, la corrosión, la polimerización.

Inhibidor de corrosión: Los inhibidores de corrosión son un tipo particular de aditivo químico para concreto cuya función principal no va dirigida a actuar directamente sobre el concreto en sí, sino sobre la armadura protegiéndola frente al ataque de agentes agresivos.

Las armaduras de acero en el concreto se encuentran en un estado pasivado debido a la elevada alcalinidad del medio que las mantiene pasivadas. La

despasivación del medio alcalino se produce por la alteración del entorno (carbonatación), aumentando la velocidad de corrosión.

Carbonatación: La carbonatación es una reacción química en la que el hidróxido de calcio reacciona con el dióxido de carbono y forma carbonato cálcico insoluble:

Aditivos: Los aditivos para concreto son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones

DCI-S: El inhibidor de corrosión DCI® S es un líquido agregado al concreto durante el proceso de dosificación. Inhibe químicamente la acción corrosiva de los cloruros en el acero de refuerzo y los cordones pretensados en el concreto. DCI S ha sido formulado para proporcionar características de tiempo establecidas similares al concreto no tratado a 72 ° F (22 ° C). Un galón de DCI S pesa aproximadamente 10.7 lbs (un litro de DCI pesa aproximadamente 1.28 kg ± 0.01 kg). DCI S contiene un mínimo de 30% de nitrito de calcio.

Agregados: Material granular, el cual puede ser arena, grava, piedra triturada o escoria, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico. Agregado ligero: Agregado de baja densidad utilizado para producir concreto ligero.

Agregado fino: La grava y la gravilla son resultantes de la desintegración natural y abrasión de las rocas o del procesamiento de conglomerados débilmente ligados. ... Arena manufacturada o arena triturada: Agregado fino resultante de la trituración artificial de la roca, piedra o escoria (residuo mineral de hierro).

Agregado grueso: La grava o agregado grueso es uno de los principales componentes del concreto, por este motivo su calidad es sumamente importante para garantizar buenos resultados en la preparación de estructuras de concreto.

ASTM: Desde su fundación en 1898, ASTM International (American Society for Testing and Materials) es una de las organizaciones internacionales de desarrollo

de normas más grandes del mundo. En ASTM se reúnen productores, usuarios y consumidores, entre otros, de todo el mundo, para crear normas de consenso voluntarias.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En todo trabajo de grado de Especialización, Maestría y las Tesis Doctorales, se hace necesario que los hechos estudiados, así como las relaciones de los mismos, los resultados, las evidencias y nuevos conocimientos en relaciona al problema investigado, reúnan condiciones de objetividad, fiabilidad y validez, lo cual se consigue delimitando los procedimientos de orden metodológico, a través de intentar dar respuestas a las interrogantes objeto de estudio.

Esta investigación relacionada con estudiar el comportamiento del inhibidor de corrosión DCI-S en el concreto armado, utilizando diferentes ambientes salinos para acelerar la corrosión del acero de refuerzo, con la colaboración de FRAMEX, C.A, ubicada en Valencia, estado Carabobo, se hace necesario, situar a detalle, el conjunto de métodos, técnicas y protocolos instrumentales que se emplearan en el proceso de recolección de datos requeridos en dicho proyecto.

3.1 Tipo de investigación

Para Palella Stracuzzi y Martins Feliberto (2012), el tipo de investigación depende de la clase de estudio a realizar, es decir, sirve de orientación de como recolectar la información o datos necesarios para el desarrollo de los objetivos de la misma. De acuerdo a esto, los tipos de investigación son: de campo, pre-experimentales, cuasi experimentales, documentales.

De acuerdo al objeto de estudio se va a trabajar con una investigación de campo y documental donde Sabino (2010), la define que “La investigación de campo es la que se refiere a los métodos empleados cuando los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mide el trabajo concreto del investigador y su equipo” (p.89), y el manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestrías y Tesis Doctorales de la UPEL (2007), indica: Que una investigación de Campo, es el análisis sistemático de problemas en la realidad con el propósito bien sea de

describirlo, interpretarlo, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquier paradigma o enfoque de investigación conocidos o en desarrollo.

Y la investigación documental Baena (2001) la define: “como una técnica que consiste en la selección y recopilación de información por medio de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, de bibliotecas, hemerotecas, centros de documentación e información”, (p. 72) y Garza (2012) la define más específicamente mencionando que esta técnica “...se caracteriza por el empleo predominante de registros gráficos y sonoros como fuentes de información..., registros en forma de manuscritos e impresos,” (p. 8).

3.2 Diseño de la investigación

Según los mismos autores el diseño de la investigación se refiere a las diferentes estrategias que aborda el investigador para poder resolver el problema planteado, y los diseños de investigación pueden ser: diseño experimental, diseño no experimental y diseño bibliográfico. De acuerdo al objetivo planteado: Estudiar el comportamiento del inhibidor de corrosión DCS-I en el concreto armado, utilizando diferentes ambientes salinos para acelerar la corrosión del acero de refuerzo, el diseño de investigación es experimental, donde Palella Stracuzzi y Martins Feliberto (2012), lo definen como:

Es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y por qué causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que, una vez confirmados se convierten en leyes y generaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa.

3.3 Nivel de la investigación

Para Arias (2006), “el nivel de la investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda el fenómeno u objeto de estudio” (p.23). A este

respecto las clasifica en: (a) exploratoria; (b) exploratoria; y (c) explicativa. Según esta definición esta investigación es de tipo descriptiva.

Tomando en cuenta que la investigación descriptiva según Arias (Ob. cit), “Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p.24).se considera que la presente investigación la evaluar el comportamiento del concreto permeable utilizando diferentes tipos de agregados para la empresa FRAMEX, C.A se corresponde al planteamiento antes descrito.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

Definida claramente el tipo de investigación, el siguiente paso es clarificar cual es el objeto de estudio, estableciendo la unidad de análisis que permita delimitar la amplitud de la población. Arias (2012) define población como: “una investigación puede tener como propósito el estudio de un conjunto numeroso de objetos, individuos, e incluso documentos.

Así, la población es, el conjunto de todas las cosas que concuerdan con un determinado grupo de especificaciones requeridas por el estudio. Al determinar la población o universo, se delimita también los alcances de la investigación, permitiendo establecer prioridades que contribuyan a establecer metas para el plan de trabajo y definir claramente los objetivos a alcanzar. Por consiguiente, la determinación de la población es el soporte fundamental del trabajo de investigación. En la presente investigación se ha determinado que la población será el total de cilindros que se someterán a los estudios de velocidad de corrosión y compresión.

3.4.2 Muestra

La muestra estará determinada por un total de 120 probetas de concreto, 8 por cada diseño de mezcla, 12 de mezclas patrones y 48 de mezclas con el DCI-S incorporado, y 60 cilindros con inhibidor incorporado para pruebas de compresión.

Grupo de Mezclas		Nro de Probetas	Dosis de aditivo DCI-S L/m3
Nro	Característica	-	-
P1	Patron	4	0
	Compresion	4	0
P2	Patron	4	0
	Compresion	4	0
1	DCI-S	4	15
	Compresion	4	15
2	DCI-S	4	15
	Compresion	4	15
3	DCI-S	4	15
	Compresion	4	15
4	DCI-S	4	15
	Compresion	4	15
5	DCI-S	4	15
	Compresion	4	15
6	DCI-S	4	15
	Compresion	4	15
7	DCI-S	4	15
	Compresion	4	15
8	DCI-S	4	15
	Compresion	4	15
9	DCI-S	4	15
	Compresion	4	15
10	DCI-S	4	15
	Compresion	4	15
11	DCI-S	4	15
	Compresion	4	15
12	DCI-S	4	15
	Compresion	4	15
13	DCI-S	4	15
	Compresion	4	15

Tabla 1. Probetas

Código	CB 2502862510	(Barsanti)
Tipo Concreto	Bombeable	
R'c	250	kg/cm ²
Asentamiento	6	"
Tamaño Piedra	25	mm
Edad de ensayo	28	dias
Fractil	10	%
Relación A/C	0,53	

Tabla 2. Especificaciones del Concreto

Material	Procedencia	Cantidad	Unidad
Cemento:	Imvecen	370	kg/m ³
Arena	Tinaquillo	1.069	kg/m ³
Piedra N° 1	Acarigua	750	kg/m ³
Agua		195	lt/m ³
Aditivo			lt/m ³
Aditivo	Daratard 17	1,03	lt/m ³

Tabla 3. Ficha de Dosificación de concreto utilizado en planta para 1 m³

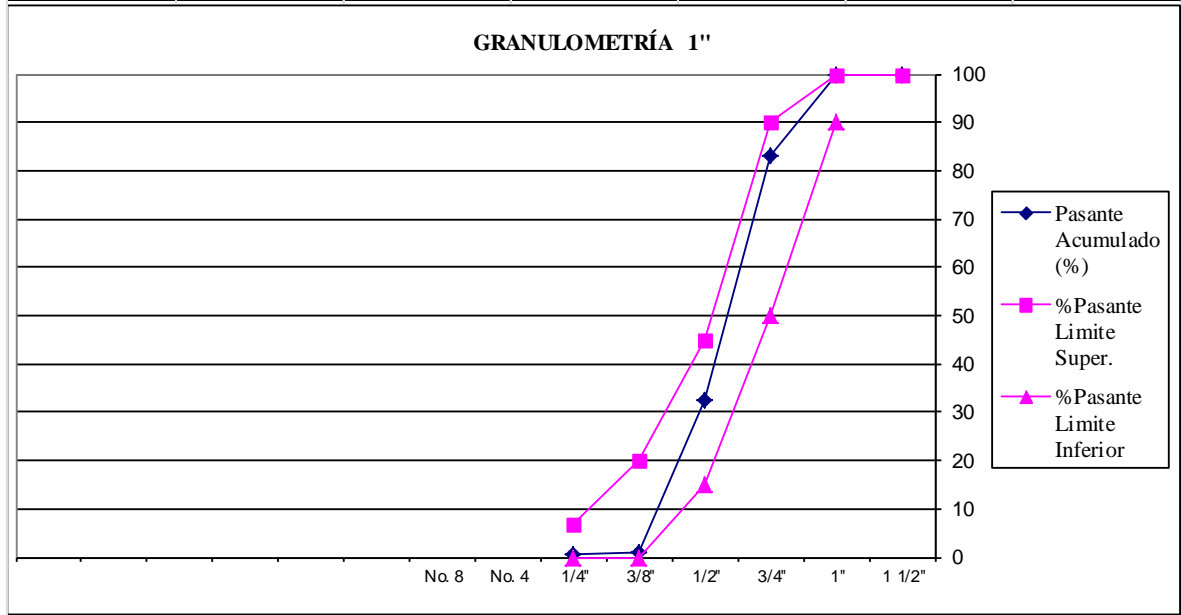
Material	Procedencia	Cantidad	Unidad
Cemento:	Imvecen	18,50	kg
Arena	Tinaquillo	53,46	kg
Piedra N° 1	Acarigua	37,50	kg
Agua		9,75	kg
Aditivo			gr
Aditivo	Daratard 17	0,05	lt

Tabla 4. Ficha de Dosificación de concreto utilizado en tesis para 1/20 m³ (Mezcla Patrón)

Material	Procedencia	Cantidad	Unidad
Cemento:	Imvecen	18,50	kg
Arena	Tinaquillo	53,46	kg
Piedra N° 1	Acarigua	37,50	kg
Agua		9,75	kg
Aditivo	Grace Inc.	750,00	gr
Aditivo	Daratard 17	0,05	lt

Tabla 5. Ficha de Dosificación de concreto utilizado en tesis para 1/20 m³ (Mezcla DCS-I)

Granulometria Agregado Grueso						
Material	Piedra Picada de rio	Procedencia	ACARIGUA Rio Acarigua	Proveedor:	ASDA	
Análisis Granulométrico - COVENIN 255		Cantidad	Retenido	Retenido	Pasante	
Tamices (Abertura de malla)		Retenida (g)	(%)	Acumulado (%)	Acumulado (%)	
37.5mm	1 1/2"					100,00
25mm	1"					100,00
19mm	3/4"	325,7	16,99	16,99		83,01
12.5mm	1/2"	967,5	50,47	67,46		32,54
9.5mm	3/8"	606,2	31,62	99,08		0,92
6.35mm	1/4"	5,5	0,29	99,36		0,64
4.75mm	No. 4					
2.38mm	No. 8					
1.19mm	No. 16					
0.6mm	No. 30					
0.3mm	No. 50					
0.15mm	No. 100					
Fondo	Fondo	12,2				
Totales:		1917,10				



Pasante Tamiz 200 COVENIN-258	
(A) Peso seco original de muestra (g) :	914,1
(B) Peso seco muestra después de lavado (g):	909,9
F= [(A) - (B)] / (A) *100 (%) :	0,46

Tabla 6. Granulometría agregado grueso.

Granulometría Agregado Fino					
Material	Arena Lavada de mina	Procedencia	Tinaquillo Las Abejas	Proveedor:	Niteroi
Análisis Granulométrico - COVENIN 255		Cantidad Retenida (g)	Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)
Tamices (Abertura de malla)					
1 1/2"	37.5mm		0,00	0,00	
1"	25mm		0,00	0,00	
3/4"	19mm		0,00	0,00	
1/2"	12.5mm		0,00	0,00	100,00
3/8"	9.5mm	20,3	1,12	1,12	98,88
1/4"	6.35mm	230,1	12,72	13,84	86,16
No. 4	4.75mm	100,4	5,55	19,39	80,61
No. 8	2.38mm	238,4	13,18	32,56	67,44
No. 16	1.19mm	208,9	11,55	44,11	55,89
No. 30	0.6mm	318,8	17,62	61,73	38,27
No. 50	0.3mm	429,4	23,73	85,46	14,54
No. 100	0.15mm	195,4	10,80	96,26	3,74
Fondo		67,7	3,74	100,00	0,00
Totales:		1809,4			
Modulo de Finura					3,41

GRANULOMETRÍA

Pasante Tamiz 200 COVENIN-258		Partículas en Suspensión COVENIN- 259	
(A) Peso seco original de muestra (g) :	500		
(B) Peso seco muestra después de lavado (g):	483,4		
F= [(A) - (B)] / (A) *100 (%) :	3,32		
Impurezas Orgánicas - COVENIN 256			
Color patron (Número Colorimétrico) *	1		

Tabla 7. Granulometría agregado fino.

Análisis Agregado Fino					
Material	Arena Lavada de mina	Procedencia	Tinaquillo Las Abejas	Proveedor:	Niteroi
Impurezas Orgánicas - COVENIN 256					
Color patron (Número Colorimétrico) *			1		
Peso Unitario Suelto y Compacto - COVENIN 263					
Tara (masa de recipiente) (kg):					3177
Volumen (dm ³):					6375
Peso de recipiente + agregado sin compactar (kg):					13447
Peso de recipiente + agregado compactado (kg):					14206
Peso Unitario Suelto: [(3) - (1)] / [(2) * 1000] kg/m ³					1.611
Peso Unitario Compacto: [(4) - (1)] / [(2) * 1000] kg/m ³					1.730
Peso Específico y Absorción (Agregado Fino) - COVENIN 268					
Peso de picnómetro con muestra y agua hasta marca de calibración (g):					1049,1 (C')
Volumen de agua añadida al picnómetro (ml):					269,9 (Va)
Peso de la muestra S.S.S. (g):					605,8 (S)
Peso del picnómetro vacío (g):					179,4 (B')
Peso de la muestra seca en aire (g):					600 (A')
Peso Específico: (A') / [(B' + 0.9976 V) + (S) - (C')]					2,54 (PE)
Peso Específico (S.S.S.): (S) / [(B' + 0.9976 V) + (S) - (C')]					2,56
Peso Específico aparente: (A') / [(B' + 0.9976 V) + (A') - (C')]					2,60
Absorción: {[(S) - (A')] / (A')} * 100					0,97 %
Vacíos: {[(PE) - (6)] / (PE)} * 100					31,90 %

Tabla 8. Análisis peso unitario suelto y compacto, peso específico y absorción en agregado fino.

Análisis Agregado Grueso				
Material	Piedra picada 1" de rio	Procedencia	Acarigua Rio Acarigua	Proveedor: ASDA
Peso Unitario Suelto y Compacto - COVENIN 263				
Tara (masa de recipiente) (kg.):				3177
Volumen (dm ³):				6375
Peso de recipiente + agregado sin compactar (kg.):				12774
Peso de recipiente + agregado compactado (kg.):				13945
Peso Unitario Suelto: [(3) - (1)] / [(2) * 1000] kg/m ³				1.505
Peso Unitario Compacto: [(4) - (1)] / [(2) * 1000] kg/m ³				1.689
Peso Específico y Absorción (Agregado Grueso) - COVENIN 269				
Peso de la muestra en el aire (g):				851,9 (A)
Peso de la muestra S.S.S. en el aire (g):				856,6 (B)
Peso de la muestra saturada en agua (g):				536 (C)
Peso Especifico: (A) / [(B) - (C)]				2,66 (D) P.E.C.
Peso Especifico (S.S.S.): (B) / [(B) - (C)]				2,67
Peso Especifico aparente: (A) / [(A) - (C)]				2,70
Absorción: { [(B) - (A)] / (A) } * 100				0,55 %
Vacíos: { [(D) - (6)] / (D) } * 100				36,43 %

Tabla 9. Análisis peso unitario suelto y compacto, peso específico y absorción en agregado grueso

3.1 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Información

Una vez que se ha realizado el plan de la investigación, se empieza a interactuar directamente con la realidad del objeto de la investigación o trabajo de campo, es entonces cuando se hace uso de las técnicas de recolección de información y/o datos, en esta se vale del empleo de instrumentos que facilitan la obtención de material bibliográfico necesario para poder desarrollar y poner en marcha el proyecto. Entre los instrumentos recurridos para obtener información para la ejecución del proyecto se encuentran:

La Observación: esta es fundamental en todos los campos de la ciencia, consiste en el uso sistemático de los sentidos orientados a la captación de la realidad que se estudia. Concebida esta técnica, la observación consiste en estar a la expectativa

frente al fenómeno, del cual se tomó y se registra la información para su posterior análisis, en ella se apoyó el investigador para obtener el mayor número de datos.

Para Stracuzzi S, y Pestana F (2004) existen dos clases de observación, la científica y la no científica, donde la diferencia básica entre ambas está en la intencionalidad. Ya que la primera significa observar un objetivo claro y preciso, donde se puede decir, que observar sin intención científica es mirar sin objetivo definido y, por tanto, sin preparación previa.

Y para Farías F (2004), puede ser: a.) Simple o no participativa, es decir, el investigador no se involucra en el medio donde se realiza el estudio; b.) Participante, en este caso el investigador pasa a ser parte de la comunidad o medio del objeto en estudio.

Internet: es actualmente la herramienta de recaudación de información más usada en todo el mundo su empleo es muy versátil y cubre una vasta gama de áreas entre ellas la planificación

Revisión de Textos: Los libros, revistas y folletos se presentan como una de las herramientas más adecuadas en el propósito de encontrar o conseguir la información necesaria acerca del proyecto.

Durante el desarrollo de la propuesta de un plan para la optimización del suministro de energía eléctrica para el sector Agua Chiquita del municipio Libertad, del estado Táchira, se emplearán textos relacionados con la planificación, planificación estratégica, manuales y catálogos de partes y equipos eléctricos, el código eléctrico nacional, libros de metodología entre otros.

Revisión de Normas: La revisión de normas como fuente de información reside en el empleo de los mismos para conocer los parámetros del concreto permeable más importantes o que tengan que tomarse en cuenta a la hora de realizar las pruebas seleccionadas.

Técnicas de análisis: El análisis: es la descomposición de un todo en sus elementos. El análisis, es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia y comprender

su esencia. El método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos.

Para llevar a cabo la investigación analítica, el profesional tendrá necesariamente que realizarla sistemáticamente a través de varias etapas de manera progresivamente ascendente. Los pasos son:

La observación: es el primer paso del analista, consiste en observar detenidamente un fenómeno que despierta interés científico o bien que ha sido escogido deliberadamente con fines de estudio.

La descripción: viene a ser la transcripción de lo que se ve, se palpa y se encuentra la observación.

El examen crítico: es consecuencia directa de la descripción, consiste en examinar el fenómeno con ojos críticos, con objetividad.

La descripción del fenómeno: analizar el fenómeno a fin conocerlo en todos sus detalles y aspectos.

La enumeración de las partes: es la resultante del análisis anterior, para hacer más fácil su estudio.

La ordenación: es la parte que facilita la comprensión del estudio.

La clasificación: es el paso definitivo de la investigación, conduce a establecer la claridad del fenómeno como un todo.

La Síntesis: es la meta y resultado final del análisis, no es propiamente un método de investigación, sino más bien una operación fundamental del espíritu, por medio del cual se logra la comprensión cabal de la esencia de lo que se ha conocido en todos sus aspectos particulares, ósea, del análisis.

La inducción: va de lo particular a lo general. Se emplea el método inductivo cuando de la observación de hechos particulares obtiene proposiciones generales. Es aquel que establece un principio general una vez realizado el estudio y análisis de hechos y fenómenos en particular.

La deducción: Va de lo general a lo particular. El método deductivo es aquel que parte de datos generales aceptados como valederos, para deducir, por medio del razonamiento lógico varias suposiciones; es decir, parte de verdades previamente establecidas como principio general para luego aplicarlos a casos individuales y comprobar así su validez.

3.2 Fases de la Investigación

Para llevar a cabo la investigación se cumplirá con cinco fases metodológicas, de acuerdo con los objetivos específicos planteados:

Fase I. Evaluar los ensayos de trabajabilidad, fraguado y asentamiento en la mezcla con el DCI-S incorporado.

Se realizarán los siguientes ensayos correspondientes para evaluar/ estudiar si este inhibidor de corrosión DCI-S afecta las propiedades de trabajabilidad, fraguado, y asentamiento de la mezcla de concreto.

Fase II. Evaluar la efectividad del concreto endurecido realizando ensayos a compresión a las probetas que contienen dicho inhibidor.

Se desarrollarán un total de 120 probetas de concreto, 8 por cada diseño de mezcla, 12 de mezclas patrones y 48 de mezclas con el DCI-S incorporado, dichas probetas se elaborarán con electrodos de trabajo (cabilla de acero de 3/8") y 60 cilindros con inhibidor incorporado para pruebas de compresión, esto con la finalidad de evaluar las propiedades del concreto endurecido y su resistencia a la compresión.

Fase III. Analizar la velocidad de corrosión con un electrodo de referencia Cobre Sulfato de Cobre comparándolo con una mezcla patrón.

Se realizarán las probetas de concreto para así proceder a realizar las pruebas y mediciones de velocidad de corrosión.

Se desarrollarán un total de 120 probetas de concreto, 8 por cada diseño de mezcla, 12 de mezclas patrones y 48 de mezclas con el DCI-S incorporado, dichas probetas se elaborarán con electrodos de trabajo (cabilla de acero de 3/8")

Evaluaremos los potenciales de corrosión con un electrodo de referencia Cu(CuSO₄) y un amperímetro, como se muestra en la figura 1.

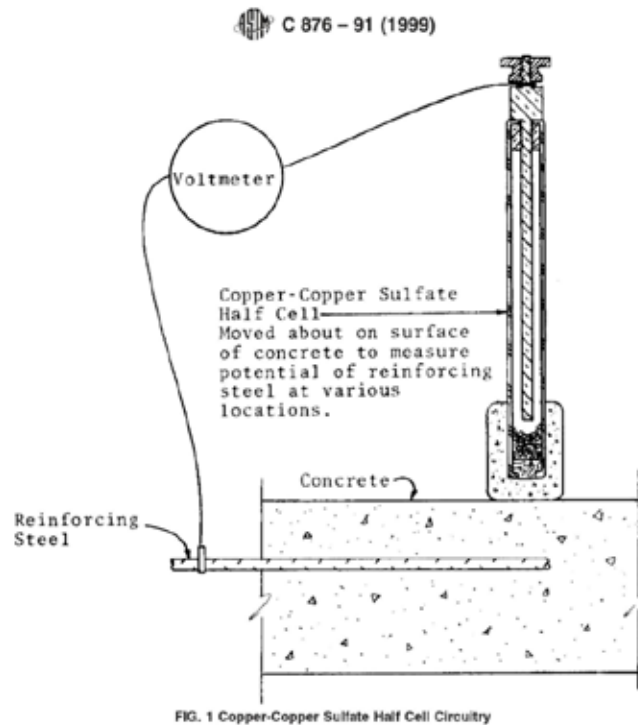


Figura 1. Circuito media celda Cu(CuSO₄) ASTM C876 – 91

Fase IV. Describir las ventajas del uso del inhibidor DCI-S.

Realizadas las tres fases anteriores se analizarán los resultados arrojados por las mismas. Esto permitirá concluir si efectivamente se puede añadir el aditivo DCI-S al concreto armado sin afectar sus propiedades. Y poder llegar a un análisis de efectividad de dicho aditivo para inhibir la corrosión

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

1.1 Evaluar los ensayos de trabajabilidad, fraguado y asentamiento en la mezcla con el DCI-S incorporado

Grupo de Mezclas		Nro de Probetas	Relacion a/c	Asentamiento
Nro	Característica	-	l/kg	cm
P1	Patron	8	0,616216216	6,5
P2	Patron	8	0,616216216	6,5
1	DCI-S	8	0,594594595	6,5
2	DCI-S	8	0,540540541	6,5
3	DCI-S	8	0,562162162	6,5
4	DCI-S	8	0,500378378	6,5
5	DCI-S	8	0,494432432	6,5
6	DCI-S	8	0,537351351	6,5
7	DCI-S	8	0,513891892	6,5
8	DCI-S	8	0,520216216	6,5
9	DCI-S	8	0,580540541	7
10	DCI-S	8	0,535351351	6,5
11	DCI-S	8	0,540540541	7
12	DCI-S	8	0,107513514	6,5
13	DCI-S	8	0,140540541	6,5

Tabla 10. Ficha de valores de Relación a/c y asentamientos.

Se obtuvo un promedio de 6,5 de asentamiento por mezcla, no se notó diferencia en el tiempo de fraguado entre las mezclas con inhibidor y mezclas patrones sin inhibidor.



Figura 2. Ensayo de asentamiento, trabajabilidad, fraguado

1.2 Evaluar la efectividad del concreto endurecido realizando ensayos a compresión a las probetas que contienen dicho inhibidor.

Grupo de Mezclas		Nro de Probetas	Dosis de aditivo DCI-S L/m3	Resistencia kg/cm2 (7 días)			Resistencia kg/cm2 (28 días)		
Nro	Característica	-	-	Cilindro 1	Cilindro 2	Promedio	Cilindro 3	Cilindro 4	Promedio
P1	Patron	4	0	-	-	-	-	-	-
	Compresion	4	0	238	252	245	306	299	302,5
P2	Patron	4	0	-	-	-	-	-	-
	Compresion	4	0	279	273	276	318	342	330
1	DCI-S	4	15	-	-	-	-	-	-
	Compresion	4	15	241	252	246,5	310	312	311
2	DCI-S	4	15	-	-	-	-	-	-
	Compresion	4	15	276	275	275,5	336	334	335
3	DCI-S	4	15	-	-	-	-	-	-
	Compresion	4	15	193	233	213	320	325	322,5
4	DCI-S	4	15	-	-	-	-	-	-
	Compresion	4	15	337	335	336	372	387	379,5
5	DCI-S	4	15	-	-	-	-	-	-
	Compresion	4	15	302	300	301	326	321	323,5
6	DCI-S	4	15	-	-	-	-	-	-
	Compresion	4	15	280	292	286	310	319	314,5
7	DCI-S	4	15	-	-	-	-	-	-
	Compresion	4	15	285	269	277	329	336	332,5
8	DCI-S	4	15	-	-	-	-	-	-
	Compresion	4	15	255	269	262	294	301	297,5
9	DCI-S	4	15	-	-	-	-	-	-
	Compresion	4	15	219	201	210	288	281	284,5
10	DCI-S	4	15	-	-	-	-	-	-
	Compresion	4	15	222	218	220	306	300	303
11	DCI-S	4	15	-	-	-	-	-	-
	Compresion	4	15	260	272	266	301	310	305,5
12	DCI-S	4	15	-	-	-	-	-	-
	Compresion	4	15	280	285	282,5	348	340	344
13	DCI-S	4	15	-	-	-	-	-	-
	Compresion	4	15	255	250	252,5	330	331	330,5

Tabla 11. Ficha de valores de resistencia a la compresión evaluados a 7 y 28 días

Se puede observar en la tabla N°7 que no afectó la resistencia a compresión en los cilindros que tienen inhibidor DCI-S en comparación con los que no tienen inhibidor. Se realizaron las pruebas a compresión de los cilindros a 7 y a 28 días a un concreto de 250 kg/cm2.



Figura 3. Ensayando las probetas de concreto a compresión en el laboratorio

Framex C.A



Figura 4. Ensayando las probetas de concreto a compresión en el laboratorio

Framex C.A

1.3 Analizar la velocidad de corrosión con un electrodo de referencia Cobre Sulfato de Cobre comparándolo con una mezcla patrón

El estudio de corrosión de acero de refuerzos en el concreto armado ha estado centrado sobre las condiciones de equilibrio y tendencia de acero de refuerzo a corroerse, habiéndose relacionado con los potenciales de corrosión midiéndolo con el electrodo de referencia cobre sulfato de cobre y tomando los resultados de voltaje con un voltiamperímetro, dando como consecuencia valores de voltaje en función del tiempo verificados según la norma ASTM C876-91. Sin embargo, los sistemas de corrosión no están en equilibrio. Por lo tanto, se hace referencia que debido a la estructura metálica expuesta en cada uno de los cilindros, se hace imposible en estos momentos la medición de la velocidad de corrosión, por ser una estructura insignificante (5 cm que sobresale del cilindro), esto no tiene influencia en lo que sucede en el contorno de las probetas; por tanto, como se observará en los siguientes resultados, es importante indicar que esto se hizo en un contexto en función del potencial de corrosión con respecto al voltaje y el tiempo, esto representa lo que se está estudiando la efectividad del inhibidor y si protege al acero de refuerzo.

Potenciales de Corrosión

El monitoreo de potencial de media celda en los especímenes (Cilindros de concreto con una cabilla de 1/2 en el centro) fue en la zona del centro como lo recomienda la norma. La interpretación de los valores de los potenciales de corrosión fue en base la Norma ASTM C876-91.



Figura 5 Medición de voltaje de las probetas

Framex C.A



Figura 6 Medición de voltaje de las probetas

Framex C.A

Potenciales de corrosión Norma ASTM C876-91	
Más positivos que -0,200 mV	Riesgo de que ocurra corrosión es de 10%
Si está entre -0,200 mV y -0,350 mV	Se tiene una incertidumbre
Si son más negativos que -0,350 mV	Se tendrá una probabilidad de 90% de que se este corroyendo el acero

Tabla 12. Potenciales de corrosión en concreto reforzado.

En los especímenes (cilindros de concreto) con acero se tiene una influencia importante de la relación agua/cemento y debido al ambiente en el que se encuentran NaCl al 3%, 4% y 5%, teniéndose para los especímenes que no contienen inhibidor, que con el paso del tiempo su tendencia es de ser más negativos lo que indica de acuerdo a la norma ASTM C876-91 se tiene una probabilidad de 90% de que se esté corroyendo el acero. Una resistencia mayor la presentan los especímenes con inhibidor con potenciales de -350 a -150 mV, con una incertidumbre y 10% de probabilidad de corrosión. Dando como resultado que los especímenes que no tienen inhibidor se reportan para los 4 meses valores a más de -500mV. Como se observa en las tablas 2, 3 y 4.

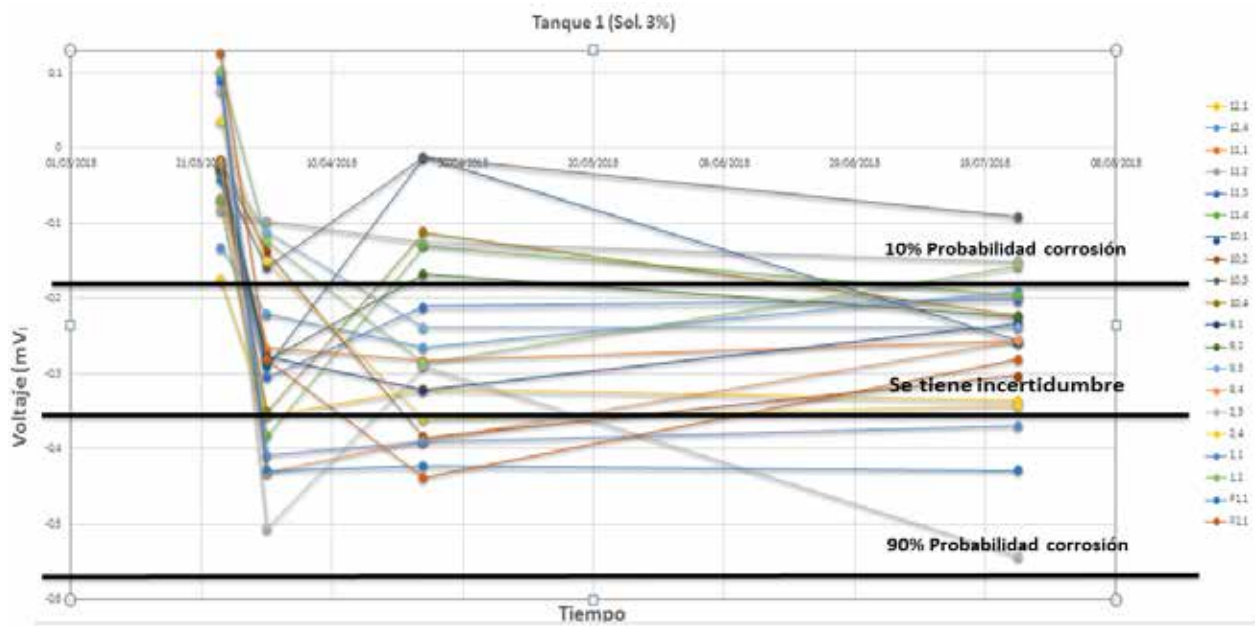


Gráfico 1. Medición de voltaje con respecto al tiempo tanque N° 1.

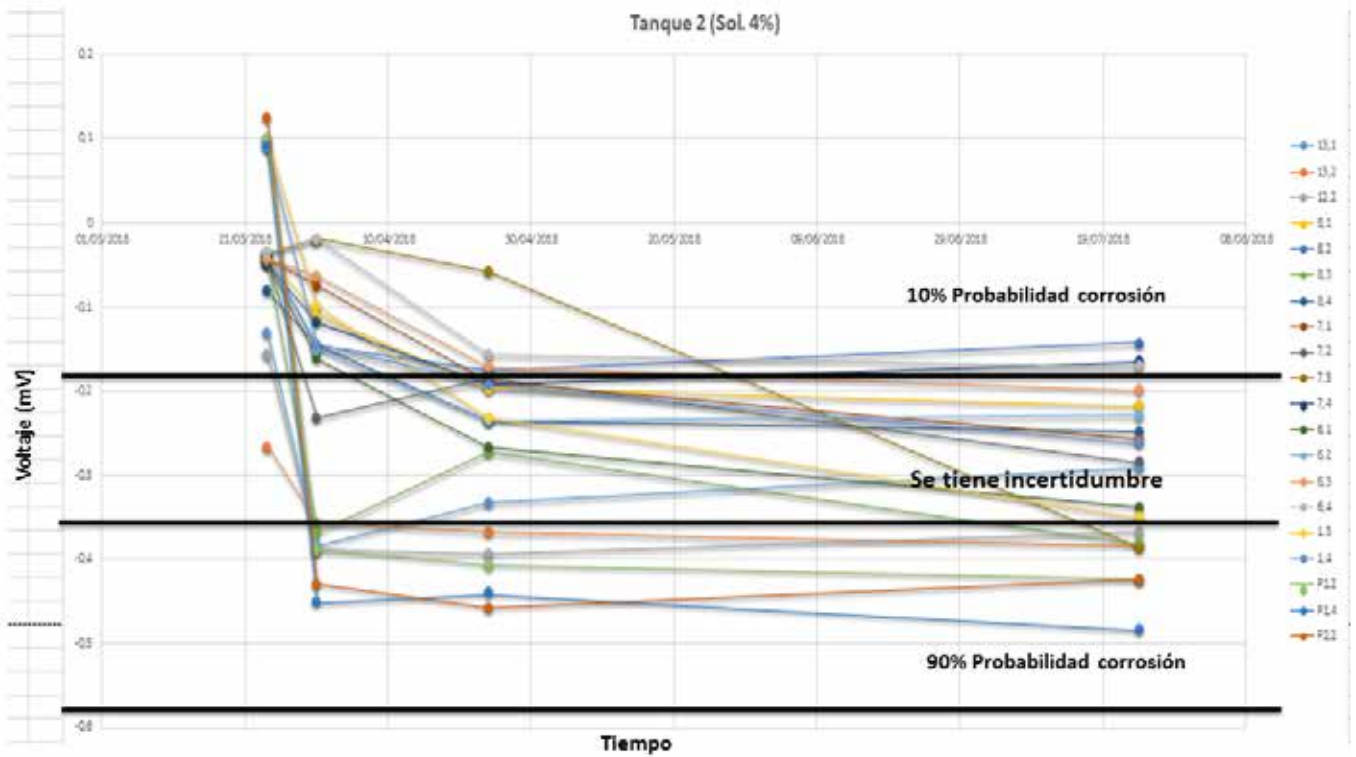


Gráfico 2. Medición de voltaje con respecto al tiempo tanque N° 2.

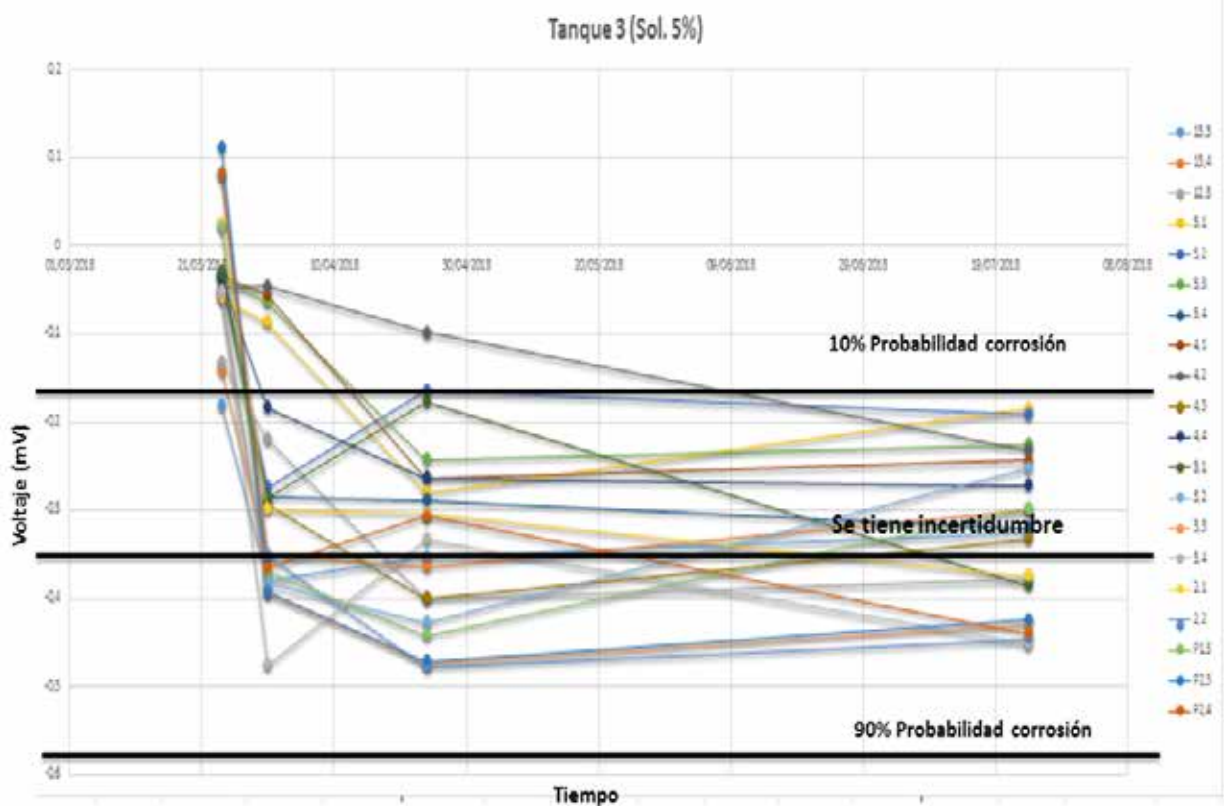


Gráfico 3. Medición de voltaje con respecto al tiempo tanque N° 3.

Este potencial de corrosión es controlado y comprobado con estas gráficas debido a que el inhibidor de corrosión DCI S contiene nitrito de calcio que interactúa con el acero incrustado en el concreto para evitar el ataque de la sal. Al reaccionar químicamente con el acero de refuerzo, se forma una capa de óxido mejorada, aumentando la tolerancia del acero al cloruro. La iniciación de la corrosión se retrasa y las tasas de corrosión se mantienen bajo control. Una vez que se ha inhibido la corrosión, no se producirá una interrupción física del concreto debido a la formación de óxido.

Cuando se agrega al concreto en cantidad suficiente según lo determinado por el contenido previsto de iones cloruro del concreto durante la vida de diseño de la

estructura, DCI S mantiene un sistema activo de control de la corrosión dentro de la matriz de concreto.

En el tanque numero 1 solución al 3 % se pueden observar que en la toma de medición numero 3 algunos cilindro siguen en la zona de solo 10% de corrosión en comparación con las soluciones al 4% y 5 % que en la tercera medición se tiene incertidumbre con respecto a la corrosión, esto debido a que la acción del cloruro de sodio es mayor en estas dos soluciones.

Tanque 1 (Sol. 3%)					
		24/03/2018	31/03/2018	24/04/2018	24/07/2018
Mezcla DCI-S	Cilindro	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)
12	12,1	-0,175	-0,355	-0,32	-0,335
	12,4	-0,131	-0,220	-0,264	-0,191
11	11,1	-0,066	-0,266	-0,282	-0,256
	11,2	-0,082	-0,097	-0,126	-0,15
	11,3	-0,041	-0,304	-0,211	-0,202
	11,4	-0,070	-0,382	-0,129	-0,195
10	10,1	-0,025	-0,290	-0,011	-0,257
	10,2	-0,020	-0,137	-0,384	-0,303
	10,3	-0,031	-0,158	-0,012	-0,091
	10,4	-0,015	-0,350	-0,111	-0,222
9	9,1	-0,026	-0,277	-0,321	-0,233
	9,2	-0,028	-0,281	-0,167	-0,224
	9,3	-0,020	-0,111	-0,238	-0,238
	9,4	-0,019	-0,431	-0,388	-0,255
2	2,3	0,078	-0,505	-0,29	-0,542
	2,4	0,036	-0,150	-0,36	-0,342
1	1,1	0,101	-0,408	-0,391	-0,369
	1,2	0,103	-0,123	-0,285	-0,157
Mezcla PATRON	Cilindro	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)
P1	P1,1	0,090	-0,428	-0,423	-0,428
P2	P2,1	0,126	-0,280	-0,438	-0,28

Tabla 13. Mediciones de voltaje para tanque 1 (Sol 3% de NaCl).

Tanque 2 (Sol. 4%)					
		24/03/2018	31/03/2018	24/04/2018	24/07/2018
Mezcla DCI-S	Cilindro	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)
13	13,1	-0,131	-0,383	-0,332	-0,291
	13,2	-0,266	-0,356	-0,368	-0,383
12	12,2	-0,156	-0,389	-0,393	-0,368
8	8,1	-0,037	-0,109	-0,197	-0,217
	8,2	-0,037	-0,147	-0,174	-0,143
	8,3	-0,046	-0,368	-0,273	-0,381
	8,4	-0,080	-0,145	-0,234	-0,247
7	7,1	-0,042	-0,074	-0,189	-0,257
	7,2	-0,046	-0,231	-0,185	-0,284
	7,3	-0,037	-0,020	-0,058	-0,385
	7,4	-0,049	-0,117	-0,19	-0,164
6	6,1	-0,047	-0,161	-0,267	-0,337
	6,2	-0,037	-0,150	-0,234	-0,229
	6,3	-0,042	-0,063	-0,171	-0,198
	6,4	-0,036	-0,020	-0,157	-0,17
1	1,3	0,100	-0,098	-0,231	-0,349
	1,4	0,090	-0,145	-0,192	-0,261
Mezcla PATRON	Cilindro	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)
P1	P1,2	0,101	-0,387	-0,406	-0,423
	P1,4	0,091	-0,450	-0,439	-0,483
P2	P2,2	0,125	-0,428	-0,456	-0,423

Tabla 14. Mediciones de voltaje para tanque 2 (Sol 4% de NaCl).

Tanque 3 (Sol. 5%)					
		24/03/2018	31/03/2018	24/04/2018	24/07/2018
Mezcla DCIS	Cilindro	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)
13	13,3	-0,181	-0,38	-0,355	-0,327
	13,4	-0,142	-0,352	-0,365	-0,3
12	12,3	-0,133	-0,220	-0,401	-0,38
5	5,1	-0,059	-0,088	-0,28	-0,185
	5,2	-0,034	-0,275	-0,165	-0,193
	5,3	-0,037	-0,065	-0,242	-0,225
	5,4	-0,031	-0,284	-0,288	-0,32
4	4,1	-0,035	-0,057	-0,264	-0,245
	4,2	-0,049	-0,047	-0,099	-0,233
	4,3	-0,031	-0,294	-0,401	-0,334
	4,4	-0,036	-0,184	-0,264	-0,272
3	3,1	-0,032	-0,288	-0,177	-0,386
	3,2	-0,053	-0,385	-0,428	-0,253
	3,3	-0,058	-0,393	-0,473	-0,428
	3,4	-0,054	-0,476	-0,334	-0,453
2	2,1	0,024	-0,300	-0,305	-0,376
	2,2	0,078	-0,351	-0,478	-0,447
Mezcla PATRON	Cilindro	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)	Voltaje (mV)
P1	P1,3	0,021	-0,371	-0,443	-0,299
P2	P2,3	0,111	-0,394	-0,472	-0,426
	P2,4	0,08	-0,367	-0,308	-0,441

Tabla 15. Mediciones de voltaje para tanque 3 (Sol 5% de NaCl).

Tanque 1 (Sol. 3%)					
		24/03/2018	31/03/2018	24/04/2018	24/07/2018
Mezcla DCIS	Cilindro	Corriente	Corriente	Corriente	Corriente
12	12,1	0	0	0	-3,45005E-11
	12,4	0	0	0	-1,96704E-11
11	11,1	0	0	0	-2,63646E-11
	11,2	0	0	0	-1,5448E-11
	11,3	0	0	0	-2,08033E-11
	11,4	0	0	0	-2,00824E-11
10	10,1	0	0	0	-2,64676E-11
	10,2	0	0	0	-3,12049E-11
	10,3	0	0	0	-9,37178E-12
	10,4	0	0	0	-2,2863E-11
9	9,1	0	0	0	-2,39959E-11
	9,2	0	0	0	-2,3069E-11
	9,3	0	0	0	-2,45108E-11
	9,4	0	0	0	-2,62616E-11
2	2,3	0	0	0	-5,58187E-11
	2,4	0	0	0	-3,52214E-11
1	1,1	0	0	0	-3,80021E-11
	1,2	0	0	0	-1,61689E-11
Mezcla PATRON	Cilindro	Corriente	Corriente	Corriente	Corriente
P1	P1,1	0,000	0,000	0,000	-4,40783E-11
P2	P2,1	0	0	0	-2,88363E-11

Tabla 16. Mediciones de corriente para tanque 1 (Sol 3% de NaCl).

24/07/2018	24/07/2018
Voltaje (mV)	Corriente (mA)
-0,335	-3,45005E-11
-0,191	-1,96704E-11
-0,256	-2,63646E-11
-0,15	-1,5448E-11
-0,202	-2,08033E-11
-0,195	-2,00824E-11
-0,257	-2,64676E-11
-0,303	-3,12049E-11
-0,091	-9,37178E-12
-0,222	-2,2863E-11
-0,233	-2,39959E-11
-0,224	-2,3069E-11
-0,238	-2,45108E-11
-0,255	-2,62616E-11
-0,542	-5,58187E-11
-0,342	-3,52214E-11
-0,369	-3,80021E-11
-0,157	-1,61689E-11
Voltaje (mV)	Corriente (mA)
-0,428	-4,40783E-11
-0,28	-2,88363E-11

Tabla 17. Valores obtenidos de corriente con respecto al voltaje, empleando la ley de ohm. Tanque 1 (Sol 3% de NaCl).

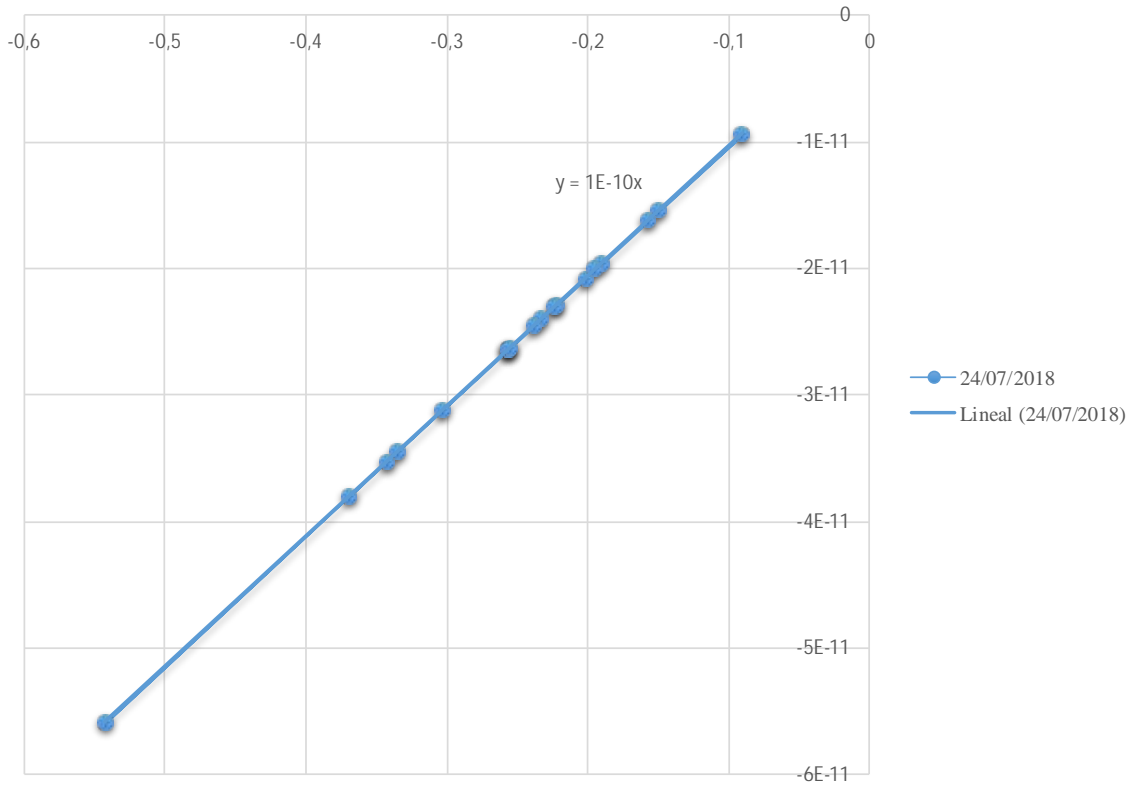


Gráfico 4. Gráfica de línea de tendencia del voltaje con respecto a la corriente.
Tanque 1 (Sol 3% de NaCl) Mezcla DCI-S.

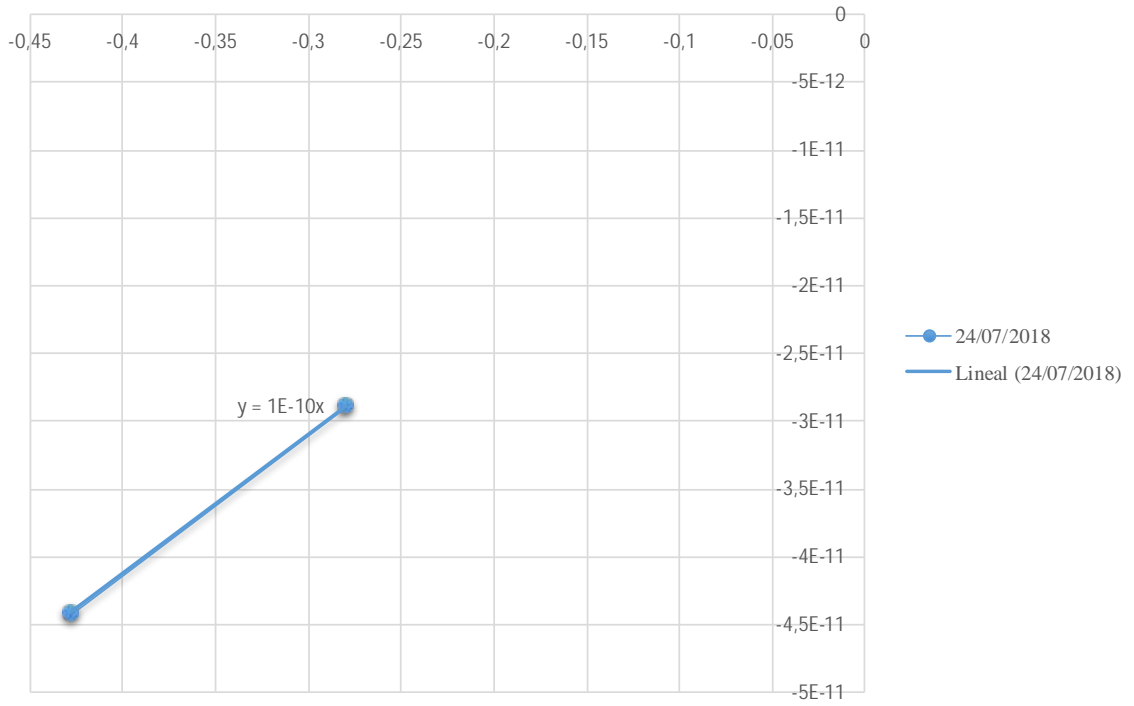


Gráfico 5. Gráfica de línea de tendencia del voltaje con respecto a la corriente.
Tanque 1 (Sol 3% de NaCl) Mezcla patrón.

		24/03/2018	31/03/2018	24/04/2018
Mezcla DCI-S	Cilindro	Corriente (mA)	Corriente (mA)	Corriente (mA)
12	12,1	-1,75E-11	-3,55E-11	-3,2E-11
	12,4	-1,31E-11	-2,2E-11	-2,64E-11
11	11,1	-6,6E-12	-2,66E-11	-2,82E-11
	11,2	-8,2E-12	-9,7E-12	-1,26E-11
	11,3	-4,1E-12	-3,04E-11	-2,11E-11
	11,4	-7E-12	-3,82E-11	-1,29E-11
10	10,1	-2,5E-12	-2,9E-11	-1,1E-12
	10,2	-2E-12	-1,37E-11	-3,84E-11
	10,3	-3,1E-12	-1,58E-11	-1,2E-12
	10,4	-1,5E-12	-3,5E-11	-1,11E-11
9	9,1	-2,6E-12	-2,77E-11	-3,21E-11
	9,2	-2,8E-12	-2,81E-11	-1,67E-11
	9,3	-2E-12	-1,11E-11	-2,38E-11
	9,4	-1,9E-12	-4,31E-11	-3,88E-11
2	2,3	7,8E-12	-5,05E-11	-2,9E-11
	2,4	3,6E-12	-1,5E-11	-3,6E-11
1	1,1	1,01E-11	-4,08E-11	-3,91E-11
	1,2	1,03E-11	-1,23E-11	-2,85E-11
Mezcla PATRON	Corriente	Corriente (mA)	Corriente (mA)	Corriente (mA)
P1	P1,1	9E-12	-4,28E-11	-4,23E-11
P2	P2,1	1,26E-11	-2,8E-11	-4,38E-11

Tabla 18. Estimación de la corriente en probetas según la línea de tendencia obtenida en los gráficos 4 y 5.

Tanque 2 (Sol. 4%)					
		24/03/2018	31/03/2018	24/04/2018	24/07/2018
Mezcla DCI-S	Cilindro	Corriente (mA)	Corriente (mA)	Corriente (mA)	Corriente (mA)
13	13,1	0	0	0	-2,99691E-11
	13,2	0	0	0	-3,94439E-11
12	12,2	0	0	0	-3,78991E-11
8	8,1	0	0	0	-2,23481E-11
	8,2	0	0	0	-1,47271E-11
	8,3	0	0	0	-3,92379E-11
	8,4	0	0	0	-2,54377E-11
7	7,1	0	0	0	-2,64676E-11
	7,2	0	0	0	-2,92482E-11
	7,3	0	0	0	-3,96498E-11
	7,4	0	0	0	-1,68898E-11
6	6,1	0	0	0	-3,47065E-11
	6,2	0	0	0	-2,35839E-11
	6,3	0	0	0	-2,03913E-11
	6,4	0	0	0	-1,75077E-11
1	1,3	0	0	0	-3,59423E-11
	1,4	0	0	0	-2,68795E-11
Mezcla PATRON	Cilindro	Corriente (mA)	Corriente (mA)	Corriente (mA)	Corriente (mA)
P1	P1,2	0	0	0	-4,35633E-11
	P1,4	0	0	0	-4,97425E-11
P2	P2,2	0	0	0	-4,35633E-11

Tabla 19. Mediciones de corriente para tanque 2 (Sol 4% de NaCl).

24/07/2018	24/07/2018
Corriente (mA)	Voltaje (mV)
-2,99691E-11	-0,291
-3,94439E-11	-0,383
-3,78991E-11	-0,368
-2,23481E-11	-0,217
-1,47271E-11	-0,143
-3,92379E-11	-0,381
-2,54377E-11	-0,247
-2,64676E-11	-0,257
-2,92482E-11	-0,284
-3,96498E-11	-0,385
-1,68898E-11	-0,164
-3,47065E-11	-0,337
-2,35839E-11	-0,229
-2,03913E-11	-0,198
-1,75077E-11	-0,17
-3,59423E-11	-0,349
-2,68795E-11	-0,261
Corriente (mA)	Voltaje (mV)
-4,35633E-11	-0,423
-4,97425E-11	-0,483
-4,35633E-11	-0,423

Tabla 20. Valores obtenidos de corriente con respecto al voltaje, empleando la ley de ohm. Tanque 2 (Sol 4% de NaCl).

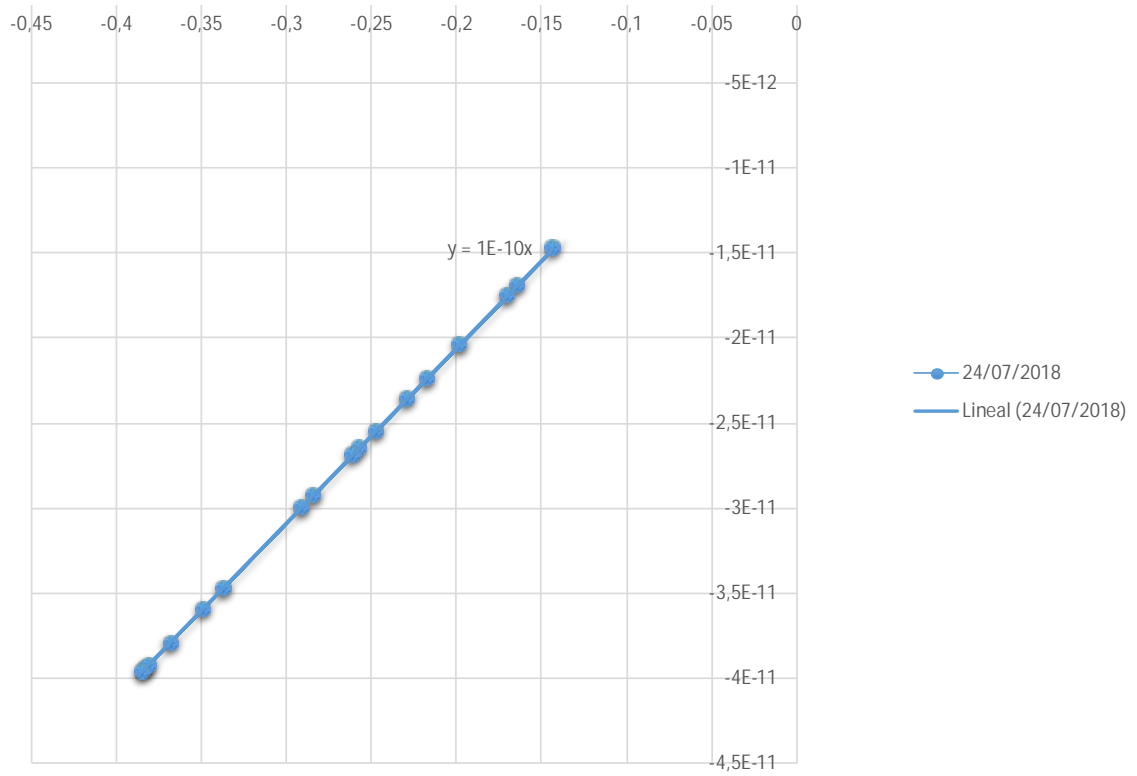


Gráfico 6. Gráfica de línea de tendencia del voltaje con respecto a la corriente.
Tanque 2 (Sol 4% de NaCl) Mezcla DCI-S.

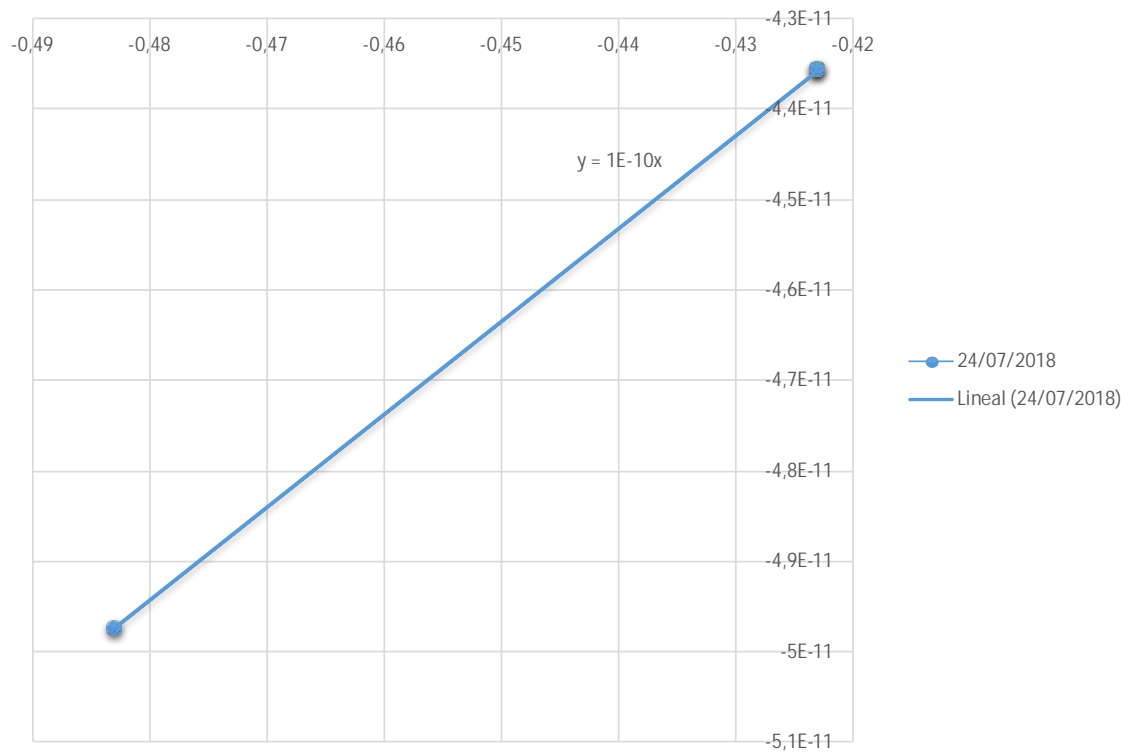


Gráfico 7. Gráfica de línea de tendencia del voltaje con respecto a la corriente.
Tanque 2 (Sol 4% de NaCl) Mezcla patrón.

		24/03/2018	31/03/2018	24/04/2018
Mezcla DCI-S	Cilindro	Corriente (mA)	Corriente (mA)	Corriente (mA)
13	13,1	-1,31E-11	-3,83E-11	-3,32E-11
	13,2	-2,66E-11	-3,56E-11	-3,68E-11
12	12,2	-1,56E-11	-3,89E-11	-3,93E-11
8	8,1	-3,7E-12	-1,09E-11	-1,97E-11
	8,2	-3,7E-12	-1,47E-11	-1,74E-11
	8,3	-4,6E-12	-3,68E-11	-2,73E-11
	8,4	-8E-12	-1,45E-11	-2,34E-11
7	7,1	-4,2E-12	-7,4E-12	-1,89E-11
	7,2	-4,6E-12	-2,31E-11	-1,85E-11
	7,3	-3,7E-12	-2E-12	-5,8E-12
	7,4	-4,9E-12	-1,17E-11	-1,9E-11
6	6,1	-4,7E-12	-1,61E-11	-2,67E-11
	6,2	-3,7E-12	-1,5E-11	-2,34E-11
	6,3	-4,2E-12	-6,3E-12	-1,71E-11
	6,4	-3,6E-12	-2E-12	-1,57E-11
1	1,3	1E-11	-9,8E-12	-2,31E-11
	1,4	9E-12	-1,45E-11	-1,92E-11
Mezcla PATRON	Cilindro	Corriente (mA)	Corriente (mA)	Corriente (mA)
P1	P1,2	1,01E-11	-3,87E-11	-4,06E-11
	P1,4	9,1E-12	-4,5E-11	-4,39E-11
P2	P2,2	1,25E-11	-4,28E-11	-4,56E-11

Tabla 21. Estimación de la corriente en probetas según la línea de tendencia obtenida en los gráficos 6 y 7.

Tanque 3 (Sol. 5%)					
		24/03/2018	31/03/2018	24/04/2018	24/07/2018
Mezcla DCI-S	Cilindro	Corriente (mA)	Corriente (mA)	Corriente (mA)	Corriente (mA)
13	13,3	0	0	0	-3,36766E-11
	13,4	0	0	0	-3,0896E-11
12	12,3	0	0	0	-3,91349E-11
5	5,1	0	0	0	-1,90525E-11
	5,2	0	0	0	-1,98764E-11
	5,3	0	0	0	-2,3172E-11
	5,4	0	0	0	-3,29557E-11
4	4,1	0	0	0	-2,52317E-11
	4,2	0	0	0	-2,39959E-11
	4,3	0	0	0	-3,43975E-11
	4,4	0	0	0	-2,80124E-11
3	3,1	0	0	0	-3,97528E-11
	3,2	0	0	0	-2,60556E-11
	3,3	0	0	0	-4,40783E-11
	3,4	0	0	0	-4,66529E-11
2	2,1	0	0	0	-3,8723E-11
	2,2	0	0	0	-4,6035E-11
Mezcla PATRON	Cilindro	Corriente (mA)	Corriente (mA)	Corriente (mA)	Corriente (mA)
P1	P1,3	0	0	0	-3,0793E-11
P2	P2,3	0	0	0	-4,38723E-11
	P2,4	0	0	0	-4,54171E-11

Tabla 22. Mediciones de corriente para tanque 3 (Sol 5% de NaCl).

24/07/2018	24/07/2018
Voltaje (mV)	Corriente (mA)
-0,327	-3,36766E-11
-0,3	-3,0896E-11
-0,38	-3,91349E-11
-0,185	-1,90525E-11
-0,193	-1,98764E-11
-0,225	-2,3172E-11
-0,32	-3,29557E-11
-0,245	-2,52317E-11
-0,233	-2,39959E-11
-0,334	-3,43975E-11
-0,272	-2,80124E-11
-0,386	-3,97528E-11
-0,253	-2,60556E-11
-0,428	-4,40783E-11
-0,453	-4,66529E-11
-0,376	-3,8723E-11
-0,447	-4,6035E-11
Voltaje (mV)	Corriente (mA)
-0,299	-3,0793E-11
-0,426	-4,38723E-11
-0,441	-4,54171E-11

Tabla 23. Valores obtenidos de corriente con respecto al voltaje, empleando la ley de ohm. Tanque 3 (Sol 5% de NaCl).

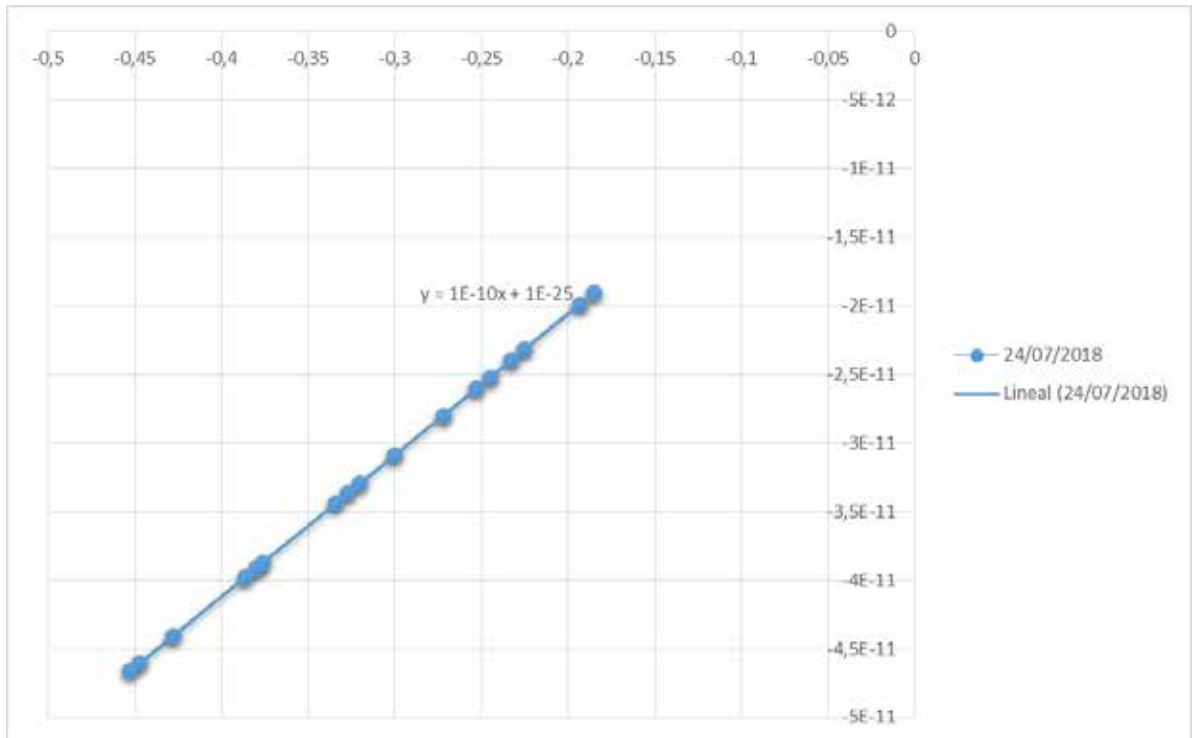


Gráfico 8. Gráfica de línea de tendencia del voltaje con respecto a la corriente.
Tanque 3 (Sol 5% de NaCl) Mezcla DCI-S.

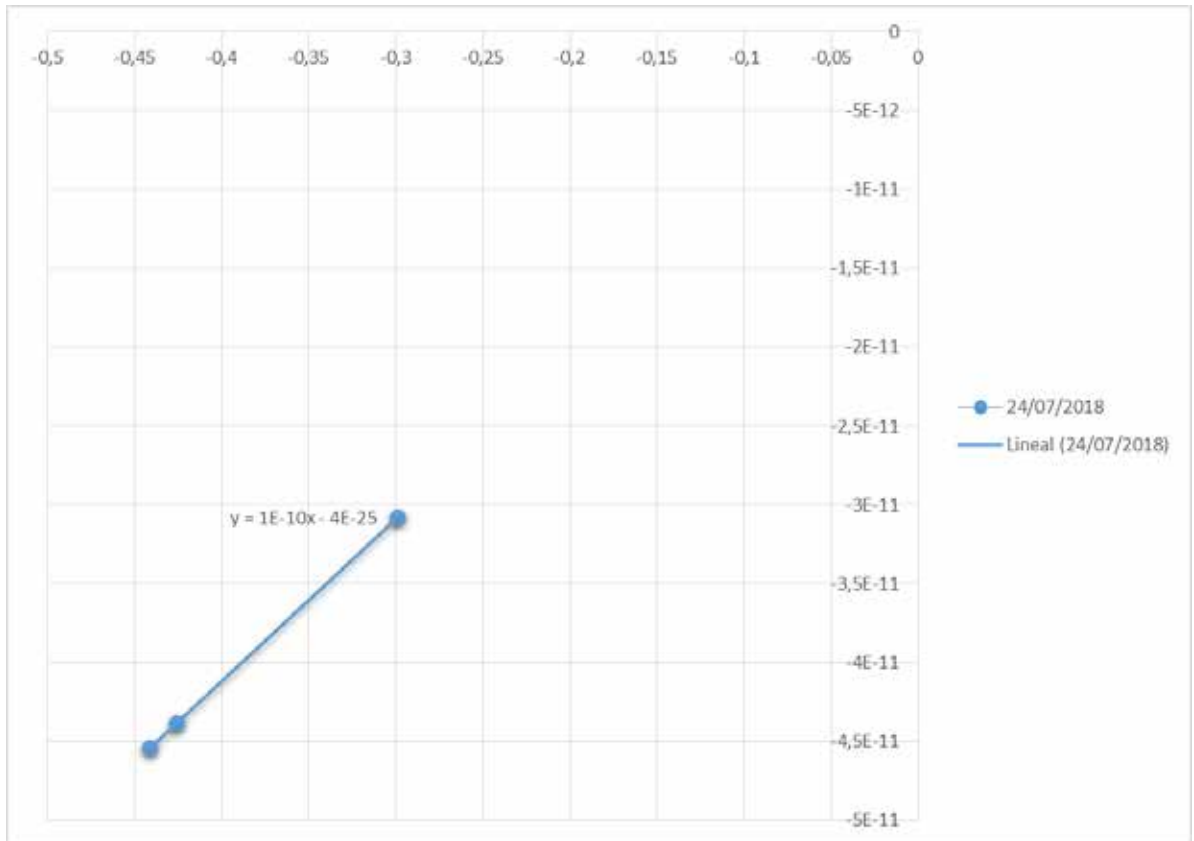


Gráfico 9. Gráfica de línea de tendencia del voltaje con respecto a la corriente.
Tanque 3 (Sol 5% de NaCl) Mezcla patrón.

Tanque 3 (Sol. 5%)				
		24/03/2018	31/03/2018	24/04/2018
Mezcla DCI-S	Cilindro	Corriente (mA)	Corriente (mA)	Corriente (mA)
13	13,3	-1,81E-11	-3,8E-11	-3,55E-11
	13,4	-1,42E-11	-3,52E-11	-3,65E-11
12	12,3	-1,33E-11	-2,2E-11	-4,01E-11
5	5,1	-5,9E-12	-8,8E-12	-2,8E-11
	5,2	-3,4E-12	-2,75E-11	-1,65E-11
	5,3	-3,7E-12	-6,5E-12	-2,42E-11
	5,4	-3,1E-12	-2,84E-11	-2,88E-11
4	4,1	-3,5E-12	-5,7E-12	-2,64E-11
	4,2	-4,9E-12	-4,7E-12	-9,9E-12
	4,3	-3,1E-12	-2,94E-11	-4,01E-11
	4,4	-3,6E-12	-1,84E-11	-2,64E-11
3	3,1	-3,2E-12	-2,88E-11	-1,77E-11
	3,2	-5,3E-12	-3,85E-11	-4,28E-11
	3,3	-5,8E-12	-3,93E-11	-4,73E-11
	3,4	-5,4E-12	-4,76E-11	-3,34E-11
2	2,1	2,4E-12	-3E-11	-3,05E-11
	2,2	7,8E-12	-3,51E-11	-4,78E-11
Mezcla PATRON	Cilindro	Corriente (mA)	Corriente (mA)	Corriente (mA)
P1	P1,3	2,1E-12	-3,71E-11	-4,43E-11
P2	P2,3	1,11E-11	-3,94E-11	-4,72E-11
	P2,4	8E-12	-3,67E-11	-3,08E-11

Tabla 24. Estimación de la corriente en probetas según la línea de tendencia obtenida en los gráficos 8 y 9.

1.4 Describir las ventajas del uso del inhibidor DCI-S.

- No afecta las propiedades mecánicas del concreto.
- Mejora la porosidad del concreto en una mínima escala.
- Se comprobó que el inhibidor retrasa/inhíbe la corrosión.
- Es evidente que hace más durable el concreto debido a que retrasa la corrosión.
- Al momento de los vaciados de concreto no se vea afectado la manejabilidad del mismo.

CONCLUSIONES

El inhibidor DCI-S imparte al concreto y al metal su condición de protección, como pueden notarse en los gráficos 1, 2 y 3 el riesgo de corrosión de la mayoría de todas las probetas con el aditivo inhibidor esta en incertidumbre, mientras que las probetas patrones están en un rango de 90% probabilidades de corrosión, lo que quiere decir que el inhibidor tiene la capacidad de proteger al acero respectivamente.

Se ha verificado que el uso de aditivo inhibidor de corrosión no afecta negativamente las propiedades mecánicas del concreto, ya que este actúa electroquímicamente en la mezcla endurecida, inhibiendo químicamente la acción corrosiva de los cloruros en el acero de refuerzo.

Se concluye que el inhibidor pierde su efecto en un medio de cloruro de sodio mayor al 4%; debido a que las probetas sumergidas en el tanque al 5% de NaCl no dieron los resultados esperados, ya que presentan mayor cantidad de probetas una probabilidad de corrosión de un 90% como puede observarse, en el gráfico 3, guiado por la norma ASTM C876-91 en donde se explica cómo deben ser analizados los potenciales de corrosión.

Se observa claramente, en la tabla 3 que las pruebas de asentamiento de la mezcla fresca no se ven afectadas por el uso de este inhibidor, obteniendo en la mayoría de los ensayos un asentamiento promedio de 6,5 cm, el cual es un valor estándar esperado para concretos con resistencia de 250 kg/cm².

Debe señalarse, que la relación agua cemento afecta la acción del inhibidor, ya que según se ha visto en la tabla 3 la relación a/c se mantuvo en un rango de 0,5 – 0,7 l/kg, exceptuando las mezclas 12 y 13 que tuvieron como resultado valores entre 0,1 – 0,2 l/kg, en los gráficos 1, 2 y 3 se puede observar que, los valores de voltaje en las probetas de dichas mezclas dan como resultado valores similares a los de las probetas patrones, se quiere con ello significar, que a menor relación a/c mayor porosidad en el concreto endurecido, por lo tanto la acción de los cloruros es más abrasiva hacia el acero de refuerzo.

Los mejores resultados según los ensayos realizados, se obtuvieron en los tanques al 3% y 4% de NaCl tal como se observa, en los gráficos 1 y 2, ya que el inhibidor actúa con mayor efectividad en las probetas, inhibiendo mayormente la corrosión en el periodo de tiempo establecido (4 meses).

Por último, es conveniente anotar, que este aditivo solo retrasa la corrosión, es decir que no la elimina por completo por ello es recomendable utilizar otros productos para así complementar la lucha contra la corrosión.

RECOMENDACIONES

El buen uso de la ficha técnica del inhibidor DCI-S podrá facilitar el uso del aditivo, y así obtener una mayor efectividad a lo largo del tiempo, se debe tener en cuenta las concentraciones de l/m³ del aditivo recomendadas por el fabricante, para así tomar en consideración, que si se diera la situación de un ambiente con NaCl mayor al 5% considerar la adición máxima de l/m³ del producto expuesta en la ficha técnica.

La aplicación de este producto permite la protección del concreto, por lo tanto hace que este sea más duradero, es por eso, que se recomienda el uso de otros sistemas de protección como aditivos impermeabilizantes o pinturas epoxicas para un mejor resultado a lo largo de la vida útil de la estructura.

Se debe tener precaución a la hora de realizar mediciones de voltaje en las probetas con acero de refuerzo, ya que los resultados no son constantes, y cualquier error en el ambiente de medición podría alterar los valores de voltaje notablemente, se recomienda, que el lugar donde estén posicionados los cables conectores de la media celda y el voltiampermetro estén alejados del contacto con el agua, tomar la lectura mayor que indique el voltiampermetro y por último se debe esperar que el medio electrolítico (en este caso agua) se estabilice para tomar la medición.

La elaboración de las probetas debe realizarse lo más exacto posible a la hora de compactación en los moldes cilíndricos, establece la norma venezolana COVENIN 338 – 2002 que el concreto se coloca en tres capas de igual volumen, y cada capa debe compactarse con 25 golpes usando la barra compactadora, de no ser así podríamos obtener en los cilindros una porosidad muy alta debido a la mala compactación de los mismos, es por ello, que mientras más precisión se tenga al momento de realizar los golpes mejores resultados se obtendrán.

Por último, se recomienda también, hacer otras investigaciones utilizando este mismo aditivo, como lo son evaluar la porosidad del concreto y realizar pruebas de medición del pH del concreto para así continuar profundizando más este trabajo y este estudio del inhibidor agregado al concreto armado.

REFERENCIAS

- Andrade C (1988). Manual de inspección de obras dañadas por corrosión de armaduras. España.
- Andrade y Feliu (1991), “la corrosión es el camino de retorno de un metal a su estado natural (oxidado)”
- Anzola E. (1996). Efectividad de un inhibidor de la corrosión para concreto y morteros de reparación. Barquisimeto, Venezuela
- Berke N., Dellaire M. y Hicks M. (1991). Effect of calcium nitrite on the corrosion fatigue of Steel reinforcing in craked concrete. Cincinnati Ohio, EEUU.
- Cáceres Cillanueva Luis, Palza Cordero Humberto (2013) En su trabajo de grado titulado “Estudio de la corrosión de acero al carbono en soluciones salinas de NaCl y el efecto de la hidrodinámica.”
- Esparza Benjamín, Veloz Rodríguez María Aurora; (2014) titulado “Evaluación de inhibidores de corrosión en medio ácido amargo”.
- González J. y Andrade C. (1980). “La corrosión en estructuras de hormigón armado. Formas de evaluarlas y prevenirlas”.
- Locke C. Y Rincon O. (1987). A study of corrosion electrochemistry of Steel in chloride contaminated concrete using a rapid scan polarization technique. San Francisco.
- Parella Stracuzzi y Martins Feliberto (2012), “La investigación depende de la clase de estudio a realizar”
- Ramirez C. (1994). Corrosión de las armaduras embebidas en ambientes de extrema agresividad. Posibilidades de protección mediante inhibidores. Madrid, España.
- Rios S. (1995). Métodos tradicionales de reparación. Madrid, España.
- Sastri V. (1998). Corrosion inhibitors. Principles and applications. England.

- Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia, Vol. 24 (2001).
Maracaibo, Venezuela.
- Semprún R. (2006). La microsilica como aditivo para prevenir la corrosión en estructuras de concreto armado. Maracaibo, Venezuela.
- Torres Andrés, Fabela Manuel, Vázquez David; Hernández José, Martínez Miguel, Muñoz Alejandro, (2013) En su trabajo titulado “Cambios en la rigidez y resistencia a la flexión de vigas de concreto dañadas por corrosión del refuerzo”
- Troconis O., Romero A., Andrade C., Helene P. y Díaz I. (1997). Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado. Maracaibo, Venezuela.
- Tronconis o. (1998). Uso de los inhibidores para el control de la corrosión del acero de refuerzo del concreto. Argentina.

ANEXOS



Figura 7. Tanque 1 Solución al 3% de NaCl.



Figura 8. Tanque 2 Solución al 4% de NaCl.



Figura 9. Tanque 3 Solución al 5% de NaCl.



Figura 10. Electrodo de referencia, cobre sulfato de cobre sumergido en el recipiente junto al cilindro de concreto. Midiendo voltaje, potencial de corrosión.



Figura 11. Voltiamperímetro, herramienta de medición para medir el voltaje.



Figura 12. Proceso de medición de voltaje de los cilindros de concreto.



Figura 13. Momento de llenado de cilindros.



Figura 14. Realizando mediciones de voltaje en FRAMEX C.A