



Universidad Católica de Santa María

**Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil**

Evaluación de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en concreto armado en la ciudad de Camaná.

Tesis presentada por:

Gomez Nieto, Jeremy Eliel

ORCID: 0009-0005-1789-3583

Salazar Apaza, Eduardo Manuel

ORCID: 0009-0003-6876-6600

para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Mg. Rosas Espinoza, Jorge

ORCID: 0000-0003-3583-6812

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA CIVIL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 02 de Julio del 2026

Dictamen: 012302-C-EPIC-2026

Visto el borrador del expediente 012302, presentado por:

2016242471 - SALAZAR APAZA EDUARDO MANUEL

2017244291 - GOMEZ NIETO JEREMY ELIEL

Titulado:

**EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL MÉTODO DE PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE
IMPRESA Y ÁNODOS DE SACRIFICIO EN CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE CAMANÁ.**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO CIVIL

**29238311 - GUILLEN MALAGA MILAGROS SOCORRO
DICTAMINADOR**



**72476554 - BUSTAMANTE MORA BORIS ANDRE
DICTAMINADOR**



**46735424 - LOAYZA RODRIGUEZ JOSE GERMAN
DICTAMINADOR**



EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL MÉTODO DE PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE IMPRESA Y ÁNODOS DE SACRIFICIO EN CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE CAMANÁ.

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net	Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Católica de Santa María	Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe	Fuente de Internet	1%
4	alconpat.org	Fuente de Internet	<1%
5	idoc.pub	Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Andina del Cusco	Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.uns.edu.pe	Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	Trabajo del estudiante	<1%
9	www.imt.mx	Fuente de Internet	<1%
10	tesis.ucsm.edu.pe	Fuente de Internet	<1%
11	repositorio.upt.edu.pe	Fuente de Internet	<1%
12	repositorio.ucsm.edu.pe	Fuente de Internet	<1%
13	repositorio.upn.edu.pe	Fuente de Internet	<1%
14	repositorio.unsa.edu.pe	Fuente de Internet	<1%

riunet.upv.es

DEDICATORIA

A Dios, creador y guía de mi camino, por ser la luz inextinguible en mis momentos de incertidumbre y la fuente de sabiduría que me permitió culminar este propósito bajo su gracia.

A mis padres, los cimientos más firmes de mi vida. Por su apoyo incondicional, sus sacrificios silenciosos y su presencia constante a lo largo de este proyecto. Este logro es el fruto de su amor y confianza; es tan suyo como mío.

Y, finalmente, a la voluntad y resiliencia que aprendí a forjar en este proceso. Por no haberme rendido ante la adversidad, por abrazar el esfuerzo de cada día y por mantener intacta la convicción de cumplir las promesas que me hice a mí mismo.

A Dios, quien me llenó de fuerza, conocimiento y sabiduría a lo largo de toda mi carrera, especialmente en los momentos más difíciles, guiando cada uno de mis pasos y dándome la fortaleza para no rendirme.

A mis padres, por todo el sacrificio realizado; por darme todo sin esperar nada a cambio y, sobre todo, por brindarme el mayor de los regalos que fue mi educación y sus enseñanzas han sido los cimientos firmes que guiaron mi camino profesional. A mi abuelo y a mis tíos, por su apoyo incondicional y su constante esfuerzo, por estar presentes cuando más lo necesité y por ayudarme a enfrentar cada desafío a lo largo de este proceso.

A todos mis amigos, compañeros y a cada persona que formó parte de este recorrido, quienes de una u otra manera contribuyeron a mi formación profesional y a mi crecimiento personal, acompañándome en cada etapa de este logro.

AGRADECIMIENTOS

El cierre de esta etapa académica representa horas invaluableles de análisis, paciencia y, sobre todo, del inmenso valor del apoyo humano. Por esta razón, deseo expresar mi más sincera gratitud a aquellas personas que, de manera genuina y desinteresada, aportaron a este proyecto.

Un reconocimiento especial a los colegas y amigos que me brindaron su apoyo logístico y operativo durante las exigentes semanas de monitoreo experimental; su tiempo y colaboración fueron vitales para la fase práctica y la obtención de los datos en este estudio. Finalmente, agradezco profundamente a todos aquellos que me acompañaron con palabras de aliento, consejos útiles y compañerismo a lo largo de las largas jornadas de análisis y redacción, haciendo que el camino hacia el logro de esta meta profesional fuera posible y significativo.

Agradezco profundamente a Dios, quien me concedió el don del aprendizaje, me dotó de habilidades y me brindó la fortaleza necesaria para sobreponerme a cada dificultad, guiando siempre mis pasos hacia adelante.

A mi padre, mi madre, mi hermana, mi abuelo y mis tíos, por su apoyo constante e incondicional, por cada sacrificio realizado y por ser el pilar fundamental en la construcción de mi formación profesional.

Y a todos mis amigos y compañeros, quienes con su apoyo, conocimientos y compañía hicieron de este camino un proceso lleno de aprendizaje y crecimiento, siendo parte esencial de mi desarrollo personal y profesional.

RESUMEN

El presente estudio evaluó la efectividad de los sistemas de protección catódica en estructuras de concreto armado expuestas al ambiente marino de la ciudad de Camaná. El objetivo principal fue evaluar dos técnicas de protección catódica para mitigar el fenómeno de la corrosión; se elaboraron y monitorearon probetas experimentales a nivel de laboratorio, variando los materiales de los ánodos galvánicos para el método de ánodo de sacrificio y ajustando la densidad de corriente para el método de corriente impresa.

La metodología consistió en un diseño experimental que incluyó el monitoreo de los potenciales eléctricos del acero corrugado durante un periodo de 15 semanas, con un total de 109 días de exposición previos a la extracción del acero para examinar la corrosión. Las probetas que contenían estos aceros se construyeron y sumergieron en agua de mar, simulando un ambiente de exposición extrema idóneo para el fenómeno de la corrosión. Para la investigación, se propusieron cuatro grupos de probetas con distintos porcentajes de cloruro de sodio añadido en el diseño de mezcla del concreto, con la finalidad de acelerar el proceso corrosivo. Posteriormente, se armaron los circuitos para la protección por corriente impresa, para los ánodos de sacrificio y para las probetas de control sin protección. Finalizadas las mediciones, se extrajeron los aceros corrugados embebidos en el concreto y se procedió a su limpieza y pesaje para calcular la velocidad de corrosión.

A partir de la determinación del diferencial de potencial, se verificó la correcta aplicación de los sistemas de protección. Asimismo, mediante el cálculo de la velocidad de corrosión, se evaluó y comparó la eficacia de los métodos empleados frente a las probetas sin protección. Los resultados indicaron que tanto la aplicación de ánodos de sacrificio como la corriente impresa constituyen mecanismos efectivos para reducir la severidad de la corrosión inducida por el entorno marino. La evaluación de la pérdida de masa evidenció que ambos métodos lograron frenar el avance destructivo del fenómeno. La protección catódica con ánodos de sacrificio de zinc mostró mayor efectividad y durabilidad que el sistema de corriente impresa. Se concluye que la implementación de estos sistemas prolonga la vida útil del concreto armado en las zonas costeras de Camaná, lo cual representa una alternativa técnica viable para la ingeniería civil.

Palabras clave:

Protección catódica, corrosión, ingeniería civil.

ABSTRACT

The present study evaluated the effectiveness of cathodic protection systems in reinforced concrete structures exposed to the marine environment of the city of Camaná. The main objective was to evaluate two cathodic protection techniques to mitigate the corrosion phenomenon; experimental specimens were fabricated and monitored at the laboratory level, varying the materials of the galvanic anodes for the sacrificial anode method and adjusting the current density for the impressed current method.

The methodology consisted of an experimental design that included monitoring the electrical potentials of corrugated reinforcing steel over a period of 15 weeks, with a total of 109 days of exposure prior to steel extraction for corrosion assessment. The specimens containing the reinforcing steel were constructed and immersed in seawater, simulating an extreme exposure environment conducive to corrosion. Four groups of specimens were prepared with different percentages of sodium chloride added to the concrete mix design in order to accelerate the corrosion process. Subsequently, the electrical circuits were assembled for the impressed current system, the sacrificial anode system, and the unprotected control specimens. After the monitoring period, the reinforcing steel bars embedded in the concrete were extracted, cleaned, and weighed to determine the corrosion rate.

The correct application of the protection systems was verified through the determination of potential differences. Furthermore, corrosion rates were calculated to evaluate and compare the effectiveness of the protection methods against the unprotected specimens. The results indicated that both sacrificial anodes and impressed current systems are effective mechanisms for reducing the severity of corrosion induced by the marine environment. Mass loss evaluation demonstrated that both methods successfully slowed the progression of the corrosion process. However, cathodic protection using zinc sacrificial anodes exhibited greater effectiveness and long-term durability than the impressed current system. It is concluded that the implementation of these systems extends the service life of reinforced concrete in the coastal areas of Camaná, representing a technically viable alternative for civil engineering.

Keywords:

Cathodic protection, corrosion, civil engineering.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO TEÓRICO 2

1.1. Determinación del problema 2

1.2. Enunciado del problema 3

1.2.1. Problema general 3

1.2.2. Problemas específicos 3

1.3. Descripción del problema 4

1.4. Justificación 5

1.4.1. Justificación teórica 5

1.4.2. Justificación práctica 5

1.5. Alcances y limitaciones 6

1.5.1. Alcances de la investigación 6

1.5.2. Limitaciones de la investigación 7

1.6. Objetivos 8

1.6.1. Objetivo General 8

1.6.2. Objetivos Específicos 8

1.7. Hipótesis 9

1.7.1. Hipótesis general 9

1.7.2. Hipótesis específica 9

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 10

2.1. Estado del arte 10

2.2. Marco normativo 16

2.2.1. Normas principales para evaluación de corrosión y protección catódica 16

2.2.2. Normas complementarias para elaboración y control de especímenes de concreto 17

2.3. Conceptos Básicos 20

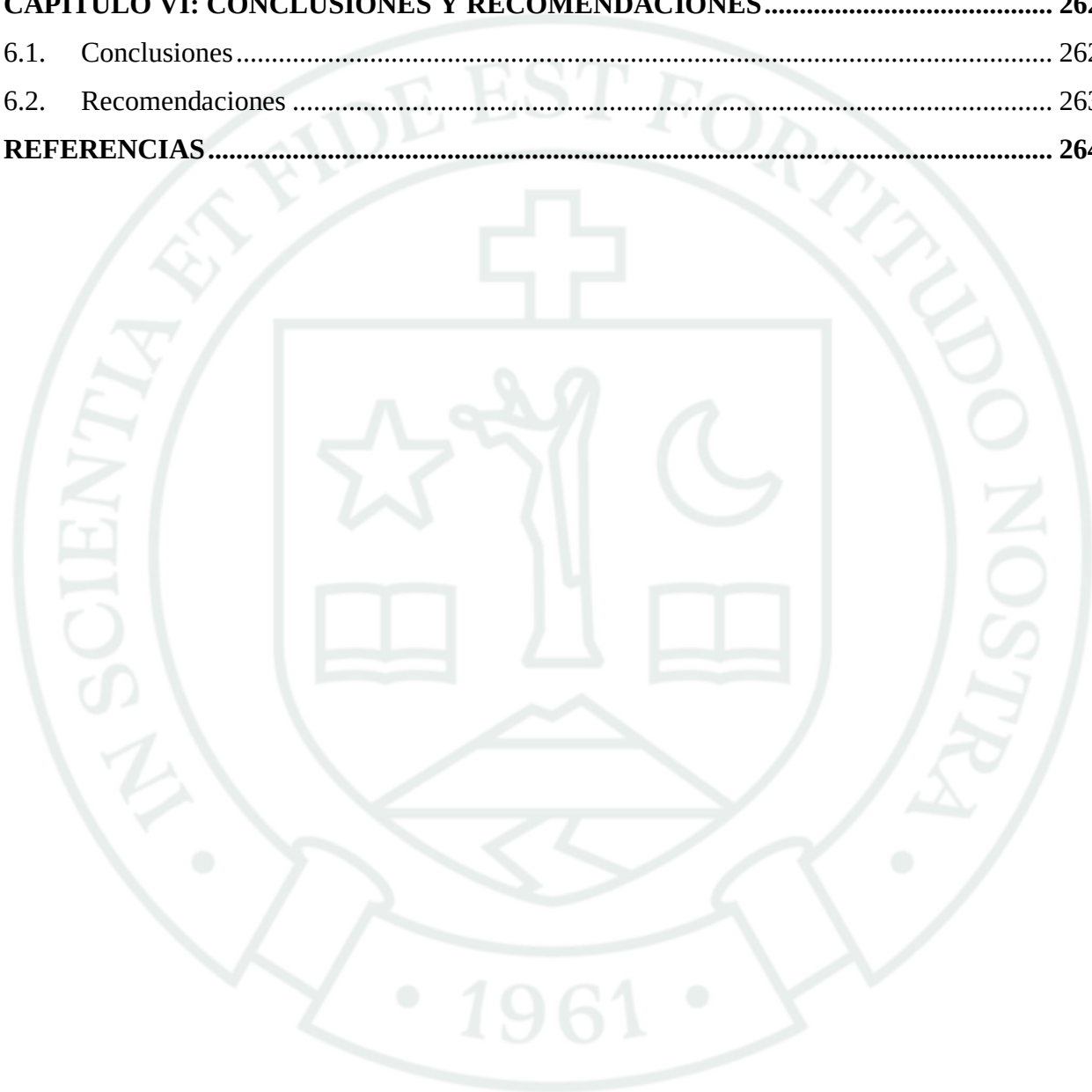
2.3.1. Acero corrugado 20

2.3.2. Concreto armado	21
2.3.3. Durabilidad.....	22
2.3.4. Factores que determinan la durabilidad.....	22
2.3.5. Porosidad del concreto	23
2.3.6. Permeabilidad del concreto	23
2.3.7. Oxidación	23
2.3.8. Corrosión	24
2.3.9. Corrosión del acero de refuerzo	24
2.3.10. Factores que contribuyen a la corrosión.....	25
2.3.11. Corrosión por cloruros	25
2.3.12. Estimación de velocidad de corrosión (V_{corr}).....	26
2.3.13. Medición de potencial de corrosión (E_{corr}).....	26
2.3.14. Sistemas de protección catódica.....	28
2.3.15. Protección catódica por ánodos de sacrificio	29
2.3.16. Protección catódica por corriente impresa (ICCP).....	29
2.3.17. Ánodos galvánicos	30
2.3.18. Celdas galvánicas	30
2.3.19. Decaimiento de despolarización	31
2.3.20. Rectificador.....	32
2.3.21. Medición de potenciales.....	32
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	34
3.1. Variables	34
3.1.1. Variable Independiente.....	34
3.1.2. Variable Dependiente	34
3.2. Tipo y nivel de investigación.....	34
3.3. Población y muestra.....	35
3.3.1. Población	35
3.3.2. Muestra	35
3.3.3. Planificación de probetas.....	37
3.3.4. Preparación y extracción de muestras de agregados	41
3.3.5. Reducción de muestras por cuarteo	41

3.3.6. Caracterización de los agregados	41
3.3.7. Determinación del contenido de humedad	42
3.3.8. Determinación del peso unitario.....	42
3.3.9. Determinación del peso específico y absorción	43
3.3.10. Diseño de mezcla de concreto.....	43
3.3.11. Contenido de aire	44
3.3.12. Ensayo de asentamiento	44
3.3.13. Determinación de la temperatura del concreto fresco.....	44
3.3.14. Elaboración y curado de probetas cilíndricas.....	45
3.3.15. Elaboración y curado de probetas prismáticas.....	45
3.3.16. Medición del potencial de corrosión	46
3.3.17. Cálculo de velocidad de corrosión	46
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO	47
4.1. Ensayos de agregados	47
4.1.1. Selección de los agregados.....	47
4.1.2. Cuarteo	48
4.1.3. Análisis granulométrico por tamizado.....	49
4.1.4. Contenido de humedad.....	61
4.1.5. Peso unitario	65
4.1.6. Peso específico y absorción.....	72
4.2. Diseño de mezclas.....	82
4.3. Incorporación de cloruro de sodio (NaCl)	89
4.4. Influencia del cloruro de sodio en el comportamiento mecánico del concreto armado.....	89
4.5. Influencia del cloruro de sodio en el comportamiento electromecánico del concreto armado	90
4.6. Ensayo de concreto fresco	90
4.6.1. Contenido de aire.....	90
4.6.2. Asentamiento.....	95
4.6.3. Temperatura.....	99
4.7. Elaboración, curado y rotura de probetas cilíndricas.....	101
4.7.1. Elaboración de Probetas Cilíndricas.....	101

4.7.2. Rotura de probetas cilíndricas	106
4.8. Elaboración y curado de probetas prismáticas.....	108
4.8.1. Elaboración de probetas prismáticas	108
4.8.2. Preparación de moldes.....	109
4.8.3. Preparación de aceros de exposición.....	110
4.8.4. Preparación de cables	111
4.8.5. Vaciado de probetas prismáticas	112
4.9. Preparación del ambiente crítico de exposición para corrosión.....	114
4.10. Protección catódica por ánodo de sacrificio	116
4.10.1. Cálculo de peso del ánodo galvánico	116
4.10.2. Esquema de circuito diseñado para protección catódica por ánodo de sacrificio	118
4.10.3. Registro de potenciales de corrosión y cuantificación de la despolarización a las 24 horas según normativa para ánodo de sacrificio.....	119
4.10.4. Resultados de la prueba de despolarización (ΔE) empleando ánodos de Mg, Al y Zn ..	165
4.10.5. Efectividad de protección catódica por ánodo de sacrificio.....	168
4.11. Protección catódica por corriente impresa.....	170
4.11.1. Diseño de protección por método de corriente impresa.....	170
4.11.2. Cálculo de la intensidad de corriente propuesta.....	173
4.11.3. Fabricación rectificadora con amperajes propuestos	174
4.11.4. Esquema de circuitos diseñado para protección catódica por corriente impresa	179
4.11.5. Registro de potenciales de corrosión y cuantificación de la despolarización a las 24 horas según normativa para corriente impresa.	180
4.11.6. Resultados de la prueba de despolarización (ΔE) empleando corriente impresa.....	226
4.11.7. Efectividad de protección catódica por corriente impresa	230
4.12. Velocidad de corrosión	235
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	247
5.1. Interpretación de resultados	247
5.1.1. Comportamiento electroquímico en sistemas galvánicos.....	247
5.1.1. Comportamiento electroquímico en sistemas protegidos por corriente impresa.....	249
5.1.1. Comportamiento electroquímico en sistemas sin protección	251
5.1.1. Resultados de diferencial de potencial.	252

5.1.1. Resultados de velocidad de corrosión.	253
5.1.1. Resultados y cálculo de la eficiencia de cada método.....	256
5.1.2. Análisis estadístico	257
5.1.3. Discusión de Resultados.....	260
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	262
6.1. Conclusiones.....	262
6.2. Recomendaciones	263
REFERENCIAS.....	264



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Acero corrugado	21
Figura 2 Concreto armado	21
Figura 3 Factores que afectan la durabilidad	22
Figura 4 Corrosión	24
Figura 5 Corrosión del acero de refuerzo	25
Figura 6 Sistema de protección catódica por ánodos de sacrificio	28
Figura 7 Sistema de protección catódica por corriente impresa	30
Figura 8 Celdas galvánicas	31
Figura 9 Rectificador	32
Figura 10 Proceso de medición de potenciales	33
Figura 11 Distribución de probetas a analizar por tipo de protección y concentración de NaCl .	38
Figura 12 Modelo espécimen de probeta cilíndrica.....	39
Figura 13 Modelo espécimen de probeta prismática	40
Figura 14 Gráfico de muestreo en cada saco	47
Figura 15 Gráfico de selección de los sacos de agregados al azar.....	48
Figura 16 Procedimiento de cuarteo del agregado fino	49
Figura 17 Procedimiento de cuarteo del agregado grueso	49
Figura 18 Tabla de los usos del agregado grueso	55
Figura 19 Batería de tamices del laboratorio	56
Figura 20 Agitador de tamices automático	56
Figura 21 Curva granulométrica agregado grueso.....	58
Figura 22 Curva granulométrica para agregado fino	60
Figura 23 Muestra de agregado fino después de 24 horas al horno a 110°C.....	64
Figura 24 Peso del recipiente del agregado grueso.....	67
Figura 25 Peso del recipiente del agregado fino.....	68
Figura 26 Peso suelto N°3 del agregado grueso + recipiente	69
Figura 27 Peso compactado N°3 del agregado grueso + recipiente	70
Figura 28 Peso suelto N°2 del agregado fino + recipiente.....	71
Figura 29 Peso compactado N°2 del agregado fino + recipiente.....	71
Figura 30 Principio de empuje.....	73

Figura 31 Peso del agregado grueso + canastilla sumergidos.....	78
Figura 32 Peso de la canastilla sumergida	79
Figura 33 Peso del picnómetro con agua y agregado fino	80
Figura 34 Peso del picnómetro con agua	80
Figura 35 Cono lleno de agregado fino SSS.....	81
Figura 36 Muestra de concreto con contenido de aire mayor al 3%.....	91
Figura 37 Muestra de concreto con contenido de aire menor al 3%.....	91
Figura 38 Procedimiento de llenado del recipiente del agregado	94
Figura 39 Resultado de 2.1% de aire atrapado en la mezcla	94
Figura 40 Dimensiones del cono de Abrams	97
Figura 41 Esquema de capas y varillado.....	97
Figura 42 Medición del Slump	98
Figura 43 Prueba de Slump para vaciados de probetas.....	98
Figura 44 Longitud mínima de penetración para medición de temperatura	100
Figura 45 Prueba de temperatura del concreto fresco.....	101
Figura 46 Detalle de probetas cilíndricas de concreto	102
Figura 47 Dimensiones estándares de probetas cilíndricas.....	104
Figura 48 Molde para probeta cilíndrica.....	104
Figura 49 Vaciado de probetas cilíndricas.....	105
Figura 50 Curado de probetas cilíndricas	105
Figura 51 Fallas en probetas cilíndricas de concreto sometidas a ensayo de compresión.....	107
Figura 52 Resistencia a la compresión del concreto en función del tiempo de curado	108
Figura 53 Vaciado de probetas prismáticas	108
Figura 54 Moldes fenólicos para probetas prismáticas.....	110
Figura 55 Lijado de aceros corrugados.....	110
Figura 56 Esquema de colocación de cintas de impermeabilidad	111
Figura 57 Colocación de cintas de impermeabilidad.....	111
Figura 58 Modelo de conexión de cables y del acero de refuerzo en probetas de concreto	112
Figura 59 Vaciado de probetas y proceso de compactación	113
Figura 60 Curado de probetas prismáticas.....	114
Figura 61 Construcción de zona de exposición	115

Figura 62 Ambiente controlado para corrosión de acero de concreto armado	115
Figura 63 Esquema técnico para la medición de potenciales de corrosión en sistema galvánico	118
Figura 64 Curva de despolarización del magnesio	168
Figura 65 Curva de despolarización del aluminio	169
Figura 66 Curva de despolarización del zinc	169
Figura 67 Esquema eléctrico del circuito de control	177
Figura 68 Modelo 3D del circuito de alimentación diseñado para el control de corriente	177
Figura 69 Esquemático del módulo LM2596	178
Figura 70 Módulo regulador de voltaje LM2596 utilizado en el sistema de alimentación.	178
Figura 71 Rectificador	179
Figura 72 Esquema técnico para la medición de potenciales de corrosión en sistemas de corriente impresa.....	180
Figura 73 Curva de despolarización bajo una configuración eléctrica de 10 mA y 3 V	230
Figura 74 Curva de despolarización bajo una configuración eléctrica de 20 mA y 6 V	230
Figura 75 Curva de despolarización bajo una configuración eléctrica de 50 mA y 15 V	231
Figura 76 Medición de potencial ON ánodo de sacrificio	231
Figura 77 Medición de potencial instant OFF ánodo de sacrificio	232
Figura 78 Ánodo de sacrificio medición de potencial 24 horas después.....	233
Figura 79 Medición del potencial ON en el sistema de protección catódica por corriente impresa	233
Figura 80 Medición del potencial Instant OFF en el sistema de corriente impresa.....	234
Figura 81 Medición del potencial electroquímico de despolarización tras un periodo de 24 horas	234
Figura 82 Estado físico de la probeta de concreto con adición de 2.5% de cloruro de sodio.....	243
Figura 83 Pesado de barra de acero después del tiempo de exposición.....	243
Figura 84 Estado físico de la probeta de concreto con adición de 0.0% de cloruro de sodio.....	244
Figura 85 Estado físico de la probeta de concreto con adición de 0.5% de cloruro de sodio.....	244
Figura 86 Efectos de sobreprotección sometida a protección catódica con 20mA y 6V, pequeños puntos de corrosión localizados.....	245

Figura 87 Efectos de sobreprotección sometida a protección catódica con 50mA y 15V, pequeños puntos de corrosión localizados	246
Figura 88 Consumo y evolución de la corrosión en ánodos de sacrificio Zinc	246
Figura 89 Curva de diferenciales de potencial protegidos por ánodos galvánicos	248
Figura 90 Curva de diferenciales de potencial protegidos por corriente impresa.....	250
Figura 91 Curva de potenciales sin protección	251
Figura 92 Curvas de prueba de despolarización (ΔE) empleando protección catódica.....	253
Figura 93 Equipos de laboratorio para ensayos de agregados	274
Figura 94 Cuarteo de agregado fino y agregado grueso	274
Figura 95 Muestreo de agregado fino y grueso para ensayos de contenido de humedad y granulometría después de estar 24 horas en el horno.	275
Figura 96 Zarandeo en tamizador automático	275
Figura 97 Granulometría del agregado fino.....	276
Figura 98 Ensayo de peso unitario.....	276
Figura 99 Pesaje para ensayo peso unitario de agregado fino.	277
Figura 100 Pesaje de agregado para ensayo de peso unitario	277
Figura 101 Ensayo de absorción para agregado grueso.....	278
Figura 102 Ensayo de absorción y peso específico del agregado fino	278
Figura 103 Peso de agregados elaboración de probetas cilíndricas.....	279
Figura 104 Elaboración de probetas cilíndricas.....	279
Figura 105 Desmolde de probetas 24 horas después del vaciado	280
Figura 106 Marcado de probetas.....	280
Figura 107 Curado de probetas cilíndricas para ensayo de compresión	281
Figura 108 Detalle de rotura de especímenes de concreto sometidos a compresión axial a los 7 días de curado.....	281
Figura 109 Detalle de rotura de especímenes de concreto sometidos a compresión axial a los 14 días de curado	282
Figura 110 Detalle de rotura de especímenes de concreto sometidos a compresión axial a los 28 días de curado	282
Figura 111 Detalle de rotura de probetas cilíndricas	283
Figura 112 Adquisición y recepción de ánodos galvánicos.....	284

Figura 113 Cloruro de sodio	284
Figura 114 Lijado de los aceros corrugados	285
Figura 115 Preparación de acero, colocación de manga termo retráctil	285
Figura 116 Colocación de manga termo retráctil.....	286
Figura 117 Preparación de cables	286
Figura 118 Colocación de cables sujeto al acero	287
Figura 119 Aceros habilitados sujetos a cables antes del vaciado.....	287
Figura 120 Elaboración de encofrados para probetas prismáticas.....	288
Figura 121 Limpieza y aplicación de desmoldante en encofrado de probetas prismáticas	288
Figura 122 Detalle de encofrado antes del vaciando	289
Figura 123 Liberación de encofrado y distribución de cables y acero para vaciado de probetas prismáticas	289
Figura 124 Pesaje de agregados y cemento según diseño de mezcla	290
Figura 125 Pesaje de cloruro de sodio según dosificación	290
Figura 126 Disolución de cloruro de sodio en el agua de amasado para inducir la corrosión....	291
Figura 127 Procedimiento de carga y adición de componentes para la elaboración de la mezcla de concreto.....	291
Figura 128 Medición del asentamiento del concreto fresco mediante el cono de Abrams.....	292
Figura 129 Determinación de la temperatura del concreto en estado fresco	292
Figura 130 Procedimiento estandarizado de compactación por varillado en especímenes prismáticos	293
Figura 131 Procedimiento de enrasado y acondicionamiento de las salidas eléctricas en las probetas prismáticas	293
Figura 132 Especímenes prismáticos en etapa de fraguado inicial previo al curado por inmersión	294
Figura 133 Procedimiento de extracción cuidadosa de las probetas prismáticas de concreto armado	294
Figura 134 Acondicionamiento de los especímenes y terminales eléctricos previo al curado por inmersión.....	295
Figura 135 Curado por inmersión de probetas prismáticas	295
Figura 136 Electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre (Cu/CuSO ₄)	296

Figura 137 Emplazamiento de especímenes prismáticos a entorno de estudio para la determinación de velocidad de corrosión y potencial eléctrico	296
Figura 138 Disposición del campo de pruebas y ordenamiento de las probetas prismáticas previo a su inmersión	297
Figura 139 Ubicación y acomodo de probetas prismáticas en recipientes para exposición in situ	297
Figura 140 Disposición ordenada y trazado de los conductores eléctricos sobre la malla de referencia.....	298
Figura 141 Vista general de la estación de pruebas habilitada para la fase de inmersión de los especímenes en agua de mar	298
Figura 142 Colocación de cubierta y armado de circuito	299
Figura 143 Calibración de fuentes	299
Figura 144 Toma lecturas, en el instante, apagado y 24 horas después.....	300
Figura 145 Corrosión y consumo de ánodos.....	300
Figura 146 Visualización de probeta con 0.0% de NaCl en los aceros	301
Figura 147 Visualización de probeta con 0.5% de NaCl en los aceros	301
Figura 148 Visualización de probeta con 1.5% de NaCl en los aceros	302
Figura 149 Visualización de probeta con 2.5% de NaCl en los aceros	302
Figura 150 Extracción y limpieza de los aceros	303
Figura 151 Pesaje de los aceros	303
Figura 152 Corrosión y consumo del ánodo durante el tiempo	304

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Normas complementarias para elaboración y control de especímenes de concreto	20
Tabla 2 Criterio de potencial para estructuras en ambientes con cloruros (ASTM C 876)	27
Tabla 3 Parámetros para la elaboración de probetas cilíndricas	39
Tabla 4 Parámetros para probetas prismáticas.....	40
Tabla 5 Determinación de la cantidad mínima de agregado grueso	51
Tabla 6 Resultados de tamizajes del agregado grueso.....	53
Tabla 7 Resultados de tamizajes del agregado fino	53
Tabla 8 Límites granulométricos del agregado fino	55
Tabla 9 Cálculo del agregado grueso.....	57
Tabla 10 Tamaño máximo nominal y porcentaje de error	57
Tabla 11 Huso 67	58
Tabla 12 Cálculo del agregado fino	59
Tabla 13 Tamaño máximo nominal y porcentaje de error	59
Tabla 14 Límites granulométricos del agregado fino según NTP 400.037	60
Tabla 15 Tamaños y cantidad de masa máximas y mínimas para agregados	62
Tabla 16 Cálculo del contenido de humedad del agregado grueso.....	64
Tabla 17 Cálculo del contenido de humedad del agregado fino	64
Tabla 18 Análisis del recipiente agregado grueso	68
Tabla 19 Análisis del recipiente agregado fino.....	69
Tabla 20 Peso unitario agregado grueso	70
Tabla 21 Peso unitario agregado fino	72
Tabla 22 Cálculo de peso específico y absorción del agregado grueso	79
Tabla 23 Cálculo de peso específico y absorción del agregado fino	81
Tabla 24 Resistencia a compresión medida requerida	82
Tabla 25 Asentamientos recomendados para varios tipos de consistencia	82
Tabla 26 Selección de volumen unitario de agua	83
Tabla 27 Contenido de aire	83
Tabla 28 Relación agua cemento	84
Tabla 29 Relación agua cemento condiciones especiales.....	85
Tabla 30 Contenido de agregado grueso.....	86

Tabla 31 Volúmenes absolutos	87
Tabla 32 Corrección de los agregados	87
Tabla 33 Volúmenes absolutos para el diseño de mezcla.....	88
Tabla 34 Proporciones del diseño de mezclas con adición de cloruros	89
Tabla 35 Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto con diferentes concentraciones de NaCl a distintas edades de curado.....	106
Tabla 36 Densidades de corriente recomendadas por condición del acero	116
Tabla 37 Parámetros electroquímicos de los materiales del ánodo	117
Tabla 38 Ánodos de sacrificio magnesio semana 1	120
Tabla 39 Ánodos de sacrificio magnesio semana 2	121
Tabla 40 Ánodos de sacrificio magnesio semana 3	122
Tabla 41 Ánodos de sacrificio magnesio semana 4	123
Tabla 42 Ánodos de sacrificio magnesio semana 5	124
Tabla 43 Ánodos de sacrificio magnesio semana 6	125
Tabla 44 Ánodos de sacrificio magnesio semana 7	126
Tabla 45 Ánodos de sacrificio magnesio semana 8	127
Tabla 46 Ánodos de sacrificio magnesio semana 9	128
Tabla 47 Ánodos de sacrificio magnesio semana 10	129
Tabla 48 Ánodos de sacrificio magnesio semana 11	130
Tabla 49 Ánodos de sacrificio magnesio semana 12	131
Tabla 50 Ánodos de sacrificio magnesio semana 13	132
Tabla 51 Ánodos de sacrificio magnesio semana 14	133
Tabla 52 Ánodos de sacrificio magnesio semana 15	134
Tabla 53 Ánodos de sacrificio aluminio semana 1	135
Tabla 54 Ánodos de sacrificio aluminio semana 2	136
Tabla 55 Ánodos de sacrificio aluminio semana 3	137
Tabla 56 Ánodos de sacrificio aluminio semana 4	138
Tabla 57 Ánodos de sacrificio aluminio semana 5	139
Tabla 58 Ánodos de sacrificio aluminio semana 6	140
Tabla 59 Ánodos de sacrificio aluminio semana 7	141
Tabla 60 Ánodos de sacrificio aluminio semana 8	142

Tabla 61 Ánodos de sacrificio aluminio semana 9	143
Tabla 62 Ánodos de sacrificio aluminio semana 10	144
Tabla 63 Ánodos de sacrificio aluminio semana 11	145
Tabla 64 Ánodos de sacrificio aluminio semana 12	146
Tabla 65 Ánodos de sacrificio aluminio semana 13	147
Tabla 66 Ánodos de sacrificio aluminio semana 14	148
Tabla 67 Ánodos de sacrificio aluminio semana 15	149
Tabla 68 Ánodos de sacrificio zinc semana 1.....	150
Tabla 69 Ánodos de sacrificio zinc semana 2.....	151
Tabla 70 Ánodos de sacrificio zinc semana 3.....	152
Tabla 71 Ánodos de sacrificio zinc semana 4.....	153
Tabla 72 Ánodos de sacrificio zinc semana 5.....	154
Tabla 73 Ánodos de sacrificio zinc semana 6.....	155
Tabla 74 Ánodos de sacrificio zinc semana 7.....	156
Tabla 75 Ánodos de sacrificio zinc semana 8.....	157
Tabla 76 Ánodos de sacrificio zinc semana 9.....	158
Tabla 77 Ánodos de sacrificio zinc semana 10.....	159
Tabla 78 Ánodos de sacrificio zinc semana 11.....	160
Tabla 79 Ánodos de sacrificio zinc semana 12.....	161
Tabla 80 Ánodos de sacrificio zinc semana 13.....	162
Tabla 81 Ánodos de sacrificio zinc semana 14.....	163
Tabla 82 Ánodos de sacrificio zinc semana 15.....	164
Tabla 83 Resumen de prueba de polarización (ΔE) obtenidos empleando ánodo de magnesio. 165	
Tabla 84 Resumen de prueba de polarización (ΔE) obtenidos empleando ánodo de aluminio.. 166	
Tabla 85 Resumen de prueba de polarización (ΔE) obtenidos empleando ánodo de zinc 167	
Tabla 86 Parámetros eléctricos de operación.....	173
Tabla 87 Parámetros eléctricos calculados	174
Tabla 88 Corriente impresa C.1 semana 1	181
Tabla 89 Corriente impresa C.1 semana 2	182
Tabla 90 Corriente impresa C.1 semana 3.....	183
Tabla 91 Corriente impresa C.1 semana 4.....	184

Tabla 92 Corriente impresa C.1 semana 5.....	185
Tabla 93 Corriente impresa C.1 semana 6.....	186
Tabla 94 Corriente impresa C.1 semana 7.....	187
Tabla 95 Corriente impresa C.1 semana 8.....	188
Tabla 96 Corriente impresa C.1 semana 9.....	189
Tabla 97 Corriente impresa C.1 semana 10.....	190
Tabla 98 Corriente impresa C.1 semana 11.....	191
Tabla 99 Corriente impresa C.1 semana 12.....	192
Tabla 100 Corriente impresa C.1 semana 13.....	193
Tabla 101 Corriente impresa C.1 semana 14.....	194
Tabla 102 Corriente impresa C.1 semana 15.....	195
Tabla 103 Corriente impresa C.2 semana 1.....	196
Tabla 104 Corriente impresa C.2 semana 2.....	197
Tabla 105 Corriente impresa C.2 semana 3.....	198
Tabla 106 Corriente impresa C.2 semana 4.....	199
Tabla 107 Corriente impresa C.2 semana 5.....	200
Tabla 108 Corriente impresa C.2 semana 6.....	201
Tabla 109 Corriente impresa C.2 semana 7.....	202
Tabla 110 Corriente impresa C.2 semana 8.....	203
Tabla 111 Corriente impresa C.2 semana 9.....	204
Tabla 112 Corriente impresa C.2 semana 10.....	205
Tabla 113 Corriente impresa C.2 semana 11.....	206
Tabla 114 Corriente impresa C.2 semana 12.....	207
Tabla 115 Corriente impresa C.2 semana 13.....	208
Tabla 116 Corriente impresa C.2 semana 14.....	209
Tabla 117 Corriente impresa C.2 semana 15.....	210
Tabla 118 Corriente impresa C.3 semana 1.....	211
Tabla 119 Corriente impresa C.3 semana 2.....	212
Tabla 120 Corriente impresa C.3 semana 3.....	213
Tabla 121 Corriente impresa C.3 semana 4.....	214
Tabla 122 Corriente impresa C.3 semana 5.....	215

Tabla 123 Corriente impresa C.3 semana 6	216
Tabla 124 Corriente impresa C.3 semana 7	217
Tabla 125 Corriente impresa C.3 semana 8	218
Tabla 126 Corriente impresa C.3 semana 9	219
Tabla 127 Corriente impresa C.3 semana 10	220
Tabla 128 Corriente impresa C.3 semana 11	221
Tabla 129 Corriente impresa C.3 semana 12	222
Tabla 130 Corriente impresa C.3 semana 13	223
Tabla 131 Corriente impresa C.3 semana 14	224
Tabla 132 Corriente impresa C.3 semana 15	225
Tabla 133 Resumen de prueba de polarización (ΔE) de los aceros sometidos a protección catódica por corriente impresa (mV) 10mA 3V	226
Tabla 134 Resumen de prueba de polarización (ΔE) de los aceros sometidos a protección catódica por corriente impresa (mV) 20mA 6V	227
Tabla 135 Resumen de prueba de polarización (ΔE) de los aceros sometidos a protección catódica por corriente impresa (mV) 50mA 15V	228
Tabla 136 Testigos sin protección	236
Tabla 137 Testigo protegido por ánodo de sacrificio magnesio	237
Tabla 138 Testigo protegido por ánodo de sacrificio aluminio	238
Tabla 139 Testigo protegido por ánodo de sacrificio zinc	239
Tabla 140 Testigo protegido por corriente impresa (C.1)	240
Tabla 141 Testigo protegido por corriente impresa (C.2)	241
Tabla 142 Testigo protegido por corriente impresa (C.3)	242
Tabla 143 Distribución de las probetas según el nivel de velocidad de corrosión	253
Tabla 144 Resumen de velocidad de corrosión por probeta	255
Tabla 145 Análisis de velocidad de corrosión por método	256
Tabla 146 Estadísticos descriptivos de la velocidad de corrosión según método de protección	258

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de operacionalización de variables	271
Anexo 2 Certificado de laboratorio.....	272
Anexo 3 Panel fotográfico	274
Anexo 4 Lecturas de medición	305
Anexo 5 Fichas técnicas.....	335



INTRODUCCIÓN

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar métodos para mitigar el proceso de corrosión del acero de refuerzo en estructuras de concreto armado ubicadas en la ciudad de Camaná, problemática que se presenta de manera continua debido a las condiciones ambientales agresivas características de la zona. Este fenómeno generó un progresivo deterioro de la infraestructura, afectando la durabilidad, funcionalidad y seguridad estructural de las edificaciones. En ese contexto, la investigación buscó incrementar la vida útil de las estructuras mediante la evaluación de sistemas de protección catódica, tanto por corriente impresa como por ánodos de sacrificio. Asimismo, se pretende determinar el nivel de efectividad de cada método, analizando el comportamiento electroquímico del acero, la densidad de corriente óptima requerida para la protección y el desempeño comparativo de ánodos de zinc, aluminio y magnesio bajo condiciones de exposición similares.

La presente investigación corresponde a un estudio de nivel experimental-comparativo, desarrollado bajo los lineamientos establecidos en las normas nacionales NTP e internacionales ASTM, ISO y NACE. Asimismo, el estudio se sustenta en antecedentes científicos y técnicos relacionados con la corrosión del acero de refuerzo en estructuras de concreto armado. Para el adecuado desarrollo de la investigación, se consideran conceptos fundamentales como la durabilidad del concreto, porosidad, permeabilidad, oxidación, corrosión, estimación de la velocidad de corrosión y medición de potenciales eléctricos, entre otros parámetros relevantes para la comprensión e interpretación del comportamiento electroquímico evaluado.

El estudio está conformado por elementos de concreto armado expuestos a condiciones de ambiente marino en la ciudad de Camaná. La muestra experimental estuvo integrada por 108 probetas de concreto simple y concreto armado, incluyendo probetas cilíndricas para resistencia a la compresión y probetas prismáticas con distintos porcentajes de cloruro de sodio añadido, sometidas a un periodo de exposición de 109 días. Las probetas se distribuyeron en dos sistemas de protección catódica, cada uno conformado por tres grupos experimentales. Previamente, se realizaron ensayos de caracterización de agregados, pruebas de concreto fresco y el diseño de la corriente aplicada y masa requerida de ánodos de sacrificio. Finalmente, se efectuaron evaluaciones periódicas de potencial eléctrico y velocidad de corrosión para ambos métodos de protección durante el tiempo de monitoreo establecido.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. Determinación del problema

La corrosión es un problema muy concurrente en ambientes costeros como la ciudad de Camaná y se ha convertido en uno de los principales problemas en la construcción civil específicamente en estructuras de acero y de concreto armado, ya que afecta las características y propiedades de estos mismos como su durabilidad, el periodo de vida útil de una infraestructura, la seguridad estructural de los elementos.

Al ser Camaná una localidad con un ambiente y condiciones climáticas muy particulares, como son las brisas marinas, la humedad constante, y el nivel freático en estructuras muy cercanas a las playas, las cuales aumentan la susceptibilidad al fenómeno de la corrosión ampliamente en comparación a otras zonas de la región. Por lo tanto, es esencial buscar métodos para prevenir la corrosión en estructuras de concreto armado.

La corrosión en el concreto armado en Camaná plantea inquietudes sociales importantes, ya que puede comprometer la seguridad y el bienestar de la población local. Las estructuras corroídas representan riesgos para la salud y la seguridad pública, especialmente en áreas críticas como viviendas, puentes, entre otros. Al abordar estos desafíos de corrosión, no solo se protege la inversión en infraestructura, sino que también se fomenta un entorno más seguro y habitable para la comunidad en general.

Además, mejorar la resistencia al paso del tiempo de estas estructuras mediante medidas efectivas contra la corrosión puede contribuir a conservar la integridad de las estructuras. Siendo Camaná una ciudad ubicada en la zona 4 según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) es propensa a sismos y terremotos como el ocurrido en el 2001 el cual trajo muchas pérdidas económicas como pérdidas de vidas.

Los problemas de corrosión en las estructuras de concreto armado en Camaná generan importantes implicaciones económicas, ya que conllevan gastos considerables en mantenimiento, reparación e incluso sustitución de estas infraestructuras afectadas.

La falta de una protección adecuada frente a la corrosión acelera el deterioro de las estructuras, lo que resulta en costos adicionales y pérdidas económicas para los propietarios y gestores.

Abordar estos desafíos no solo puede reducir los gastos a largo plazo, sino también preservar el valor de la infraestructura, garantizando su funcionalidad y seguridad en el tiempo.

Además, al mejorar la durabilidad de estas estructuras mediante medidas eficaces contra la corrosión, se promueve un entorno propicio para la inversión y el desarrollo sostenible en la ciudad de Camaná.

Por lo tanto, se plantea evaluar un sistema de protección catódica por corriente impresa y por ánodos de sacrificio, para adaptarlo a las condiciones de la ciudad de Camaná y así mitigar los efectos de la corrosión y garantizar la integridad de las estructuras de concreto armado en la ciudad.

1.2. Enunciado del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el nivel de efectividad de los sistemas de protección catódica por corriente impresa y por ánodos de sacrificio, aplicados en probetas de concreto armado ubicadas en ambientes cuyas características son propensas a generar alto nivel de corrosión en la ciudad de Camaná?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el comportamiento del acero corrugado sin protección en comparación con aquel sometido a protección catódica por corriente impresa y por ánodos de sacrificio?
- ¿Cuál es el rango de densidad de corriente óptima, suministrada por el rectificador, que garantiza la polarización de protección del acero corrugado sin generar sobreprotección en la estructura?
- ¿Cuál es el nivel de efectividad comparativa de los ánodos de sacrificio de zinc, aluminio y magnesio para la protección del acero corrugado?

1.3. Descripción del problema

El concreto armado es uno de los materiales más utilizados en la construcción de infraestructura debido a su resistencia, durabilidad y versatilidad. Sin embargo, una de las principales causas de deterioro en estructuras de concreto armado es la corrosión del acero de refuerzo, la cual se produce cuando se rompe la capa pasiva que protege al acero dentro del concreto. Este fenómeno puede originarse, principalmente, por la penetración de cloruros provenientes del ambiente marino o por la carbonatación del concreto, lo cual genera procesos electroquímicos que deterioran progresivamente el acero y el concreto circundante.

En zonas costeras, como la ciudad de Camaná, las estructuras de concreto armado se encuentran expuestas a condiciones ambientales agresivas caracterizadas por alta humedad, la presencia de sales marinas y cloruros transportados por el viento, situación que acelera significativamente el proceso de corrosión del acero de refuerzo. Como consecuencia, se presentan manifestaciones patológicas como fisuración, desprendimiento del recubrimiento de concreto y reducción de la sección del acero, lo que compromete la capacidad estructural y la vida útil de las edificaciones.

Para mitigar estos problemas, se han desarrollado diversas técnicas de protección contra la corrosión, entre las cuales destaca la protección catódica, que puede aplicarse mediante ánodos de sacrificio o mediante sistemas de corriente impresa. Ambos métodos buscan reducir o detener la corrosión del acero al convertirlo en el cátodo de una celda electroquímica. No obstante, la efectividad de estos sistemas puede variar en función de factores como las condiciones ambientales, la composición del concreto, la concentración de cloruros y las características del sistema de protección implementado.

En este contexto, surge la necesidad de evaluar el desempeño de estos métodos de protección en condiciones reales o simuladas de exposición, con el fin de determinar cuál de ellos ofrece mayor eficiencia en la mitigación de la corrosión en estructuras de concreto armado ubicadas en ambientes costeros como Camaná. Por ello, la presente investigación busca analizar la efectividad de los sistemas de protección catódica por corriente impresa y por ánodos de sacrificio mediante la medición de parámetros electroquímicos, como el potencial de corrosión.

Esto permitirá identificar su comportamiento y su viabilidad de aplicación en estructuras expuestas a ambientes marinos.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

El presente estudio se fundamenta en la necesidad de ampliar el conocimiento técnico y científico acerca de los mecanismos de protección catódica aplicados en estructuras de concreto armado expuestas a ambientes costeros. En particular, la ciudad de Camaná, por su cercanía al mar y su elevada humedad relativa, constituye un escenario propenso a la corrosión del acero de refuerzo. Este fenómeno es considerado una de las principales causas de deterioro prematuro en infraestructuras civiles, lo cual compromete su durabilidad y seguridad estructural.

Si bien la literatura técnica aborda la corrosión y sus efectos en el concreto armado, aún persisten vacíos respecto a la evaluación comparativa de los sistemas de protección catódica por corriente impresa y por ánodos de sacrificio en contextos específicos, como el litoral sur del Perú. La investigación busca contribuir al cuerpo teórico existente mediante la identificación de la efectividad relativa de cada sistema; de este modo, aportará información sobre sus ventajas, limitaciones y parámetros de diseño bajo condiciones reales de exposición.

En este sentido, la investigación no solo enriquecerá el conocimiento académico en torno a la durabilidad del concreto armado, sino que también servirá como base de referencia para futuros estudios relacionados con la aplicación de técnicas electroquímicas de protección en ambientes altamente agresivos.

1.4.2. Justificación práctica

Desde una perspectiva práctica, la investigación responde a la necesidad urgente de prolongar la vida útil de concreto armado en la ciudad de Camaná, donde las edificaciones y obras civiles enfrentan serios problemas de deterioro por la acción de los cloruros presentes en el ambiente marino. Dicho deterioro no solo incrementa los costos de mantenimiento y reparación, sino que también pone en riesgo la seguridad de los usuarios y la funcionalidad de las construcciones.

La implementación de sistemas de protección catódica, ya sea mediante corriente impresa o por ánodos de sacrificio, constituye una alternativa viable para reducir la velocidad de corrosión del acero de refuerzo, lo que garantiza una mayor durabilidad y confiabilidad estructural. El presente estudio permitirá identificar cuál de los métodos evaluados es más efectivo y sostenible en el contexto local. Así, proporcionará una herramienta técnica para que los ingenieros civiles, proyectistas y autoridades puedan tomar decisiones fundamentadas sobre el diseño, la construcción y el mantenimiento de obras en zonas costeras.

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcances de la investigación

- Alcance Geográfico y Ambiental: El estudio se circunscribe a las condiciones climáticas de la ciudad de Camaná, entorno real para inducir la oxidación natural por exposición al ambiente costero en los especímenes de prueba.
- Alcance Temporal: La fase de exposición experimental, simulación y monitoreo de las probetas se llevó a cabo durante un periodo exacto de 109 días (se excluye el tiempo normativo de curado del concreto).
- Alcance Material (Concreto): La investigación es aplicable a estructuras de concreto armado convencional. Se utilizó un diseño de mezcla bajo el estándar ACI 211, lo cual garantizó una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², valor representativo de las construcciones de uso común.
- Alcance Metodológico - Medio Electrolítico: Para garantizar el cierre del circuito y la viabilidad de las mediciones de potencial eléctrico, se elaboraron y monitorearon probetas de concreto armado que, posteriormente, se sumergieron en agua de mar, la cual actuó como electrolito natural continuo.
- Alcance Tecnológico - Corriente Impresa: La evaluación de este sistema se realizó mediante el control estricto de amperaje y voltaje a través de tres rectificadores independientes; para ello, se empleó única y exclusivamente zinc como material anódico para la transmisión de corriente.

- Alcance Tecnológico - Ánodos de Sacrificio: El análisis del método galvánico abarcó la evaluación comparativa del rendimiento electroquímico de tres metales comerciales: zinc, magnesio y aluminio.

1.5.2. Limitaciones de la investigación

- Limitaciones teóricas

La investigación se basa en modelos electroquímicos y criterios de interpretación del potencial de corrosión establecidos en normas y estudios previos, los cuales permiten estimar la probabilidad de corrosión del acero de refuerzo; sin embargo, estos modelos no siempre representan completamente la complejidad del comportamiento real de las estructuras de concreto armado expuestas a ambientes marinos.

- Limitaciones prácticas

El estudio se realizó con materiales disponibles en la región y en el laboratorio; sin embargo, las propiedades del concreto, acero de refuerzo y sistemas de protección catódica pueden diferir de aquellos utilizados en estructuras reales de la ciudad de Camaná debido a la calidad de la mezcla y el ritmo de la exposición, la cual no se produjo a nivel estructural.

- Limitaciones experimentales

Los ensayos se desarrollaron en probetas de concreto expuestas durante 109 días para generar la corrosión y las condiciones de exposición extremas, como concentración de cloruros, humedad y temperatura, por lo que estas pueden no reproducir exactamente las condiciones ambientales presentes en estructuras reales debido a las condiciones que se tomaron.

- Limitaciones temporales

El tiempo de evaluación del estudio es limitado, contempló un periodo total de exposición de 109 días. Dentro de este lapso, el monitoreo del potencial eléctrico se realizó de forma semanal durante 15 semanas (105 días según diseño), esto contrasta con el desarrollo natural de los procesos de corrosión en estructuras de concreto armado, los cuales generalmente ocurren durante largos periodos de servicio.

- Limitaciones Normativas

El desarrollo del marco legal normativo de la presente investigación enfrentó una limitación normativa a nivel nacional, debido a que el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), a través de la Norma E.060 (Concreto Armado), aborda la durabilidad frente a cloruros, pero no parametriza el diseño ni el monitoreo de tecnologías activas. En consecuencia, el estudio se vio condicionado a homologar y adoptar estrictamente los estándares internacionales vigentes (ISO 12696 y ASTM) para suplir dicho vacío técnico local.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Determinar el nivel de efectividad de los sistemas de protección catódica por corriente impresa y por ánodos de sacrificio en la mitigación de la corrosión del acero embebido en el concreto armado bajo condiciones de exposición marina, mediante la evaluación del comportamiento electroquímico con el cálculo del diferencial de potencial y la cuantificación del deterioro físico a través de la velocidad de corrosión.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la velocidad de corrosión del acero corrugado en muestras con y sin aplicación de sistemas de protección catódica, bajo condiciones de exposición a cloruros.
- Analizar la influencia del rango de la densidad de corriente en el sistema de protección catódica por corriente impresa, a fin de determinar condiciones de polarización adecuadas sin generar sobreprotección.
- Comparar el desempeño de los ánodos de sacrificio de magnesio, zinc y aluminio en la estabilización de los potenciales de corrosión del acero corrugado embebido en el concreto armado.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis general

El sistema de protección catódica por ánodo de sacrificio presentaría una mayor efectividad en la mitigación de la corrosión del acero embebido en el concreto. Este método logra una reducción de la velocidad de corrosión con respecto a las probetas sin protección, con lo cual supera significativamente al sistema de corriente impresa.

1.7.2. Hipótesis específica

- La aplicación de los sistemas de protección catódica reduce la velocidad de corrosión del acero corrugado bajo exposición a cloruros, ya que logra tasas de deterioro inferiores, en contraste con las muestras sin protección.
- La configuración de densidad de corriente C.2 (20 mA, 6 V) suministrada por el sistema de corriente impresa optimiza la protección del acero corrugado; de este modo, supera el desempeño de las configuraciones C.1 y C.3.
- El ánodo de sacrificio de zinc presenta la mayor eficiencia técnica frente a los de magnesio y aluminio, dado que estabiliza los potenciales de corrosión del acero en rangos más negativos respecto al electrodo de referencia.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Estado del arte

En la investigación realizada por (Quinchia Espinosa y Lliso Ferrando, 2025); titulada “Implementación de Protección Catódica en la Rehabilitación de Tanques de Agua Potable en Colombia: Análisis de Ánodos de Sacrificio” y desarrollada en la Universidad Politécnica de Valencia, se analiza la problemática de la corrosión en estructuras de hormigón armado utilizadas para el almacenamiento de agua potable. Los autores explican que la corrosión constituye una de las principales causas de deterioro estructural, ya que afecta directamente la durabilidad y la funcionalidad de las infraestructuras. Asimismo, señalan que este fenómeno inicia con la despasivación del acero de refuerzo, ocasionada principalmente por la carbonatación del hormigón o la penetración de iones cloruro, factores que favorecen el desarrollo de corrosión activa en presencia de humedad y oxígeno. Además, el estudio destaca que numerosos tanques de agua potable en Colombia, construidos desde la década de 1940, presentan daños avanzados debido a la exposición continua a ambientes agresivos generados por el contacto con agua clorada y vapores húmedos. Esto provoca desprendimientos del recubrimiento de hormigón y pérdida de la capacidad estructural. Frente a esta situación, la investigación propone el uso de sistemas de protección catódica mediante ánodos de sacrificio como alternativa de rehabilitación y prolongación de la vida útil de estas estructuras; para ello, evaluaron el comportamiento electroquímico de distintos ánodos comerciales en condiciones representativas del hormigón armado.

Según el artículo publicado por (Uribe Burgueño et al., 2025) titulado “Protección catódica de estructuras de concreto armado expuestas en ambiente marino” Explican que las estructuras de concreto armado localizadas en zonas marinas presentan un elevado riesgo de corrosión debido a la penetración de cloruros que desactivan la capa pasivante del acero de refuerzo. Este fenómeno puede ocasionar pérdida de sección del acero, fisuración del concreto y, en casos avanzados, fallas estructurales. Los autores señalan que una de las estrategias más eficaces para mitigar este deterioro es la protección catódica mediante ánodos de sacrificio, sistema que utiliza metales más reactivos —como zinc, magnesio o aluminio, los cuales se conectan eléctricamente al acero para corroerse en su lugar y evitar así la oxidación del refuerzo. Asimismo, el estudio destaca que los ambientes marinos representan condiciones altamente agresivas para las estructuras debido a la

combinación de humedad, sales y altas temperaturas, factores que aceleran el proceso corrosivo. En este contexto, los autores desarrollaron una propuesta de implementación de ánodos de sacrificio en una estructura de concreto armado ubicada en Mazatlán, Sinaloa. Para este fin, evaluaron la densidad del acero y la distribución adecuada de los ánodos para garantizar una protección eficiente. Finalmente, concluyen que este sistema constituye una solución confiable para prolongar la vida útil de las estructuras expuestas a ambientes costeros y reducir los costos futuros de mantenimiento y reparación.

(Ramírez Vásquez y Castillo Benavides, 2024) desarrollaron una monografía titulada “Proceso de carbonatación en concretos hidráulicos expuestos a ambientes marinos”, elaborada en la Universidad de Cartagena, en la cual analizan el fenómeno de la carbonatación y su influencia en la durabilidad y resistencia del concreto hidráulico expuesto a condiciones marinas. Los autores explican que la carbonatación es un proceso natural producido por la reacción del dióxido de carbono (CO_2) con el hidróxido de calcio presente en el concreto, ocasionando una disminución del pH y favoreciendo la corrosión del acero de refuerzo. Asimismo, destacan que en ambientes marinos este fenómeno se acelera debido a la presencia de cloruros, sulfatos, humedad y sales que penetran el concreto y afectan sus propiedades físico-mecánicas. La investigación también resalta que factores como la permeabilidad del concreto, la relación agua/cemento, la calidad del curado y las condiciones ambientales influyen directamente en el avance de la carbonatación. De igual manera, se señala que las estructuras localizadas en zonas costeras presentan mayores riesgos de deterioro debido a los ciclos constantes de humedecimiento y secado, así como a la exposición continua a aerosoles marinos. Frente a esta problemática, los autores proponen diversas estrategias de mitigación orientadas a mejorar la durabilidad del concreto, entre las que destacan el uso de concretos de baja permeabilidad, la aplicación de recubrimientos protectores, el empleo de inhibidores de corrosión y la implementación de sistemas de protección catódica mediante ánodos de sacrificio y corriente impresa. Finalmente, concluyen que estas técnicas contribuyen significativamente a prolongar la vida útil de las estructuras de concreto expuestas a ambientes marinos agresivos.

(Laforest López, 2025) desarrolló un estudio titulado “Análisis del ciclo de vida de estructuras de hormigón armado con diversas estrategias de mantenimiento frente a daños por corrosión”, elaborado en la Universidad Politécnica de Catalunya, cuyo objetivo principal fue

evaluar comparativamente distintas estrategias de intervención frente a la corrosión en estructuras de hormigón armado expuestas a ambientes marinos, integrando criterios técnicos, económicos y ambientales mediante un enfoque de análisis de ciclo de vida (LCA). El trabajo se centró en un puente de hormigón armado ubicado en la comarca del Maresme, Cataluña, sometido a una atmósfera marina de clase de exposición XS1, definiéndose seis escenarios de degradación basados en diferentes espesores de recubrimiento y concentraciones superficiales de cloruros. La autora explica que la corrosión constituye uno de los principales mecanismos de deterioro en estructuras de hormigón armado, especialmente por acción de la carbonatación y la penetración de cloruros. Asimismo, se describe el modelo de Tuutti, el cual divide el proceso corrosivo en una fase de iniciación y otra de propagación, destacando que la durabilidad estructural depende en gran medida del tiempo requerido para que los agentes agresivos alcancen la armadura y destruyan su capa pasiva protectora. Además, se señala que la corrosión inducida por cloruros es especialmente peligrosa debido a su carácter localizado y acelerado, generando fisuración, desprendimiento del recubrimiento y pérdida de capacidad resistente. En cuanto a las estrategias de intervención, la investigación analiza reparaciones convencionales, inhibidores de corrosión superficiales, protección catódica mediante ánodos de sacrificio y el uso preventivo de acero inoxidable AISI 316. Los resultados muestran que los costes indirectos asociados a las afectaciones al tráfico representan entre el 70 % y el 99 % de los costes totales de intervención. Bajo este enfoque de ciclo de vida, las técnicas proactivas, particularmente la protección catódica con ánodos de sacrificio, resultan las alternativas más eficientes, logrando reducir entre un 50 % y un 70 % los costes totales y hasta un 80 % las emisiones de CO₂ respecto a las reparaciones convencionales. Finalmente, el estudio concluye que las estrategias preventivas y los programas de mantenimiento planificado permiten extender significativamente la vida útil de las infraestructuras y minimizar sus impactos económicos, sociales y ambientales.

(Fernández, 2024) desarrolló el proyecto final titulado “Películas formadas en presencia de iones silicato para mitigar la corrosión del acero de construcción en presencia de iones nitrito”, presentado en la Universidad Nacional de Mar del Plata, con el objetivo de diseñar y evaluar películas protectoras sobre acero de refuerzo utilizando iones silicato y nitrito para reducir la corrosión en estructuras de hormigón armado expuestas a ambientes agresivos con presencia de cloruros. La autora explica que el hormigón armado depende de la pasividad del acero de refuerzo para garantizar su durabilidad. Esta pasividad se mantiene gracias al elevado pH de la solución de

poros del concreto (entre 12.5 y 13.5), que favorece la formación de una película protectora de óxidos sobre el acero. Sin embargo, agentes agresivos como los iones cloruro y la carbonatación pueden destruir esta película y generar procesos de corrosión localizada o generalizada. El trabajo analiza detalladamente los mecanismos electroquímicos de corrosión, incluyendo conceptos como potencial de corrosión, diagramas de Pourbaix, pasividad y curvas de polarización. Además, describe cómo la corrosión en estructuras de hormigón armado puede originarse por carbonatación del concreto o por penetración de cloruros, especialmente en ambientes marinos. La investigación destaca que los productos de corrosión ocupan mayor volumen que el acero original, provocando fisuración, desprendimiento del recubrimiento y pérdida de capacidad estructural. Dentro de las estrategias de control de corrosión, la autora estudia particularmente los inhibidores químicos. Los iones nitrito son identificados como inhibidores anódicos altamente efectivos debido a su capacidad para estabilizar la película pasiva del acero; no obstante, presentan problemas de toxicidad y riesgo ambiental. Por ello, la investigación propone combinar nitritos con iones silicato, buscando disminuir la cantidad necesaria de nitrito sin reducir la eficiencia protectora. Experimentalmente se emplearon técnicas electroquímicas como voltimetría cíclica, espectroscopía de impedancia electroquímica, resistencia a la polarización, potencial de corrosión, ensayos de picado, pérdida de peso y espectroscopía Raman. Los ensayos se realizaron en soluciones simuladoras del ambiente poroso del hormigón con presencia de cloruros y pH alcalino cercano a 13. Los resultados mostraron que el pretratamiento con silicato favorece la formación de películas protectoras estables y permite reducir significativamente la dosificación de nitrito requerida para proteger el acero frente a la corrosión. Finalmente, la investigación concluye que la combinación de silicato y nitrito constituye una alternativa más sostenible para la protección del acero de refuerzo en hormigón armado, ya que mantiene la eficiencia inhibidora mientras disminuye el impacto ambiental asociado al uso elevado de nitritos.

El artículo realizado por (Kouevadjin et al., 2024) evalúa la eficacia de los sistemas de Protección Catódica por Corriente Impresa (PCCI) para prevenir la corrosión en estructuras de hormigón armado. Combina pruebas experimentales con modelado numérico para analizar cómo diferentes parámetros influyen en el rendimiento del sistema. Se ha demostrado que variables clave como la ubicación de los ánodos, el espaciamiento de los electrodos y la intensidad de la corriente aplicada afectan significativamente la eficiencia de la protección. Se desarrolla un modelo electroquímico teórico para simular la interacción acero-hormigón y validar los resultados

experimentales. Los hallazgos proporcionan una guía práctica para optimizar el diseño de sistemas de PCCI y mejorar la durabilidad a largo plazo del hormigón armado.

Los autores (Guo et al., 2024) realizaron una revisión exhaustiva sobre las tecnologías de protección catódica aplicadas al acero de refuerzo en estructuras de concreto armado expuestas a ambientes marinos. El estudio analiza de manera comparativa los sistemas de protección catódica por corriente impresa y por ánodos de sacrificio, evaluando sus principios de funcionamiento, criterios de diseño y desempeño frente a la corrosión inducida por cloruros. Los autores concluyen que, en ambientes altamente agresivos, los métodos pasivos de durabilidad resultan insuficientes, siendo necesaria la aplicación de sistemas activos de protección catódica. Asimismo, destacan la importancia del monitoreo electroquímico continuo para verificar la efectividad de los sistemas implementados.

(Hu et al., 2024) desarrollaron un estudio experimental orientado a mejorar la evaluación de la eficiencia de los sistemas de protección catódica por corriente impresa (ICCP) aplicados a barras de acero embebidas en concreto. Mediante el uso de tratamientos controlados por corriente y técnicas electroquímicas avanzadas, los autores demostraron que el control preciso de la densidad de corriente permite reducir significativamente la velocidad de corrosión del acero. Los resultados evidencian que la medición simultánea del potencial de corrosión y de la densidad de corriente constituye una herramienta confiable para evaluar el desempeño del sistema ICCP, especialmente en condiciones de exposición severa.

Los autores (Dubuit et al., 2023) investigaron la aplicación de un sistema biogalvánico de protección catódica en estructuras de concreto armado expuestas a ambientes marinos, proponiendo una alternativa innovadora para el control de la corrosión. El estudio demuestra que el suministro continuo de corriente, aun mediante fuentes no convencionales, permite mantener el acero de refuerzo en estado pasivo durante períodos prolongados. No obstante, los autores señalan que la eficiencia del sistema depende de factores como la resistividad del concreto y la correcta distribución de la corriente de protección. Este trabajo refuerza la relevancia de la protección catódica como técnica activa frente a la corrosión en ambientes costeros.

El autor (Dalmora et al., 2025) presentó una revisión crítica de los métodos de prevención de la corrosión del acero en concreto, abordando tanto estrategias pasivas como activas. El autor destaca que, si bien técnicas como el aumento del recubrimiento o el uso de aditivos pueden

retrasar el inicio de la corrosión, estas no resultan suficientes en ambientes con alta concentración de cloruros. En este contexto, la protección catódica es identificada como uno de los métodos más eficaces para prolongar la vida útil de las estructuras de concreto armado. El estudio resalta la necesidad de seleccionar el sistema de protección adecuado en función de las condiciones ambientales y del comportamiento electroquímico del concreto.

(Ha et al., 2024) desarrollaron un mortero conductivo diseñado para mejorar la eficiencia de los sistemas de protección catódica por ánodos de sacrificio aplicados en puentes de concreto armado. Los resultados experimentales mostraron que el uso de materiales conductivos permite una distribución más uniforme de la corriente de protección, incrementando la efectividad del sistema galvánico. Los autores concluyen que este tipo de soluciones puede ampliar el campo de aplicación de los ánodos de sacrificio, especialmente en estructuras donde se requiere simplicidad constructiva y bajo mantenimiento, aunque advierten sobre sus limitaciones en ambientes extremadamente agresivos.

(Brueckner et al., 2022) realizaron una revisión de los avances recientes en los sistemas de protección catódica aplicados a estructuras de concreto armado. El estudio analiza la evolución tecnológica de los sistemas ICCP y de los sistemas por ánodos de sacrificio, destacando mejoras en materiales, métodos de monitoreo y criterios de diseño. Los autores señalan que, si bien ambos sistemas han demostrado ser efectivos, la protección catódica por corriente impresa ofrece mayores ventajas en estructuras expuestas a condiciones severas de corrosión. Asimismo, enfatizan la necesidad de estudios comparativos que permitan evaluar el desempeño real de estos sistemas en contextos específicos.

2.2. Marco normativo

2.2.1. Normas principales para evaluación de corrosión y protección catódica

ASTM C876-22b: Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete.

Tipo de norma: ASTM International

Fecha de publicación: 2022

Resumen:

La presente norma establece el método de medición de potenciales de corrosión del acero de refuerzo embebido en concreto mediante el uso de electrodos de referencia. Este procedimiento permite estimar la probabilidad de corrosión activa del acero a partir de criterios electroquímicos ampliamente utilizados en estructuras expuestas a ambientes agresivos. En la investigación, esta norma constituye la base para el monitoreo de potenciales eléctricos y la evaluación de la efectividad de los sistemas de protección catódica.

ISO 12696:2022: Cathodic protection of steel in concrete.

Tipo de norma: Norma técnica internacional

Fecha de publicación: 2022

Resumen:

La norma ISO 12696:2022 establece los criterios técnicos para el diseño, instalación, operación y monitoreo de sistemas de protección catódica aplicados al acero de refuerzo en estructuras de concreto armado. Asimismo, define parámetros de evaluación para sistemas de corriente impresa y ánodos galvánicos, incluyendo criterios de despolarización y control de potenciales. Esta normativa constituye la principal referencia técnica para la evaluación de la efectividad de los métodos de protección catódica desarrollados en la presente investigación.

ASTM G31-21: Standard Guide for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals.

Tipo de norma: ASTM International

Fecha de publicación: 2021

Resumen:

Esta norma proporciona lineamientos para realizar ensayos de corrosión por inmersión en laboratorio mediante procedimientos gravimétricos basados en pérdida de masa. Su aplicación permite determinar la velocidad de corrosión y cuantificar el deterioro del acero sometido a ambientes agresivos. En la presente investigación, esta metodología fue utilizada para evaluar comparativamente el nivel de corrosión del acero protegido y no protegido.

2.2.2. Normas complementarias para elaboración y control de especímenes de concreto

Las normas relacionadas con granulometría, absorción, densidad relativa y contenido de humedad permitieron verificar las propiedades físicas de los agregados empleados en el diseño de mezcla, debido a que estos parámetros influyen en la permeabilidad, porosidad y capacidad de penetración de agentes agresivos como cloruros y humedad. Asimismo, las normas asociadas al asentamiento, resistencia a compresión y curado de especímenes garantizaron que las probetas elaboradas presentaran condiciones homogéneas y representativas para la evaluación experimental de los sistemas de protección catódica.

Es importante señalar que estas normas no constituyen el eje principal de la investigación, ya que su función se limita al control y validación de los especímenes de concreto. El enfoque central del estudio corresponde a la evaluación electroquímica de la corrosión y la efectividad de los sistemas de protección catódica mediante corriente impresa y ánodos de sacrificio.

NTP 400.012:2021: Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo.

Esta norma establece el procedimiento para determinar la distribución granulométrica de los agregados mediante tamizado. Su aplicación permitió verificar la adecuada gradación de los

agregados utilizados en la elaboración de los especímenes de concreto que se emplearon durante la investigación.

NTP 400.010:2020: Agregados. Extracción y preparación de las muestras.

La presente norma define los procedimientos para la extracción, preparación y reducción de muestras representativas de agregados finos y gruesos. Su aplicación garantizó la representatividad y uniformidad de las muestras utilizadas en los ensayos experimentales.

NTP 400.021:2020: Agregados. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo.

Esta norma establece el procedimiento para determinar la densidad relativa y absorción del agregado grueso. Estos parámetros permitieron evaluar características físicas relacionadas con la porosidad y comportamiento del concreto elaborado.

NTP 400.022:2021: Agregados. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo.

La norma especifica el método para determinar la densidad relativa y absorción del agregado fino. Su aplicación permitió controlar las propiedades físicas del material utilizado en el diseño de mezcla experimental.

NTP 400.017:2020: Agregados. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.

Esta norma establece el procedimiento para determinar el peso unitario y el porcentaje de vacíos de los agregados. Estos valores fueron utilizados para el control de calidad y dosificación de la mezcla de concreto.

NTP 339.185:2021: Agregados. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo.

La presente norma define el método para determinar el contenido de humedad de los agregados mediante secado. Su aplicación permitió corregir la cantidad de agua efectiva utilizada en el diseño de mezcla del concreto.

NTP 339.035:2022: Concreto. Medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico. Método de ensayo.

Esta norma establece el procedimiento para medir el asentamiento del concreto fresco mediante el cono de Abrams. El ensayo permitió verificar la trabajabilidad y consistencia de las mezclas elaboradas durante la investigación.

NTP 339.033:2021: Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo

Esta norma establece los procedimientos para la elaboración, moldeo y curado de especímenes de concreto en condiciones de campo, con el fin de obtener muestras representativas para la evaluación de sus propiedades mecánicas. Asimismo, permite asegurar que las probetas elaboradas mantengan condiciones adecuadas de conservación y curado, garantizando resultados confiables durante los ensayos de resistencia y control de calidad del concreto.

NTP 339.034:2021: Concreto. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.

La norma establece el método para determinar la resistencia a compresión del concreto mediante especímenes cilíndricos. Su aplicación permitió verificar que el concreto empleado alcanzara la resistencia de diseño requerida para la investigación.

NTP 339.183:2021: Concreto. Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.

Esta norma establece los procedimientos para la elaboración, compactación y curado de especímenes de concreto en laboratorio. Su aplicación garantizó condiciones uniformes durante la fabricación y conservación de las probetas experimentales.

ASTM G109-23: “Standard Test Method for Determining Effects of Chemical Admixtures on Corrosion of Embedded Steel Reinforcement in Concrete Exposed to Chloride Environments.”

Esta norma establece procedimientos experimentales para evaluar el comportamiento corrosivo del acero de refuerzo embebido en concreto expuesto a ambientes con presencia de cloruros. Permite analizar el desempeño electroquímico de sistemas y materiales destinados a

reducir o inhibir la corrosión inducida por sales, lo cual es aplicable en investigaciones relacionadas con ambientes marinos y estructuras de concreto armado sometidas a exposición salina.

Tabla 1 Normas complementarias para elaboración y control de especímenes de concreto

Norma	Aplicación en la investigación
NTP 400.012:2021	Análisis granulométrico de agregados
NTP 400.010:2020	Extracción y preparación de muestras
NTP 400.021:2020	Densidad relativa y absorción del agregado grueso
NTP 400.022:2021	Densidad relativa y absorción del agregado fino
NTP 400.017:2020	Determinación del peso unitario y vacíos
NTP 339.185:2021	Determinación del contenido de humedad
NTP 339.035:2022	Medición del asentamiento del concreto
NTP 339.034:2021	Resistencia a la compresión del concreto
NTP 339.033:2021	Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo
NTP 339.183:2021	Elaboración y curado de especímenes de concreto

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Conceptos Básicos

2.3.1. Acero corrugado

El acero corrugado es un material utilizado como refuerzo en estructuras de concreto armado para mejorar su resistencia frente a esfuerzos de tracción, complementando la alta capacidad del concreto para soportar compresión. La unión entre el concreto y las barras de acero permite formar elementos estructurales como vigas, columnas, losas y cimentaciones, capaces de resistir cargas y acciones sísmicas. Las corrugas presentes en la superficie de las barras favorecen la adherencia entre ambos materiales, garantizando una adecuada transmisión de esfuerzos. Además, para mantener sus propiedades mecánicas y evitar procesos de oxidación, es necesario almacenar y manipular el acero en condiciones adecuadas durante su uso en obra (Aceros Arequipa, 2019).

Figura 1 Acero corrugado



Fuente: (Aceros Arequipa, 2019).

2.3.2. Concreto armado

El concreto armado es el material de construcción predominante en casi todos los países del mundo. Esta aceptación universal se debe en parte, a la disponibilidad de los elementos con los cuales se fabrica el concreto armado: grava, arena, cemento, agua y barras de refuerzo. También se debe a su economía, en comparación con otros materiales de construcción, y a la facilidad con la cual mientras el concreto se encuentra en estado plástico, puede colocarse en los encofrados y moldes casi en cualquier forma y tamaño (De Damborenea, 2022).

Figura 2 Concreto armado



Fuente: Elaboración propia.

2.3.3. Durabilidad

El desarrollo de las diferentes propiedades asociadas al fenómeno de durabilidad de un hormigón cualquiera está condicionado por la valoración de su comportamiento frente a determinadas sollicitaciones o agentes externos en un periodo de tiempo suficientemente amplio. (GONZALEZ ISABEL, 1993).

Habida cuenta que la unidad de tiempo habitualmente empleada para establecer conclusiones al respecto suele ser de un año resulta fácil de comprender que las consideraciones de cualquier índole que puedan ser establecidas tras periodos de tiempo prolongados. (GONZALEZ ISABEL, 1993).

2.3.4. Factores que determinan la durabilidad

Los agentes que afectan la durabilidad del concreto son de diversa índole, pueden ser clasificados en dos categorías: los agentes externos son los que se encuentran en el medio ambiente o se deben a condiciones de servicio, entre ellos se encuentran los iones de cloruro, el dióxido de carbono, sulfatos, bacterias, abrasión y ciclos de congelamiento y deshielo. Los agentes internos se hallan dentro del mismo concreto, como los iones de cloruro incorporados en determinados aditivos y los álcalis del cemento que reaccionan con agregados potencialmente reactivos. (Hernández Castañeda y Mendoza Escobedo, 2006).

Figura 3 Factores que afectan la durabilidad



Fuente: Elaboración propia.

2.3.5. Porosidad del concreto

La mayoría de las partículas de dichos materiales aparenta poseer una superficie exterior compacta y cerrada, pero esto no es exacto. El análisis microscópico de su superficie denota la existencia de numerosos huecos y fisuras que implican una cierta porosidad superficial. No obstante, dicha porosidad es sensiblemente inferior a la que corresponde al núcleo del material, lo que, a su vez, justifica la rápida capacidad inicial de absorción de agua que presentan estos materiales y su continuidad en el tiempo (GONZALEZ ISABEL, 1993).

2.3.6. Permeabilidad del concreto

La permeabilidad de un concreto es un buen indicador de su durabilidad frente a agresiones físicas y químicas. Permeabilidad es un concepto que implica la posibilidad de acceso de determinadas sustancias a través de los poros y fisuras de una masa cualquiera. En el caso específico del concreto las sustancias que comúnmente entran en contacto con su superficie suelen ser:

- Gases: aire, CO₂, O₂, y vapor de agua.
- Fluidos: esencialmente agua.
- Sustancias solubles en agua: Cloruros, sulfuros, sulfatos, etc.

El acceso a una masa de concreto de los diferentes agentes exteriores puede producirse por convección, difusión o succión capilar, y se inicia principalmente, a través de sus poros capilares, de los microporos accesibles y de las fisuras superficiales. (GONZALEZ ISABEL, 1993).

2.3.7. Oxidación

La oxidación se genera cuando el metal entra en contacto con el oxígeno. Por ello, es una reacción superficial que se produce en la superficie, generando manchas de color marrón, rojizo o naranja, aunque pueden variar según la producción y los componentes químicos. Lo positivo es que no afecta al metal en profundidad, así puede eliminarse puliendo o lijando la superficie sin dañar el resto del material (Fernanda Ortiz González y Solarte Hernández, 2021).

2.3.8. Corrosión

La corrosión es un proceso de deterioro que afecta a los materiales metálicos debido a reacciones electroquímicas con el medio que los rodea. En las estructuras de concreto armado, este fenómeno ocurre principalmente en el acero de refuerzo, el cual normalmente se encuentra protegido por la alta alcalinidad del concreto; sin embargo, la penetración de agentes agresivos como cloruros o dióxido de carbono puede destruir esta capa protectora e iniciar el proceso corrosivo. La formación de óxidos genera un aumento de volumen en el acero, produciendo fisuras, desprendimientos del recubrimiento y disminución de la capacidad resistente de la estructura. Debido a ello, el estudio de la corrosión resulta fundamental para garantizar la durabilidad de las estructuras y aplicar medidas de protección que permitan prolongar su vida útil (Lee et al., 2006),(Martínez Hernández, 2008), (Bermúdez Odriozola, 2007).

Figura 4 Corrosión



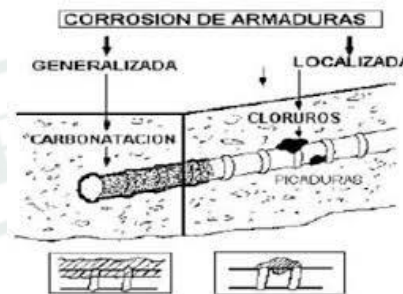
Fuente: (Bermúdez Odriozola, 2007).

2.3.9. Corrosión del acero de refuerzo

La corrosión del acero de refuerzo es uno de los principales problemas que afectan la durabilidad y resistencia de las estructuras de concreto armado, debido a que provoca el deterioro progresivo de las armaduras mediante reacciones electroquímicas con el medio que las rodea. Este proceso suele iniciarse cuando agentes como humedad, oxígeno y cloruros penetran el concreto y alcanzan el acero, generando la formación de óxidos que incrementan su volumen y producen fisuras, desprendimientos y pérdida de adherencia entre el acero y el concreto. Asimismo, cuando la alcalinidad del concreto disminuye hasta valores cercanos a un pH de 9, la capa protectora del acero se desestabiliza, favoreciendo el inicio de la corrosión. Debido a sus efectos estructurales y elevados costos de reparación, este fenómeno es considerado una de las principales causas de

deterioro en estructuras de concreto armado (Chiriboga et al., 2022), (Martínez Hernández, 2008) y (Sánchez de Guzmán, 2011).

Figura 5 Corrosión del acero de refuerzo



Fuente: (Sánchez de Guzmán, 2011).

2.3.10. Factores que contribuyen a la corrosión

La corrosión del acero de refuerzo en estructuras de concreto armado puede producirse por diversos factores asociados al ambiente, las propiedades del concreto y las condiciones de exposición de la estructura. Entre los principales agentes que favorecen este fenómeno se encuentran los cloruros provenientes del agua de mar o contaminantes ambientales, los cuales destruyen la capa pasiva que protege al acero e inician el proceso corrosivo. Asimismo, la carbonatación reduce la alcalinidad del concreto y facilita la oxidación del acero. La presencia de humedad y oxígeno también contribuye al desarrollo de reacciones electroquímicas que generan óxidos, fisuras y desprendimientos del recubrimiento. Además, factores como alta permeabilidad, recubrimiento insuficiente y defectos constructivos incrementan el riesgo de corrosión y aceleran el deterioro de las estructuras (NRMCA, 2020), (Fernanda Ortiz González y Solarte Hernández, 2021).

2.3.11. Corrosión por cloruros

La corrosión por cloruros es uno de los principales mecanismos de deterioro del acero de refuerzo en estructuras de concreto armado, especialmente en ambientes marinos o expuestos a sales. Este fenómeno ocurre cuando los iones cloruro penetran el concreto y alcanzan la superficie del acero, destruyendo la capa pasiva que lo protege dentro del medio alcalino del concreto e iniciando el proceso de corrosión electroquímica. El ingreso de cloruros depende de factores como

la porosidad, la relación agua-cemento, la calidad del curado y la presencia de fisuras, permitiendo que estos agentes avancen progresivamente hacia el interior del concreto. Asimismo, el análisis de perfiles de concentración de cloruros permite evaluar la distribución de estos iones y estimar el nivel de deterioro y riesgo de corrosión del acero de refuerzo con el tiempo (Pérez Méndez, 2010a), (Bermúdez Odriozola, 2007a), (Torres et al., 2020) y (Tejada Tovar et al., 2016).

2.3.12. Estimación de velocidad de corrosión (V_{corr})

La corrosión de un metal en medio acuoso, como es el caso de la armadura dentro del hormigón, es un fenómeno que engloba dos semirreacciones de oxidación-reducción, por un lado, la oxidación del Fe a Fe^{+2} (reacción anódica) y por otro lado la reducción del oxígeno (reacción catódica). En el equilibrio cinético, la intensidad del proceso anódico y del proceso catódico son iguales, y es identificada como la intensidad de corrosión del proceso, i_{corr} , que es la magnitud eléctrica utilizada como medida de la velocidad de corrosión (Garcés Terradillos et al., 2020).

La velocidad de corrosión del acero, v_{corr} , admitida bajo una corrosión generalizada, también se puede expresar como la velocidad de reducción del espesor del acero convertido en óxido por unidad de tiempo y se mide en $\mu m/año$. También se puede expresar en unidades electroquímicas, como mA/m^2 o $\mu A/cm^2$. El riesgo de corrosión en función de la densidad de corriente de corrosión en $\mu A/cm^2$ (Garcés Terradillos et al., 2020).

La velocidad de corrosión (V_{corr}) expresa la rapidez con la que el acero pierde espesor por unidad de tiempo, generalmente en $\mu m/año$. Su estimación se realiza mediante técnicas electroquímicas, como la resistencia de polarización lineal, permitiendo evaluar la severidad del proceso corrosivo.

2.3.13. Medición de potencial de corrosión (E_{corr})

Dentro de este equilibrio, el metal se corroe a un potencial característico de su naturaleza y del medio al cual se encuentre expuesto. A este potencial de equilibrio al que se encuentra el metal se le denomina potencial mixto o de corrosión, E_{corr} (Garcés Terradillos, Troconis de Rincón, Baltazar Zamora, et al., 2020).

E_{corr} está relacionado con los aspectos termodinámicos de la reacción, o sea, solo informa sobre la potencialidad que tiene el refuerzo de acero a corroerse, mientras el i_{corr} representa la

cinética de un proceso corrosivo en progreso (Garcés Terradillos, Troconis de Rincón, Baltazar Zamora, et al., 2020).

Tabla 2 Criterio de potencial para estructuras en ambientes con cloruros (ASTM C 876)

Potencial de corrosión	Riesgo de corrosión
< -350	Elevado
-350 a -200	Incierto
>-200	Bajo

Fuente: (ASTM C 876-22b, 2017).

El potencial de corrosión (E_{corr}) es el valor de voltaje medido entre el acero y un electrodo de referencia. Permite determinar la probabilidad de corrosión activa en el acero de refuerzo. Valores más negativos indican una mayor probabilidad de actividad corrosiva.

Protección catódica

La protección catódica es probablemente el más importante de todos los enfoques para el control de la corrosión. Utilizando una corriente eléctrica aplicada externamente, la corrosión se reduce esencialmente a cero. Una superficie metálica protegida catódicamente puede mantenerse en un ambiente corrosivo sin deterioro durante un tiempo indefinido (Revie y Uhlig, 2008).

La protección catódica se puede utilizar eficazmente para eliminar tensiones:

- Agrietamiento por corrosión (p. ej., de latón, acero dulce, aceros inoxidables, magnesio, aluminio), fatiga por corrosión de la mayoría de los metales (pero no fatiga), corrosión intergranular (p. ej., de duraluminio, 18 – 8 acero inoxidable).
- Se puede utilizar para evitar el S.C.C. de aceros de alta resistencia, pero no el agrietamiento por hidrógeno de dichos aceros.
- La corrosión por encima de la línea de agua (por ejemplo, de tanques de agua) no se ve afectada porque la corriente impresa no puede alcanzar áreas metálicas que están fuera de contacto con el electrolito.

- La corriente protectora tampoco se extiende a áreas eléctricamente protegidas, como el interior de los tubos del condensador de agua (a menos que el ánodo auxiliar entre en los tubos), aunque la caja de agua pueda estar adecuadamente protegida.

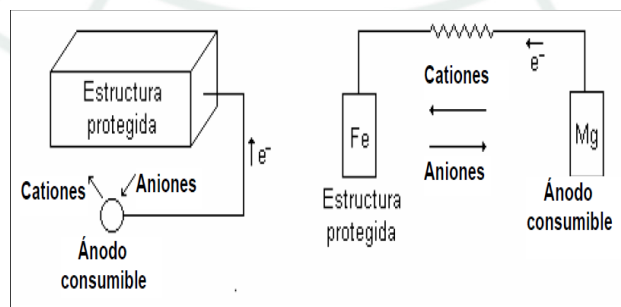
La protección catódica es una técnica de control de corrosión que consiste en desplazar el potencial del acero hacia valores más negativos, de manera que actúe como cátodo y deje de corroerse. Es uno de los métodos más eficaces para prolongar la vida útil de estructuras de concreto armado.

2.3.14. Sistemas de protección catódica

La protección por ánodos de sacrificio implica la conexión eléctrica entre el refuerzo y un material más activo que el acero, el cual actuaría como ánodo. Se han empleado ánodos de magnesio, aluminio, zinc y sus aleaciones, ya que tienen un potencial muy negativo que protege a la varilla de acero, tienen poca tendencia a la polarización, y además presentan una corrosión uniforme.

En los últimos años se ha incrementado la investigación en el uso de ánodos de sacrificio para la protección catódica de la armadura en estructuras de concreto armado, debido principalmente a la simplicidad de su aplicación y el bajo mantenimiento que este sistema requiere; la figura 6 muestra un sistema típico de protección catódica por ánodos de sacrificio. La diferencia de potencial entre el metal anódico y la estructura a proteger es de bajo valor, por lo que este sistema se usa para pequeños requerimientos de corriente, y en medios de baja resistividad (Fandiño et al., 2005a).

Figura 6 Sistema de protección catódica por ánodos de sacrificio



Fuente: (Fandiño et al., 2005b).

2.3.15. Protección catódica por ánodos de sacrificio

La protección catódica por ánodos de sacrificio es una técnica de control de corrosión que consiste en conectar el acero de refuerzo a metales más reactivos electroquímicamente, como zinc, magnesio o aluminio, los cuales se corroen de manera preferencial para proteger al acero. Este sistema funciona bajo el principio de las celdas galvánicas, donde el ánodo sacrificial libera electrones hacia el acero, desplazando su potencial hacia valores más negativos y disminuyendo el proceso de oxidación. Debido a que no requiere una fuente externa de energía, se considera un método autónomo, de fácil instalación y bajo mantenimiento, ampliamente utilizado en estructuras de concreto armado expuestas a ambientes marinos o con presencia de cloruros. Sin embargo, su capacidad de protección depende de la vida útil y del consumo progresivo del ánodo durante su funcionamiento (Pérez Méndez, 2010b), (Kouevdjian et al., 2024b) y (Bermúdez Odriozola, 2007b).

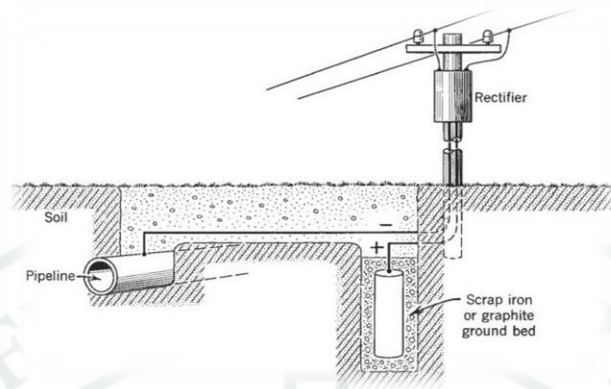
Sin embargo, su efectividad depende de diversos factores, tales como:

- La resistividad del concreto.
- El contenido de humedad.
- La concentración de cloruros.
- La vida útil y consumo del ánodo.

2.3.16. Protección catódica por corriente impresa (ICCP)

La protección catódica por corriente impresa es un sistema de control de corrosión que utiliza una fuente externa de corriente continua para suministrar energía al acero de refuerzo mediante ánodos inertes conectados eléctricamente a la estructura. Este método permite controlar de manera precisa el nivel de protección requerido, siendo especialmente utilizado en estructuras de gran tamaño o expuestas a ambientes altamente agresivos. El sistema funciona mediante la circulación de corriente desde el ánodo auxiliar hacia la estructura protegida a través del electrolito, reduciendo así la velocidad de corrosión del acero. Además, el voltaje aplicado debe ser suficiente para garantizar una adecuada densidad de corriente en toda la estructura, dependiendo de las condiciones de resistividad del medio donde se encuentre instalada (Revie y Uhlig, 2008a).

Figura 7 Sistema de protección catódica por corriente impresa



Fuente: (Revie y Uhlig, 2008b).

2.3.17. Ánodos galvánicos

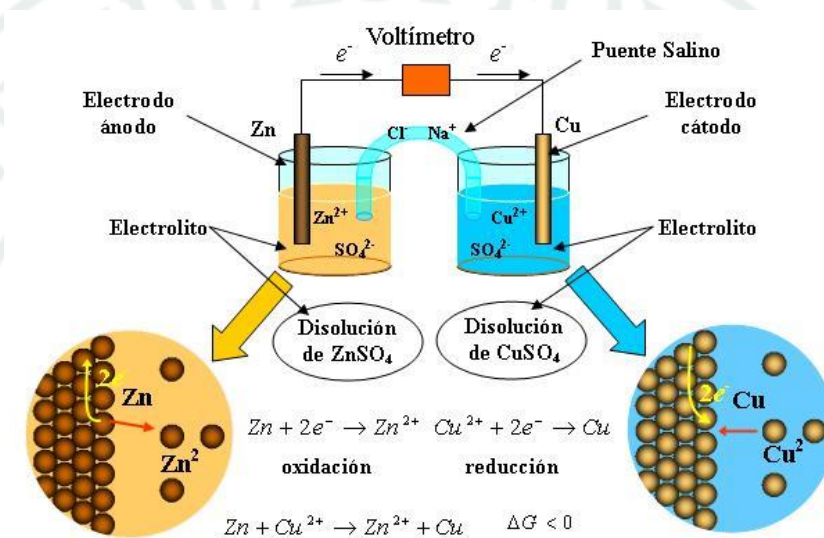
Los ánodos galvánicos, también conocidos como ánodos de sacrificio, son elementos utilizados en sistemas de protección catódica para disminuir la corrosión de estructuras metálicas expuestas a ambientes agresivos. Su funcionamiento consiste en conectar eléctricamente el acero a un metal más activo electroquímicamente, como magnesio, zinc o aluminio, el cual se corroe de manera preferencial y protege al acero al suministrarle electrones y desplazar su potencial hacia valores más negativos. Este sistema requiere la presencia de un electrolito y una conexión eléctrica adecuada para formar una celda electroquímica que permita el flujo de corriente protectora. En estructuras de concreto armado, los ánodos galvánicos son empleados principalmente en ambientes con presencia de cloruros o carbonatación debido a su facilidad de instalación, bajo mantenimiento y ausencia de fuentes externas de energía, aunque presentan la limitación de consumirse progresivamente durante su funcionamiento (Giudice y Pereyra, 2013), (Orozco-Cruz et al., 2007), (Trinidad et al., 2017).

2.3.18. Celdas galvánicas

Las celdas galvánicas, también conocidas como celdas voltaicas, son sistemas electroquímicos capaces de transformar la energía química generada por reacciones de oxidación-reducción en energía eléctrica mediante la transferencia de electrones entre dos electrodos. En este proceso, la oxidación ocurre en el ánodo y la reducción en el cátodo, permitiendo el flujo de electrones a través de un circuito externo y el desplazamiento de iones en el electrolito para

mantener el equilibrio eléctrico. La diferencia de potencial generada entre ambos electrodos, denominada fuerza electromotriz, depende de los materiales y de las condiciones del sistema. Estas celdas tienen aplicaciones importantes en baterías, pilas y sistemas de protección contra la corrosión, como la protección catódica mediante ánodos de sacrificio (Muñoz Leoz y Ruiz Ojeda, 2011), (Cedrón et al., 2011) y (Atienza Boronat et al., 2016).

Figura 8 Celdas galvánicas



Fuente: (Pontificia Universidad Católica del Perú, n.d.).

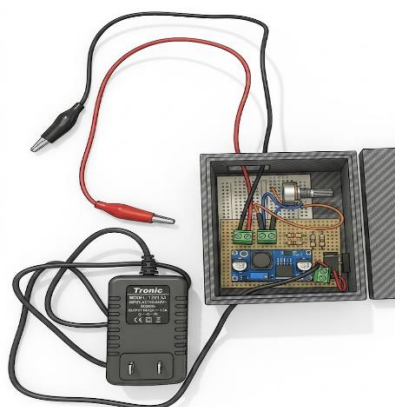
2.3.19. Decaimiento de despolarización

El decaimiento de despolarización es un método utilizado para evaluar la efectividad de los sistemas de protección catódica en estructuras de concreto armado, mediante la medición de la variación del potencial del acero cuando se interrumpe temporalmente la corriente aplicada. Este procedimiento permite determinar el grado de polarización inducido en el acero de refuerzo, considerando que un sistema es efectivo cuando presenta un decaimiento igual o superior a 100 mV después de la interrupción de la corriente, según criterios internacionales. La medición se realiza utilizando electrodos de referencia y voltímetros de alta impedancia, siendo una técnica especialmente importante en estructuras expuestas a ambientes marinos o con presencia de cloruros, donde permite verificar la capacidad del sistema para reducir la corrosión y prolongar la vida útil de las estructuras. (Pérez Méndez, 2010a) y (Bermúdez Odriozola, 2007a)

2.3.20. Rectificador

Un rectificador es un dispositivo electrónico encargado de convertir corriente alterna (CA) en corriente continua (CC) mediante el uso de componentes semiconductores, permitiendo suministrar energía continua a distintos sistemas eléctricos. En protección catódica por corriente impresa, el rectificador cumple una función fundamental al transformar y controlar la corriente suministrada a los ánodos, logrando polarizar eléctricamente el acero de refuerzo para reducir la velocidad de corrosión. Asimismo, el control adecuado del voltaje y la intensidad de corriente resulta esencial para garantizar la efectividad del sistema y evitar problemas de protección insuficiente o daños en los componentes y el concreto (Giudice y Pereyra, 2013),(Pérez Méndez, 2010a).

Figura 9 Rectificador



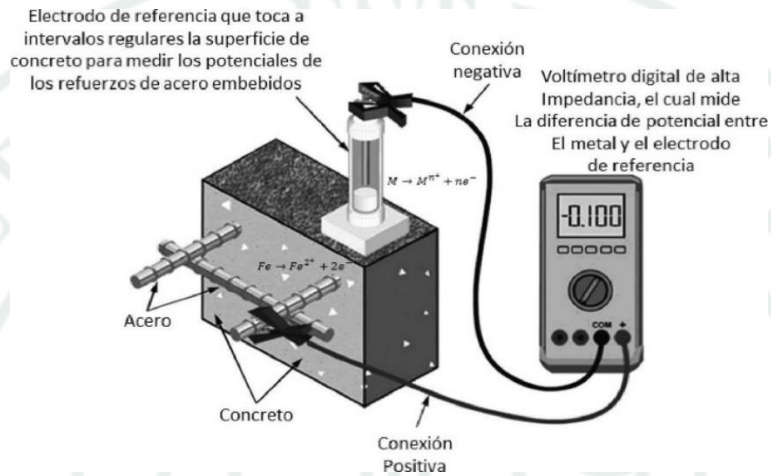
Fuente: Elaboración propia.

2.3.21. Medición de potenciales

La medición de potenciales electroquímicos es una técnica no destructiva utilizada para evaluar el estado de corrosión del acero de refuerzo en estructuras de concreto armado, mediante la determinación de la diferencia de potencial eléctrico entre el acero y un electrodo de referencia, generalmente de cobre/sulfato de cobre (Cu/CuSO_4) o plata/cloruro de plata (Ag/AgCl) (Pérez Méndez, 2010). Este procedimiento permite estimar la probabilidad de corrosión activa del acero, donde potenciales más negativos indican mayor riesgo de corrosión, según los criterios establecidos en la norma ASTM C876-22b (Bermúdez Odriozola, 2007). Asimismo, esta técnica

es ampliamente utilizada en laboratorio y campo para monitorear estructuras expuestas a ambientes marinos o con presencia de cloruros, así como para evaluar la efectividad de sistemas de protección catódica mediante corriente impresa y ánodos de sacrificio (Muñoz Leoz y Ruiz Ojeda, 2011) y (Dubuit et al., 2023).

Figura 10 Proceso de medición de potenciales



Fuente: (ASTM C 876-22b, 2017b).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Variables

3.1.1. Variable Independiente

La variable independiente principal es el método de protección catódica. Esta abarca la intervención directa sobre las probetas mediante tres condiciones: la aplicación del sistema por corriente impresa, la instalación de ánodos de sacrificio y la designación de un grupo de control sin protección.

3.1.2. Variable Dependiente

La variable dependiente es el comportamiento electroquímico del acero embebido en el concreto, cuyas dimensiones son la pérdida del material del acero, comportamiento de los sistemas de protección, además cuyos indicadores son la velocidad de corrosión y el diferencial de potencial electroquímico, respectivamente.

3.2. Tipo y nivel de investigación

La presente investigación corresponde a un diseño experimental de tipo comparativo, dado que se manipuló deliberadamente la variable independiente, constituida por el tipo de sistema de protección catódica (corriente impresa y ánodos de sacrificio) y sus respectivas configuraciones (C.1, C.2, C.3 para corriente impresa; zinc, magnesio y aluminio para ánodos de sacrificio), bajo condiciones controladas de exposición a cloruros. Se evaluó el efecto de dicha manipulación sobre las variables dependientes, correspondientes a la velocidad de corrosión del acero corrugado y al diferencial de potencial eléctrico (ΔE), mediante la comparación sistemática de los tratamientos frente a probetas de control sin protección. Este enfoque permitió establecer relaciones de causa-efecto entre las configuraciones aplicadas y el comportamiento electroquímico observado, sustentando así las conclusiones obtenidas sobre la efectividad relativa de cada sistema.

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, dado que se basa en la medición numérica de variables electroquímicas que permiten evaluar de manera objetiva el

comportamiento corrosivo del acero, así como la efectividad de los sistemas de protección catódica analizados. De acuerdo con (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018), el enfoque cuantitativo se sustenta en la recolección y análisis de datos numéricos con el fin de comprobar hipótesis y establecer patrones de comportamiento.

Según (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018), los estudios experimentales se definen por la intervención directa del investigador sobre las variables para observar sus efectos en condiciones controladas. En este contexto, se evalúa la viabilidad de la protección catódica por corriente impresa en comparación con el uso de ánodos de sacrificio, ambos aplicados sobre concreto armado y sometidos a condiciones similares de exposición al ambiente marino. A partir de ello, se analiza el comportamiento de cada sistema, lo que permite identificar diferencias técnicas en su desempeño para la mitigación de la corrosión del acero estructural.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población de estudio está constituida por elementos de concreto armado expuestos a condiciones de ambiente marino en Camaná, los cuales son susceptibles a procesos de corrosión del acero de refuerzo.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 108 probetas de concreto simple y de concreto armado, elaboradas en laboratorio y distribuidas según el tipo de sistema de protección catódica y las condiciones de exposición.

La distribución fue la siguiente:

- 24 probetas cilíndricas, destinadas a la verificación de la resistencia mecánica del concreto.
- 12 probetas prismáticas sin protección, consideradas como grupo control.
- 36 probetas prismáticas con protección por corriente impresa, subdivididas en tres grupos con diferentes niveles de corriente y voltaje.

- 36 probetas prismáticas con protección mediante ánodos de sacrificio, subdivididas en tres grupos según el tipo de ánodo (zinc, aluminio y magnesio).

Para las probetas cilíndricas, la base normativa fue la norma E 0.60 de concreto armado, que indica un mínimo de 2 probetas por cada edad de vaciado (7 días, 14 días y 28 días) y que las probetas deben provenir de la misma muestra. En total, se emplearon 6 probetas por tipo de porcentaje de cloruro de sodio añadido (0.0%, 0.5%, 1.5%, 2.5%), resultando en 24 probetas cilíndricas para ensayos a compresión.

Para determinar el número de probetas prismáticas se usó un criterio metodológico, y para esto se basó en antecedentes de investigaciones y en todas concuerdan que el patrón de estudio por cada grupo de probetas de similares características son 3 por cada grupo.

(Ancori Torobeo y Tenorio Palomino, 2021), en su investigación “Estudio de la efectividad de tres tipos de inhibidores de corrosión para la protección de estructuras de concreto armado” donde se fabricó probetas de las mismas características en las cuales se realizó 4 grupos y cada grupo con 3 porcentajes de cloruro de sodio y por cada porcentaje de cloruro de sodio se realizó 3 probetas, en conclusión, se realizó 3 probetas por cada porcentaje, lo que resultó en 104 probetas.

(Rendón Belmonte et al., 2013), en su investigación “Aplicación de corriente catódica como sistema de protección contra la corrosión de estructuras de concreto reforzado” se requirió por probetas cilíndricas de concreto armado en el cual se clasificó en 3 grupos, probetas con protección catódica galvánica, probetas sin protección catódica y la caracterización de la superficie por difracción de rayos X; para cada uno de estos grupos se usaron 3 probetas necesarias para el estudio de cada grupo, lo que resultó en 21 probetas.

(Castillo Pinillos y Ortiz Esquivel, 2018), en su investigación “Influencia del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI en la velocidad de corrosión de acero embebido en concreto expuesto a ambientes marinos de la zona costera de Trujillo”, cada condición experimental fue representada por tres probetas. Para la estimación del tamaño de muestra se utilizó una desviación estándar de 0.0115 %, mientras que el error máximo admisible se determinó considerando un 5 % del valor promedio de los resultados, obteniéndose un valor de 0.0123 %.

$$n_0 = \frac{Z^2 * S^2}{E^2} \quad Ec. (1)$$

Donde:

n_0 : Tamaño de muestra

Z: valor de la distribución normal asociado al nivel de confianza

S: Desviación estándar de variable de estudio

E: Porcentaje de precisión o error

$$n_0 = \frac{1.75^2 * 0.0115^2}{0.0123^2} = 2.68 \approx 3$$

Se elaboraron 3 probetas prismáticas por cada porcentaje de cloruro de sodio añadido (0.0%, 0.5%, 1.5%, 2.5%) además se prepararon 12 probetas por cada grupo de protección, en el cual se hizo 2 tipos de protección catódica y cada protección se dividió en 3 grupos; para la protección catódica por corriente impresa se dividió en 3 tipos de corriente y voltaje y para la protección catódica por ánodos de sacrificio se usó 3 tipos de ánodos. Adicionalmente se vaciaron 12 probetas sin ninguna protección para utilizarlas como mezcla patrón con sus respectivos porcentajes de cloruro de sodio, en total son 7 grupos de probetas y cada grupo contiene 12 probetas, en total son 84 probetas prismáticas.

3.3.3. Planificación de probetas

A continuación, se presenta de manera detallada el esquema con los criterios de diseño específicos para cada tipo de probeta.

Figura 11 Distribución de probetas a analizar por tipo de protección y concentración de NaCl

		% NaCl	N° prob.	
N° total de probetas de estudio		probetas cilíndricas	0.0% 0.5% 1.5% 2.5% 6666	
		probetas sin proteccion	0.0% 0.5% 1.5% 2.5% 3333	
		probetas con proteccion de corriente impresa	voltaje 1	0.0% 0.5% 1.5% 2.5% 3333
			voltaje 2	0.0% 0.5% 1.5% 2.5% 3333
			voltaje 3	0.0% 0.5% 1.5% 2.5% 3333
			probetas con proteccion por anodos de sacrificio	Anodo 1
		Anodo 2		0.0% 0.5% 1.5% 2.5% 3333
		Anodo 3		0.0% 0.5% 1.5% 2.5% 3333
		TOTAL 108		

Fuente: Elaboración propia

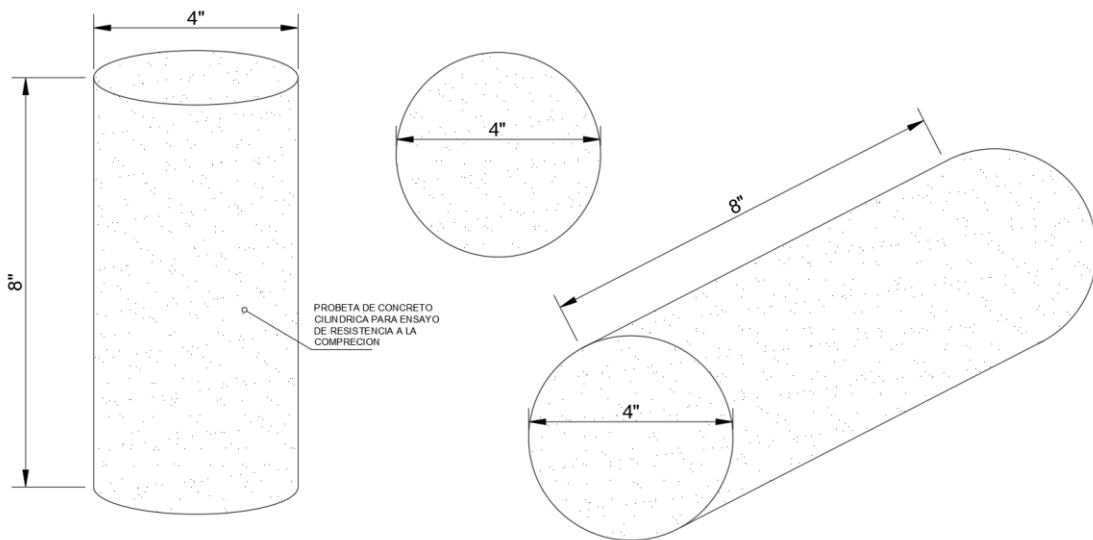
Tabla 3 Parámetros para la elaboración de probetas cilíndricas

Parámetros para probetas cilíndricas		
Forma	Cilíndrica	NTP 339.033:2021
Dimensiones	4" * 8"	NTP 339.033:2021
Número de muestras/ mezcla	6 probetas	NTP 339.033:2021
Moldeo de probetas (compactación)	Número de capas = 2	NTP 339.033:2021
	Varilladas por capa= 25	
	Golpes por capa =15	

Nota. Elaboración propia, basado en NTP 339.033:2021.

Se presentan las dimensiones normalizadas de las probetas cilíndricas (diámetro y altura) utilizadas en la elaboración y ensayo del concreto.

Figura 12 Modelo espécimen de probeta cilíndrica



Nota. El gráfico muestra las dimensiones de las probetas cilíndricas empleadas en el ensayo basado en NTP 339.033:2021.

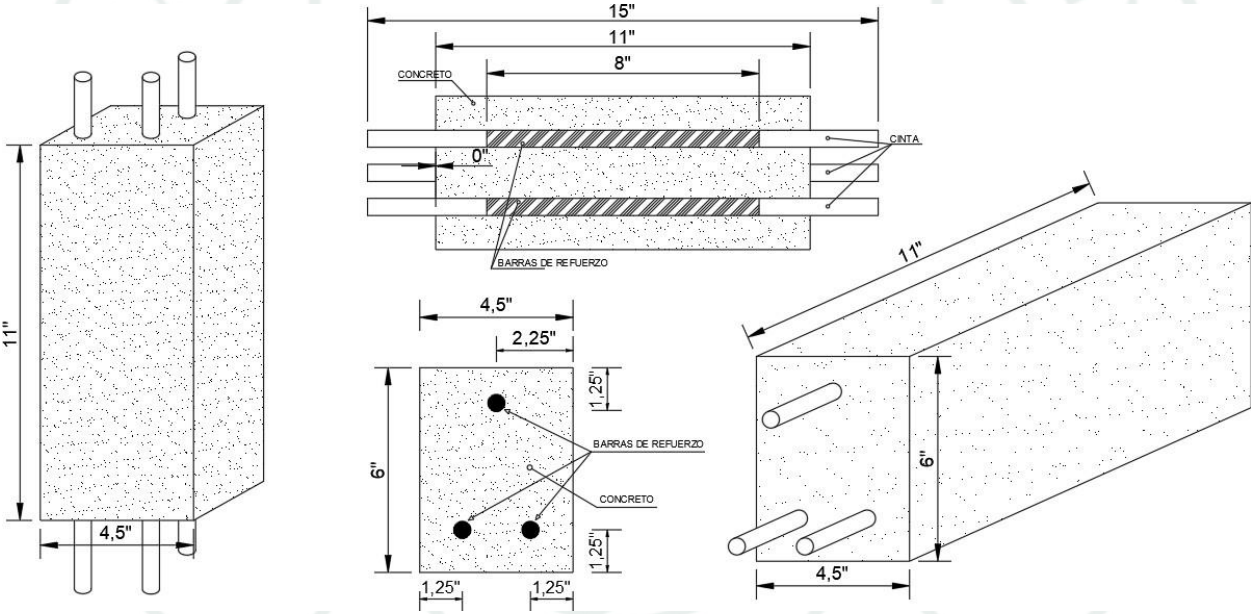
La configuración de las probetas prismáticas fue adaptada de la norma ASTM G109, con modificaciones para su aplicación en ensayos de protección catódica.

Tabla 4 Parámetros para probetas prismáticas

Parámetros para probetas prismáticas		
Forma	Prismática	ASTM G109-23
Dimensiones	4.5'' * 6'' * 11''	ASTM G109-23
Número de muestras / mezcla	3 probetas	ASTM G109-23
Moldeo de probetas (compactación)	Número de capas = 2 Varilladas por capa= 25 Golpes por capa =15	ASTM C192M-19

Nota. Elaboración propia, basado en ASTM G109, ASTM C192 y E.060.

Figura 13 Modelo espécimen de probeta prismática



Nota. El gráfico detalla las dimensiones de las probetas prismáticas, así como el detalle de los aceros de refuerzo, Elaboración Propia.

3.3.4. Preparación y extracción de muestras de agregados

La selección y preparación de los agregados utilizados en los ensayos se realizó siguiendo los procedimientos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 400.010 – “Agregados: Extracción y preparación de las muestras”. Esta norma establece los criterios para la obtención, manipulación y preparación de muestras representativas de agregados provenientes de canteras, depósitos o acopios.

El objetivo de esta etapa fue asegurar que las muestras obtenidas representen adecuadamente el material original, lo cual garantizó la obtención de resultados confiables durante los ensayos de laboratorio. Asimismo, la norma describió los procedimientos para reducir la muestra hasta obtener la cantidad necesaria para los análisis correspondientes.

3.3.5. Reducción de muestras por cuarteo

El proceso de cuarteo se empleó para reducir el tamaño de la muestra total de agregado hasta obtener una muestra representativa para los ensayos de laboratorio.

Este procedimiento es necesario debido a que los agregados no siempre presentan una distribución homogénea, ya que durante su transporte o almacenamiento puede producirse segregación de partículas. Por ello, el cuarteo permite obtener una porción representativa del material.

El procedimiento se realizó siguiendo lo establecido en:

- Normativa

ASTM C702: Práctica estándar para la reducción de muestras de agregados al tamaño de ensayo.

3.3.6. Caracterización de los agregados

El análisis granulométrico por tamizado permite determinar la distribución del tamaño de partículas de los agregados finos y gruesos mediante el uso de tamices normalizados.

Este ensayo es fundamental para el diseño de mezclas de concreto, ya que permite verificar si los agregados cumplen con los requisitos granulométricos establecidos para su utilización en proyectos de construcción.

- Normativa

ASTM C136 / C136M: Método de ensayo estándar para el análisis granulométrico de agregados finos y gruesos.

ASTM E11: Especificación estándar para tamices de ensayo de alambre tejido.

NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.

NTP 400.037: Agregados para concreto – Especificaciones.

3.3.7. Determinación del contenido de humedad

La humedad es una propiedad importante de los agregados, ya que influye directamente en la cantidad de agua efectiva utilizada en la mezcla de concreto.

Debido a que los agregados se encuentran expuestos al ambiente, su contenido de humedad puede variar constantemente. Por ello, es necesario determinar esta propiedad para realizar las correcciones de agua en el diseño de mezclas.

- Normativa

ASTM C566: Método de ensayo estándar para el contenido total de humedad evaporable de los agregados por secado.

3.3.8. Determinación del peso unitario

El peso unitario, también conocido como densidad aparente, permite determinar la relación entre el peso del agregado y el volumen que ocupa, incluyendo los vacíos presentes entre las partículas.

Este ensayo se realizó tanto para el agregado fino como para el agregado grueso; para ello, cada ensayo se repitió tres veces con el fin de obtener un promedio representativo que garantice la confiabilidad de los resultados.

- Normativa

ASTM C29 / C29M: Método de ensayo estándar para la determinación del peso unitario (densidad aparente) y el porcentaje de vacíos en agregados.

NTP 400.037: Determinación del peso unitario y del porcentaje de vacíos.

3.3.9. Determinación del peso específico y absorción

Mediante este ensayo se determinan tres propiedades fundamentales de los agregados: el peso específico, definido como la relación entre el peso del material y su volumen; la gravedad específica, que establece la proporción relativa entre el peso del agregado y el del agua; y la absorción, la cual indica la capacidad del material para retener agua en sus poros.

Estos parámetros son fundamentales para el diseño de mezclas de concreto según el método ACI, ya que permiten realizar correcciones en la cantidad de agua de la mezcla.

- Normativa

ASTM C127: Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso.

ASTM C128: Determinación del peso específico y absorción del agregado fino.

NTP 400.024: Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso.

NTP 400.025: Determinación del peso específico y absorción del agregado fino.

3.3.10. Diseño de mezcla de concreto

El diseño de mezcla se realizó mediante el método ACI 211, el cual permite determinar las proporciones adecuadas de los materiales que componen el concreto (cemento, agua, agregado fino y agregado grueso) con el fin de cumplir con las propiedades requeridas de resistencia, trabajabilidad y durabilidad.

Este método utiliza los resultados obtenidos en los ensayos de caracterización de agregados para establecer las proporciones óptimas de la mezcla.

- Normativa

ACI 211: Método para el diseño de mezclas de concreto.

3.3.11. Contenido de aire

Este ensayo permite determinar el porcentaje de aire presente en el concreto fresco, el cual influye directamente en propiedades como la resistencia mecánica, la durabilidad y la trabajabilidad de la mezcla.

El control del contenido de aire permite verificar si la mezcla cumple con los parámetros establecidos en el diseño.

- Normativa

ASTM C231: Método de ensayo estándar para determinar el contenido de aire del concreto fresco mediante el método de presión.

NTP 339.081: Método de ensayo para determinar el contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión.

3.3.12. Ensayo de asentamiento

El ensayo de asentamiento o revenimiento (Slump) permite evaluar la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco.

Este ensayo consiste en medir la deformación vertical de una mezcla de concreto después de retirar el molde troncocónico.

- Normativa

ASTM C143: Método de ensayo estándar para el asentamiento del concreto hidráulico.

NTP 339.035: Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto de cemento hidráulico.

3.3.13. Determinación de la temperatura del concreto fresco

La medición de la temperatura del concreto fresco permite verificar que la mezcla se encuentre dentro de los rangos adecuados para su colocación y fraguado.

Temperaturas elevadas pueden provocar pérdida de trabajabilidad, evaporación rápida del agua y aparición de fisuras plásticas. Mientras que temperaturas muy bajas pueden causar retraso en el fraguado y disminución del desarrollo de resistencia.

- Normativa

ASTM C1064: Método de ensayo para determinar la temperatura del concreto fresco.

NTP 339.184: Método de ensayo para determinar la temperatura del concreto fresco.

3.3.14. Elaboración y curado de probetas cilíndricas

Las probetas cilíndricas de concreto se elaboraron siguiendo el procedimiento establecido en la ASTM C192, utilizando moldes de 4 × 8 pulgadas, lo cual facilita su manejo, curado y transporte.

Posteriormente, las probetas fueron almacenadas en condiciones controladas de humedad y temperatura para asegurar un correcto proceso de curado.

- Normativa

ASTM C192: Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio.

NTP 339.183: Elaboración y curado de especímenes de concreto.

3.3.15. Elaboración y curado de probetas prismáticas

Las probetas prismáticas se elaboraron para el análisis del comportamiento del acero embebido en concreto. Durante su preparación se instalaron barras de acero y cables conductores que permiten medir el potencial eléctrico asociado al proceso de corrosión.

Estas probetas fueron preparadas y curadas siguiendo los procedimientos establecidos en las normas correspondientes.

- Normativa

ASTM C192: Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio.

ASTM G109: Método de ensayo para determinar los efectos de los inhibidores de corrosión en acero embebido en concreto expuesto a cloruros.

NTP 339.183: Elaboración y curado de especímenes de concreto.

NTP 339.184: Curado de especímenes de concreto.

3.3.16. Medición del potencial de corrosión

La medición del potencial eléctrico de corrosión se realizó con el fin de evaluar el comportamiento del acero embebido en concreto sin ningún tipo de protección catódica.

El cálculo del diferencial de potencial eléctrico después de 24 horas se realizó para evaluar la efectividad de la protección, detallando las especificaciones técnicas tanto para los sistemas galvánicos como para los sistemas por corriente impresa.

- Normativa

Norma ISO 12696:2016: Protección catódica del acero en el hormigón.

ASTM C876 – 22b: Método de ensayo estándar para determinar el potencial de corrosión del acero de refuerzo en concreto mediante mediciones de media celda.

3.3.17. Cálculo de velocidad de corrosión

La aplicación de esta guía determinó el cálculo de la pérdida de material, por diferencia de masas. Mediante este rigor procedimental, se logró cuantificar de manera objetiva el nivel de deterioro del acero.

- Normativa

Normativa ASTM G31 – 21: Guía Estándar para Pruebas de Corrosión por Inmersión en Laboratorio de Metales.

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

4.1. Ensayos de agregados

4.1.1. Selección de los agregados

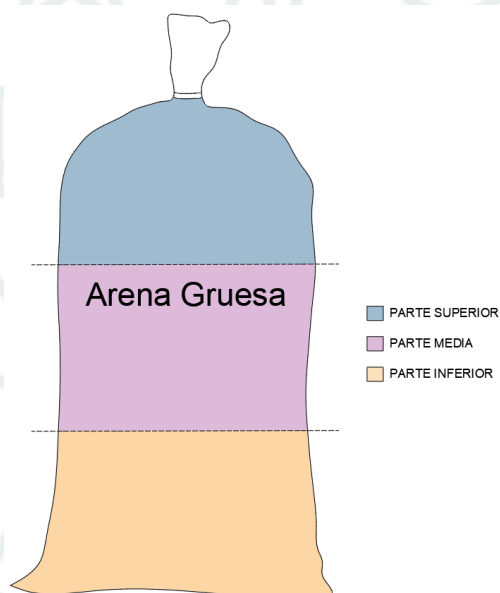
1) Norma:

“NTP 400.010 Agregados: Extracción y preparación de las muestras”.

2) Procedimiento:

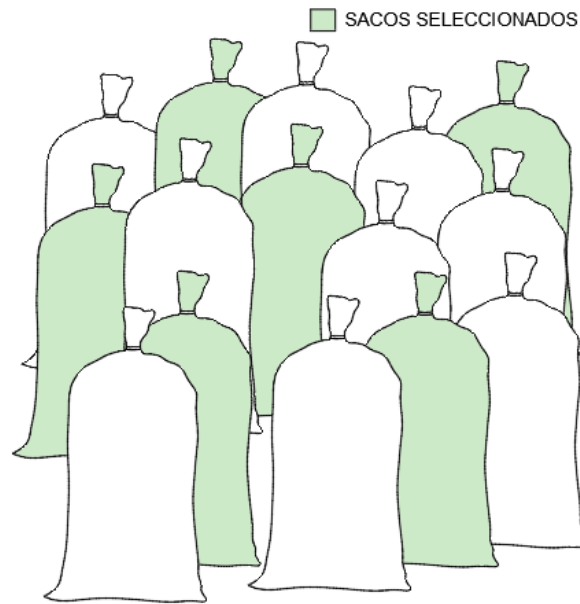
En primer lugar, se seleccionaron sacos al azar del lote disponible. De cada uno, se extrajo una porción tanto de la parte superior como de las partes media e inferior. Este procedimiento previene la segregación que pudo haber ocurrido en el saco, con lo cual se conforma una muestra homogénea para su análisis bajo los criterios de la norma.

Figura 14 Gráfico de muestreo en cada saco



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 15 Gráfico de selección de los sacos de agregados al azar



Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Cuarteo

El cuarteo es un procedimiento necesario pues permite obtener una muestra representativa del material. Su aplicación se justifica debido a que los agregados no presentan una distribución homogénea por naturaleza, durante su traslado se produce segregación, razón por la cual se requiere realizar el cuarteo.

1) Norma:

ASTM C702: “Práctica estándar para la reducción de muestras de agregados al tamaño de ensayo”.

2) Procedimiento:

A partir del material acopiado, se extrajo una muestra de las capas superior, media e inferior. Posteriormente, el material se dividió en cuatro partes y se eliminaron dos cuartos opuestos. Mediante este procedimiento se obtiene la muestra representativa, pudiendo repetir el proceso hasta alcanzar la cantidad requerida.

Figura 16 Procedimiento de cuarteo del agregado fino



Nota. Se muestra el proceso de reducción de muestra mediante cuarteo del agregado fino, con el fin de obtener una muestra representativa para ensayo. Elaboración propia.

Figura 17 Procedimiento de cuarteo del agregado grueso



Nota. Se muestra el proceso de reducción de muestra mediante cuarteo del agregado grueso, garantizando la representatividad de la muestra para su posterior análisis. Elaboración propia.

4.1.3. Análisis granulométrico por tamizado

1) Definición

El análisis granulométrico es un ensayo básico para determinar el tamaño de las partículas debido a que constituye un indicador esencial para el diseño de mezclas, el cual determina si el agregado cumple con las especificaciones técnicas de un proyecto.

El análisis granulométrico consiste en determinar la distribución del tamaño de las partículas del material, de acuerdo con las aberturas estandarizadas en la norma. Asimismo, representa un requisito indispensable en el estudio de suelos y agregados dentro de la ingeniería civil.

2) Norma:

El procedimiento del ensayo se realiza de acuerdo con las siguientes normas técnicas:

- ASTM C-136/136M: Método de ensayo estándar para el análisis granulométrico de áridos finos y gruesos. Este método de ensayo estándar permite determinar la distribución granulométrica de agregados finos y gruesos mediante tamizado.
- ASTM E11: Especificación estándar para tamices de ensayo de alambre tejido. Esta especificación establece las características y requisitos de los tamices de ensayo de alambre tejido.
- NTP 400.012 “AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso”. Esta norma describe el procedimiento para realizar el análisis granulométrico del agregado fino y grueso.
- NTP 400.037 “AGREGADOS. Agregados para concreto. Especificaciones”. Esta norma establece las especificaciones y requisitos que deben cumplir los agregados utilizados en la elaboración del concreto.

3) Muestra

Para el correcto análisis según la norma “ASTM C-136/136M: Método de ensayo estándar para el análisis granulométrico de áridos finos y gruesos” se requiere una cantidad mínima para poder realizar el análisis granulométrico.

Para el agregado grueso dependerá del tamaño máximo nominal según la tabla de determinación de la cantidad de agregado.

Tabla 5 Determinación de la cantidad mínima de agregado grueso

Tamaño máximo nominal (in)	Tamaño mínimo de la muestra de prueba (kg)
3/8"	1
1/2"	4
3/4"	5
1"	10
1 1/2"	12
2"	20
2 1/2"	35
3"	60
3 1/2"	100
4"	150
5"	300

Nota. Adaptado de la norma ASTM C-136.

Para el análisis granulométrico del agregado fino, la norma establece que la muestra utilizada debe tener una masa mínima de 300 g, con el fin de garantizar que el material sea representativo y permita obtener resultados confiables durante el ensayo.

4) Materiales, herramientas y equipos

- **Tamizador automático:**

Equipo que produce un movimiento vibratorio u oscilatorio constante, permitiendo que las partículas del material se distribuyan y atraviesen los diferentes tamices durante un tiempo determinado.

- **Balanza:**

Instrumento de medición con la capacidad adecuada y una precisión mínima de 0.5 g, utilizado para determinar la masa de las muestras y del material retenido en cada tamiz.

- **Tamices:**

Se utilizaron juegos de tamices de 8 pulgadas de diámetro de malla cuadrada con cierta abertura indicada:

Para agregado grueso: 1 1/2" (37.5 mm), 1" (25mm), 3/4" (19mm), 1/2" (12.5mm), 3/8" (9.5mm), N°4 (4.75mm).

Para agregado fino: 3/8" (9.5mm), N°4 (4.75mm) N°8 (2.36mm), N°16 (1.8mm), N°30 (600µm), N°50 (300µm), N°100 (150µm), N°200 (75µm).

- **Horno:**

Equipo capaz de mantener una temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, utilizado para secar las muestras antes de realizar el ensayo.

- **Otros:**

Bandejas, recipientes (bowls), cucharones, trapos industriales y otros utensilios necesarios para la manipulación y preparación de las muestras.

5) Procedimiento

Se extrajo la cantidad necesaria de la muestra seleccionada por cuarteo y se introdujo en el horno a una temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Asimismo, se seleccionaron los tamices tanto para el agregado grueso como para el agregado fino, se apilaron de forma decreciente (la mayor abertura en la parte superior y las menores en la inferior), junto con su tapa y la base (fondo).

La batería de tamices se colocó en el agitador mecánico y se vertió una porción de la muestra seleccionada. Cada agregado se dividió en cuatro y se tamizó para identificar y descartar aquellos ensayos que sobrepasaran el margen de error permitido. Los resultados de los tamizajes válidos se sumaron para garantizar un análisis correcto. El equipo se agitó durante 5 minutos para el agregado grueso y 10 minutos para el agregado fino.

Posteriormente, se procedió a pesar el agregado retenido en cada tamiz. Cada tamizaje se analizó de forma independiente (comparando el peso inicial y el peso final), procurando que el porcentaje de error no superara el $\pm 0.3\%$.

Tabla 6 Resultados de tamizajes del agregado grueso

Tamiz	Tamizaje 1	Tamizaje 2	Tamizaje 3	Tamizaje 4	Sumatoria
ASTM C-136	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1"	30.00	30.00	30.00	0.00	90.00
3/4"	94.50	97.50	122.00	117.50	431.50
1/2"	1643.00	1675.00	1682.00	1190.00	6190.00
3/8"	1106.50	1042.00	1069.50	735.50	3953.50
N° 4	98.00	144.00	92.50	113.00	447.50
Fondo	55.00	42.50	33.50	52.00	183.00
Total	3027.00	3031.00	3029.50	2208.00	11295.50
Peso Inicial	3030.00	3030.00	3030.00	2208.00	11298.00
Error %	0.10	-0.03	0.02	0.00	0.02

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7 Resultados de tamizajes del agregado fino

Tamiz	Tamizaje 1	Tamizaje 2	Tamizaje 3	Tamizaje 4	Sumatoria
	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso total (g)
1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/8"	1.00	1.50	1.50	0.00	4.00
N° 4	29.50	35.00	23.50	13.50	101.50
N° 8	94.00	144.00	66.00	77.50	381.50
N° 16	243.00	363.00	182.00	192.50	980.50
N° 30	524.00	610.50	496.50	318.00	1949.00
N° 50	669.50	485.00	660.00	332.50	2147.00
N° 100	300.50	224.50	398.00	175.00	1098.00
N° 200	95.50	112.00	109.00	80.50	397.00
FONDO	40.50	22.00	59.50	34.00	156.00
TOTAL	1997.50	1997.50	1996.00	1223.50	7214.50
PESO INICIAL	2000.00	2000.00	2000.00	1223.50	7223.50
ERROR %	0.13	0.13	0.20	0.00	0.12

Fuente: Elaboración propia.

Con la sumatoria de los pesos se elaboró una tabla con los retenidos totales; asimismo, se calculó el porcentaje por cada malla, el porcentaje retenido acumulado y el pasante acumulado.

6) Metodología

Se calculó el peso retenido en cada tamiz después el porcentaje retenido que representa cada uno de estos pesos.

Luego se calculó el porcentaje retenido acumulado y el porcentaje pasante; estos dos últimos parámetros son necesarios para calcular el módulo de fineza y los puntos de la curva granulométrica, respectivamente.

Se tuvo en cuenta el cálculo del error del peso inicial y el peso final donde este no excedió el 0.3%. De haber sobrepasado este error se debe descartar este tamizaje y repetirlo.

Para el cálculo del módulo de fineza del agregado fino se requiere el porcentaje retenido acumulado en las mallas: N°3/8 “, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 su valor debe oscilar preferentemente entre 2.3 y 3.1.

Para el tamaño máximo nominal del agregado grueso se debe observar el primer tamiz que retenga más del 10% del porcentaje retenido y el inmediato superior será el tamaño máximo nominal.

El tamaño máximo nominal del agregado fino es la Malla N°4 ya que representa el tamaño máximo de la arena.

Los límites de las curvas granulométricas están definidos por el uso para el agregado grueso según la figura 18.

Figura 18 Tabla de los usos del agregado grueso

HUSO	TAMAÑO MAXIMO MONIMAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 in.)	90 mm (3 ½ in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2 1/2 in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1 ½ in.)	25 mm (1 in.)	19 mm (¾ in.)	12.5 mm (1/2 in.)	9.5 mm (3/8 in.)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2 a 1 ½ in.)	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2 in.)	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25 mm (2 a 1 in.)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 mm a 4.75 mm (2 in. a N° 4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37.5 mm a 9 mm (1 1/2 a 3/4 in.)	-	-	-	-	100	95 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 in. a N° 4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25 mm a 12.5 mm (1 a 1/2 in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25 mm a 9.5 mm (1 a 3/8 in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25 mm a 4.75 mm (1 in. a N° 4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19 mm a 9.5 mm (¾ a 3/8 in.)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	19 mm a 4.75 mm (¾ in. a N° 4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 in. a N° 4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	9.5 mm a 2.56 mm (3/8 in. a N° 8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	9.5 mm a 1.18 mm (3/8 in. a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 mm a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: ASTM C-136.

Los límites de las curvas granulométricas para el agregado fino están definidos por la Tabla 8.

Tabla 8 Limites granulométricos del agregado fino

TAMIZ	Abertura (mm)	% Pasa	
		Min	Max
3/8"	9.51	100	100
N° 4	4.76	95	100
N° 8	2.38	80	100
N° 16	1.19	50	85
N° 30	0.595	25	60
N° 50	0.297	5	30
N° 100	0.149	0	10
N° 200	0.074	0	3

Fuente: ASTM C-136.

7) Cálculos y resultados

Para el análisis granulométrico del agregado fino como del agregado grueso se basó en la norma “ASTM C-136: Método de ensayo estándar para el análisis granulométrico de áridos finos y gruesos”, se utilizó material de cantera para garantizar una mejor calidad para el diseño de mezcla tanto como piedra chancada (piedra angular) y se verificó que el agregado fino no procediera de cantera de río, reduciendo así la presencia de materia orgánica.

Figura 19 Batería de tamices del laboratorio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20 Agitador de tamices automático



Fuente: Elaboración propia.

8) Cálculos del Agregado grueso

Tabla 9 Cálculo del agregado grueso

TAMIZ		Peso Ret.	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pasa Ac.
ASTM	Mm				
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25	90.00	0.80	0.80	100.00
3/4"	19	431.50	3.82	3.82	96.18
1/2"	12.5	6190.00	54.80	58.62	41.38
3/8"	9.5	3953.50	35.00	93.62	6.38
N°4	4.75	447.50	3.96	97.58	2.42
FONDO		183.00	1.62	99.20	0.80
TOTAL		11295.50	100.00		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10 Tamaño máximo nominal y porcentaje de error

Peso inicial (g)	11298
Peso final (g)	11295.5
Error (%)	0.02
T.M.N.	3/4"

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia del peso inicial y el final fue menor de 0.03%, por lo que el tamizaje se consideró aceptable; asimismo el tamaño máximo nominal fue 3/4 in.

Se graficó la curva granulométrica con la norma “NTP 400.037: Agregados, especificaciones normalizadas para agregados en concreto” la cual nos indicó el huso para concreto es el huso 67, la cual es característica para el concreto armado convencional y TMN de 3/4”, por lo que se definieron los límites para nuestra curva granulométrica para el agregado grueso.

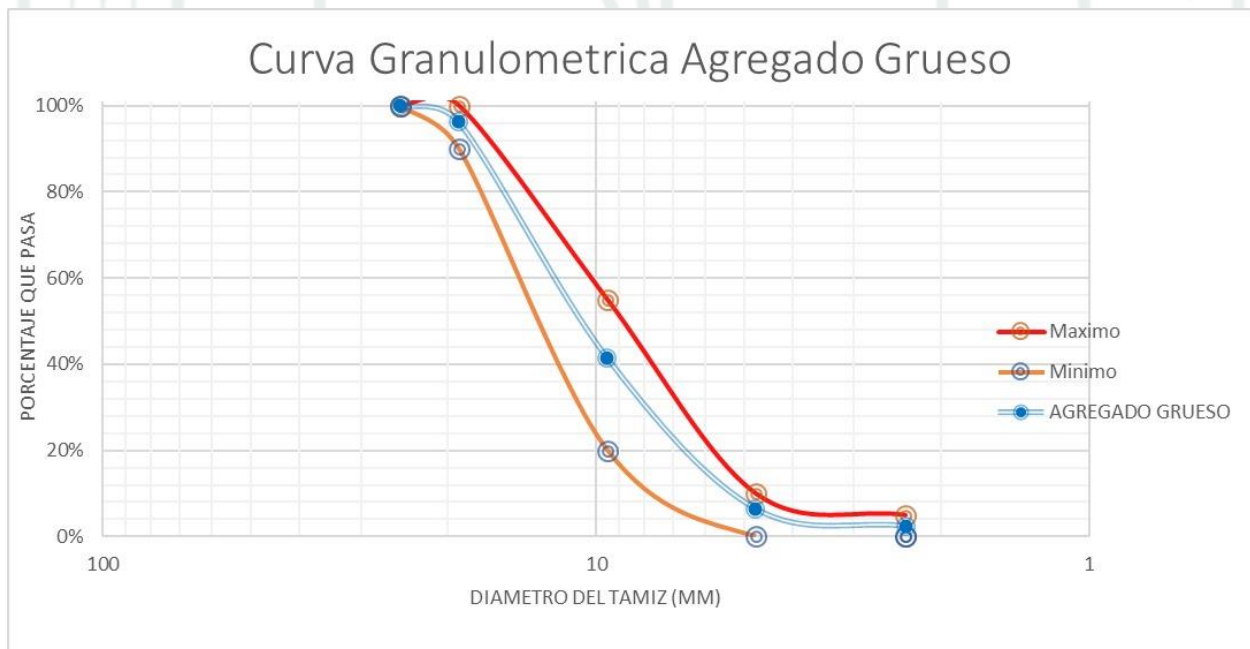
Tabla 11 Huso 67

Huso		67	
Tamiz	Abertura (mm)	% Pasa	
		Min.	Max.
1"	25	100	100
3/4"	19	90	100
3/8"	9.5	20	55
N°4	4.75	0	10
N°8	2.36	0	5
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

Fuente: NTP 400.037.

Con los límites y con nuestros resultados se graficó la curva granulométrica y corroboró que este dentro de los límites permitidos.

Figura 21 Curva granulométrica agregado grueso



Fuente: Elaboración propia.

9) Cálculos del Agregado Fino

Cada agregado se tamizó cuatro veces para identificar y descartar aquellos ensayos que sobrepasaran el margen de error permitido. Con los ensayos válidos, se elaboró una tabla con los pesos retenidos totales, a partir de la cual se calculó el porcentaje retenido por malla, el porcentaje retenido acumulado y el porcentaje que pasa.

Tabla 12 Cálculo del agregado fino

TAMIZ		Peso Ret.	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pasa Ac.
ASTM	Mm				
1/2"	12.5	0	0	0	100
3/8"	9.51	4	0.06	0.06	99.94
N° 4	4.76	101.5	1.41	1.46	98.54
N° 8	2.38	381.5	5.29	6.75	93.25
N° 16	1.19	980.5	13.59	20.34	79.66
N° 30	0.595	1949	27.02	47.36	52.64
N° 50	0.297	2147	29.76	77.12	22.88
N° 100	0.149	1098	15.22	92.33	7.67
N° 200	0.074	397	5.50	97.84	2.16
FONDO		156	2.16	100.00	0.00
TOTAL		7214.5	100		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13 Tamaño máximo nominal y porcentaje de error

Peso inicial (g)	7223.5
Peso final (g)	7214.5
Error (%)	0.12
TMN	N°8

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia entre el peso inicial y el final fue del 0.12 %, por lo que el tamizaje se consideró aceptable al ser menor al límite normativo. Se graficó la curva granulométrica

basándose en la “NTP 400.037: Agregados, especificaciones normalizadas para agregados en concreto”, la cual indicó los límites permisibles.

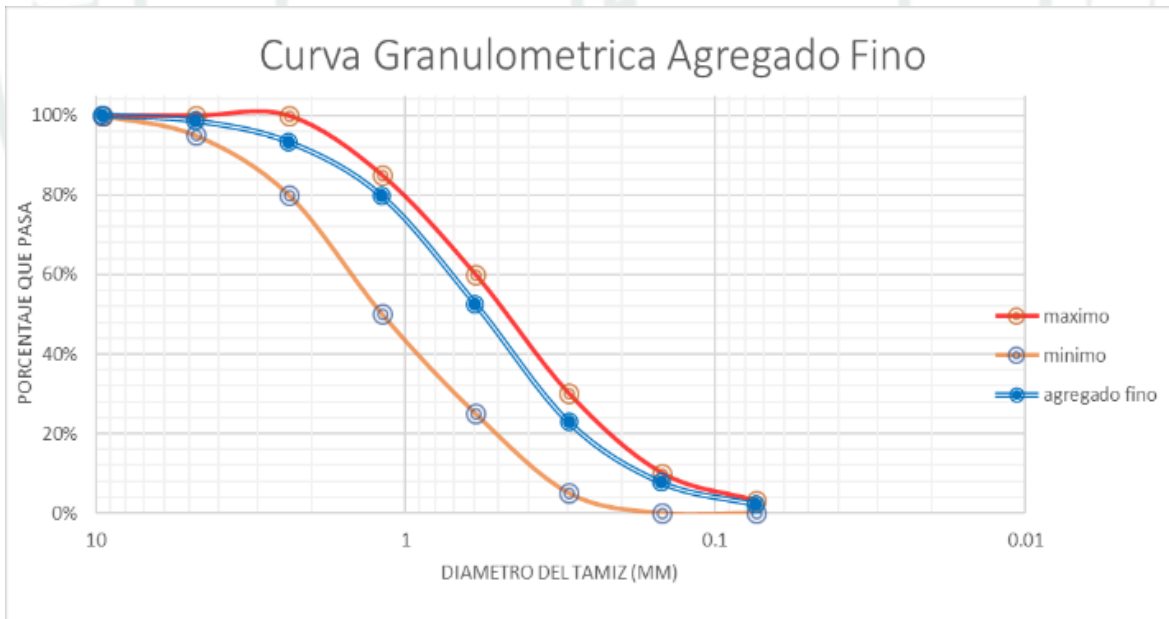
Tabla 14 Límites granulométricos del agregado fino según NTP 400.037

TAMIZ	Abertura (mm)	% Pasa	
		Min.	Max.
3/8"	9.51	100	100
N° 4	4.76	95	100
N° 8	2.38	80	100
N° 16	1.19	50	85
N° 30	0.595	25	60
N° 50	0.297	5	30
N° 100	0.149	0	10
N° 200	0.074	0	3

Fuente: Elaboración propia, adaptada de NTP 400.037.

Al superponer estos límites con los resultados experimentales, se corroboró que el material se encontraba dentro de los márgenes permitidos.

Figura 22 Curva granulométrica para agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

Con los datos adicionales se obtuvo el módulo de fineza del agregado fino.

$$MF = \frac{\sum(\% \text{ Retenido Acumulado})}{100} \quad Ec. (2)$$

$$MF = ((R_{3/8 \text{ in}} + R_{N^{\circ} 4} + R_{N^{\circ} 8} + R_{N^{\circ} 16} + R_{N^{\circ} 30} + R_{N^{\circ} 50} + R_{N^{\circ} 100}))/100$$

$$MF = \frac{(0.06 + 1.46 + 6.75 + 20.34 + 47.36 + 77.12 + 92.33)}{100}$$

$$MF = 2.454$$

4.1.4. Contenido de humedad

1) Definición

La humedad es un fenómeno constante en el ambiente que afecta directamente a los agregados para el concreto, manteniendo las partículas con diferentes grados de saturación hídrica. La humedad presente en los agregados es un factor determinante en la dosificación, debido a que aporta agua a la mezcla de concreto. Si este volumen de agua libre no se considera en los cálculos de diseño, se altera negativamente la relación agua/cemento, lo cual generará un concreto con menor resistencia a la compresión. Dado que los agregados se encuentran acopiados a la intemperie en la zona de trabajo, es indispensable determinar el agua contenida en sus poros y superficie para realizar las correcciones oportunas en el aporte de agua de mezclado.

2) Muestreo

Para la determinación del contenido de humedad, se tomó como referencia la norma ASTM C566 (Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying) con el fin de cuantificar el contenido de agua en estado natural. La cantidad mínima de la muestra requerida para el ensayo se definió de acuerdo con los parámetros normativos establecidos en la Tabla 15.

Tabla 15 Tamaños y cantidad de masa máximas y mínimas para agregados

Tamaño máximo nominal del agregado, mm (in)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal, kg
4.75 (0.187) (N° 4)	0.5
9.5 (3/8")	1.5
12.5 (1/2")	2
19.0 (3/4")	3
25.0 (1")	4
37.5 (1 1/2")	6
50 (2")	8
63 (2 1/2")	10
75 (3")	13
90 (3 1/2")	16
100 (4")	25
150 (6")	50

Fuente: Norma ASTM C566.

3) Materiales, herramientas y equipos

- Balanza: Balanza de capacidad media con precisión de 0.1% del peso requerido
- Horno: Horno de temperatura constante de 110 °C $\pm$ 5 °C
- Otros: Bandejas metálicas, bowls metálicos, cucharones, trapos industriales, etc.

4) Normativa

- ASTM C566 / C566M “Método de ensayo estándar para determinar el contenido total de humedad evaporable de los agregados por secado”
- NTP 400.037 “Agregados. Agregados para concreto. Especificaciones”

5) Procedimiento

Para el agregado grueso la norma nos indica que necesitamos una masa mínima de 3 kg según la tabla 15 debido a que nuestro tamaño máximo nominal es de 3/4” según nuestra granulometría calculada.

Para el agregado fino por norma nos indica que el tamaño máximo nominal es la malla N°4 por lo que la masa mínima es 0.5 kg. Ambas muestras, tanto del agregado fino como del agregado grueso, se pesaron en estado natural.

Luego se colocó al horno el cual estuvo en una temperatura constante de 110 °C $\pm$ 5 °C durante 24 horas, transcurrido el tiempo de secado, las muestras se extrajeron del horno y se

pesaron inmediatamente. Con estos datos se pudo obtener el contenido de humedad de los agregados.

Se seleccionó una parte del agregado que ya ha pasado por el proceso de cuarteo según la cantidad mínima requerida según la Tabla 15. Tanto para el agregado fino como para el agregado grueso.

Se pesó cada muestra en estado natural, conocido como peso húmedo.

Se colocó la muestra en un horno a temperatura constante de 110 ± 5 °C durante 24 horas.

Una vez terminado el periodo de 24 horas, se pesó la muestra este peso se le conoce como peso seco y con estos datos se calculó el contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso.

6) Metodología

$$W (\%) = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100 \quad Ec. (3)$$

W : Contenido de humedad (%).

W_h : Peso húmedo (kg).

W_s : Peso seco (kg).

7) Cálculos y resultados de los agregados

- El contenido de humedad natural del agregado grueso es de 0.45 %.
- El contenido de humedad natural del agregado fino es de 0.36 %.

Tabla 16 Cálculo del contenido de humedad del agregado grueso

Agregado grueso			
(1)	Bandeja N°	Unidades	Cantidad
(2)	Peso agregado en estado natural + bandeja	Kilogramo	4.001
(3)	Peso de la bandeja	Kilogramo	0
(4)	Peso del agregado seco + bandeja	Kilogramo	3.983
(5)	Cantidad de agua en el agregado: (2) - (4)	Litro	0.018
(6)	Peso agregado seco: (4) - (3)	Kilogramo	3.983
(7)	Humedad total: (5) / (6) x100	Porcentaje	0.452

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17 Cálculo del contenido de humedad del agregado fino

Agregado fino			
(1)	Bandeja N°	Unidades	Cantidad
(2)	Peso agregado en estado natural + bandeja	Kilogramo	4.341
(3)	Peso de la bandeja	Kilogramo	0.341
(4)	Peso del agregado seco + bandeja	Kilogramo	4.327
(5)	Cantidad de agua en el agregado: (2) - (4)	Litro	0.0145
(6)	Peso agregado seco: (4) - (3)	Kilogramo	3.9855
(7)	Humedad total: (5) / (6) x100	Porcentaje	0.364

Fuente: Elaboración propia.

Figura 23 Muestra de agregado fino después de 24 horas al horno a 110°C



Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Peso unitario

1) Definición

Para el peso unitario tanto del agregado fino como del agregado grueso se utilizó la norma “ASTM C29: Método de ensayo estándar para la determinación del peso unitario (densidad aparente) y el porcentaje de vacíos en los agregados” para lo cual se realizó 3 veces cada ensayo para obtener un mejor promedio de los resultados para garantizar la fiabilidad de los resultados.

2) Muestreo

La cantidad de agregado para el ensayo del agregado grueso como del fino no está definido por lo que se usará el material necesario para llenar los recipientes, se emplearon 25 kg para el agregado grueso y 10 kg para el agregado fino de nuestro material representativo.

3) Materiales, herramientas y equipos

- Recipiente de peso unitario: recipiente de metal cilíndrico rígido, altura superior al 80% del diámetro, pero menor al 150% que el diámetro.
- Balanza de piso: balanza de capacidad alta con precisión de 0.1% del peso requerido.
- Balanza: Balanza de capacidad media con precisión de 0.1% del peso requerido.
- Pisón: Barra de acero liso de 5/8” de diámetro y 24” de largo con 1 o ambas puntas redondeadas.
- Enrasado: Enrasador metalito rígido de longitud ligeramente superior al diámetro del recipiente de peso unitario.
- Horno: Horno de temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Otros: Bandejas, bowls, cucharones, trapos industriales, etc.

4) Normativa

- ASTM C29 / C29M: “Método de ensayo estándar para la determinación del peso unitario (densidad aparente) y el porcentaje de vacíos en agregados”.
- NTP 400.037: “agregados. Determinación del peso unitario y del porcentaje de vacíos”.

5) Procedimiento

De la muestra seleccionada del cuarteo se extrajo una cantidad necesaria y se lleva al horno a una temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.

Para el peso unitario tanto para el suelto y el compactado se requiere conocer el peso del recipiente, asimismo conocer su volumen tanto del recipiente del agregado grueso como el recipiente del agregado fino para esto tomamos 3 medidas tanto de los diámetros como de las alturas y con el promedio se calcula su volumen.

Para el peso unitario suelto del agregado grueso y del agregado fino se vertió el agregado de manera lenta y constante hasta el borde y se enraso luego con el recipiente lleno, se pesó, a este peso lo dividimos entre el volumen del recipiente respectivo y se obtuvo el peso unitario suelto de los agregados.

Para el peso unitario compactado del agregado grueso y del agregado fino. Se llenó en tres capas, cada una se varilló con una barra de acero liso de 5/8 con 25 golpes cada capa, adicionalmente, se dieron ligeros golpes al recipiente con un martillo de goma; una vez lleno se enraso y se pesó, a este peso lo dividimos entre el volumen del recipiente respectivo para obtener el peso unitario compactado de los agregados.

6) Metodología

$$Pu = \frac{P_{a+r} + P_r}{V_r} \quad \text{Ec. (4)}$$

Pu : Peso unitario (kg/m^3).

P_{a+r} : Peso del agregado más peso del recipiente (kg).

P_r : Peso del recipiente (kg).

V_r : Volumen del recipiente (m^3).

7) Cálculos y resultados

- El peso unitario suelto del agregado grueso fue de $1134.29\text{ kg}/\text{m}^3$, valor en el cual el rango típico para concreto estructural es de $1300\text{ kg}/\text{m}^3 - 1550\text{ kg}/\text{m}^3$.

- El peso unitario compactado del agregado grueso es 1235.78 kg/m³ donde el rango típico para concreto estructural es de 1500 kg/m³ – 1750 kg/m³.
- El peso unitario suelto del agregado fino es 1436.86 kg/m³ donde el rango típico para concreto estructural es de 1400 kg/m³ – 1650 kg/m³.
- El peso unitario compactado del agregado fino es 1617.87 kg/m³ donde el rango típico para concreto estructural es de 1600 kg/m³ – 1850 kg/m³.

8) Volumen y peso de los recipientes para cada agregado respectivamente

Figura 24 Peso del recipiente del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia.

Figura 25 Peso del recipiente del agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18 Análisis del recipiente agregado grueso

Recipiente agregado grueso				
Descripción	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
Diámetro (cm)	23	22.5	22.5	22.67
Altura (cm)	29.1	29	29	29.03
Volumen (cm ³)	11715.53			
Peso (g)	4840.50			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19 Análisis del recipiente agregado fino

Recipiente agregado fino				
Descripción	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
Diámetro (cm)	15.3	15.25	15.3	15.28
Altura (cm)	15.4	15.35	15.4	15.38
Volumen (cm ³)	2822.13			
Peso (g)	1722.00			

Fuente: Elaboración propia.

9) Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

Figura 26 Peso suelto N°3 del agregado grueso + recipiente



Fuente: Elaboración propia.

Figura 27 Peso compactado N°3 del agregado grueso + recipiente



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20 Peso unitario agregado grueso

Peso unitario de agregado grueso								
Ítem			Suelto			Compactado		
(1)	Ensayo	N°	1	2	3	1	2	3
(2)	Peso del agregado + recipiente	(g)	18132	18156	18100	19215	19240	19500
(3)	Peso del recipiente	(g)	4840.50	4840.5	4840.5	4840.5	4840.5	4840.5
(4)	Peso del agregado: (2) - (3)	(g)	13291.5	13315.5	13259.5	14374.5	14399.5	14659.5
(5)	Volumen del recipiente	cm3	11715.53	11715.53	11715.53	11715.53	11715.53	11715.53
(6)	Peso Unitario: (4) / (5)	(g/cm3)	1.13	1.14	1.13	1.23	1.23	1.25
Promedio Total		(g/cm3)	1.134			1.236		
Promedio Total		(kg/m3)	1134.29			1235.78		

Fuente: Elaboración propia.

10) Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Figura 28 Peso suelto N°2 del agregado fino + recipiente



Fuente: Elaboración propia.

Figura 29 Peso compactado N°2 del agregado fino + recipiente



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21 Peso unitario agregado fino

Peso unitario agregado fino								
Ítem			Suelto			Compactado		
(1)	Ensayo N°	N°	1	2	3	1	2	3
(2)	Peso del agregado + recipiente	(g)	5879.5	5557	5894.5	6259.5	6301.5	6302.5
(3)	Peso del recipiente	(g)	1722.00	1722	1722	1722	1722	1722
(4)	Peso del agregado: (2) - (3)	(g)	4157.5	3835	4172.5	4537.5	4579.5	4580.5
(5)	Volumen del recipiente	cm ³	2822.13	2822.13	2822.13	2822.13	2822.13	2822.13
(6)	Peso Unitario: (4) / (5)	(g/cm ³)	1.47	1.36	1.48	1.61	1.62	1.62
Promedio Total		(g/cm ³)	1.437			1.618		
Promedio Total		(kg/m ³)	1436.86			1617.87		

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. Peso específico y absorción

1) Definición

Las normas ASTM C127 y ASTM C128 establecen los procedimientos de laboratorio para medir tres propiedades fundamentales del agregado grueso y del fino, respectivamente. Peso específico, Gravedad específica, Absorción de agua.

- Peso específico.

Indica qué tan pesado es el agregado en relación con su volumen.

- Gravedad específica.

Es la relación entre el peso del agregado y el peso del agua.

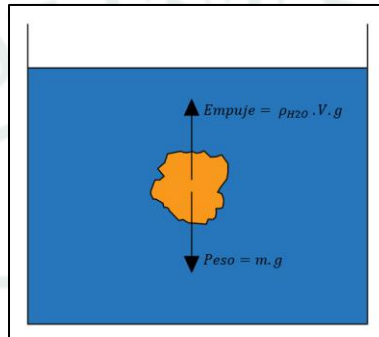
- Absorción de agua.

Determina cuánta agua puede absorber el agregado en sus poros.

Propiedades de los agregados que permiten realizar el diseño de mezclas según el método ACI, método que proporciona también las correcciones de humedad.

Para todas estas propiedades el ensayo requiere conocer el volumen del agregado grueso, para ello se aplicó el principio de Arquímedes, el cual establece que un cuerpo sumergido desplaza un volumen de agua igual a su propio volumen, este principio se expresa en la fórmula siguiente:

Figura 30 Principio de empuje



Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Peso sumergido} = \text{Peso} - \text{Empuje} \quad \text{Ec. (5)}$$

$$m_{\text{sumergida}} \cdot g = m \cdot g - \rho_{H2O} \cdot V \cdot g$$

$$\rho_{H2O} \cdot V \cdot g = m \cdot g - m_{\text{sumergida}} \cdot g$$

$$\rho_{H2O} \cdot V = m - m_{\text{sumergida}}$$

$$V = \frac{m - m_{\text{sumergida}}}{\rho_{H2O}}$$

Donde:

m: Masa saturada superficialmente seco.

ρ_{H2O} : Densidad del agua (1 g/cm³).

V: Volumen del agregado.

g: Gravedad.

2) Materiales, herramientas y equipos

- Canastilla: Canastilla de alambre resistente de abertura de la malla N°6 (3.35mm) debe permitir el ingreso de agua libremente.

- Tanque: Recipiente de agua lo suficientemente grande para que pueda ingresar la canastilla completamente sumergida.
- Tamices: Tamiz N°4.
- Horno: Horno de temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Paños Absorbentes: paños de fibra que tengan propiedades absorbentes.
- Balanza: Balanza de capacidad media con precisión de 0.1% del peso requerido.
- Picnómetro: Fiola, matraz, frasco o recipiente adecuado con tapa para contener $500 \pm 0,1\text{ cm}^3$ de volumen.
- Cono metálico para arena: Cono metálico hueco de $0,8 \pm 3\text{ mm}$ de grosor, $90 \pm 3\text{ mm}$ de diámetro interno en la parte inferior, $40 \pm 3\text{ mm}$ de diámetro interna en la parte superior y $75 \pm 3\text{ mm}$ de alto.
- Pisón: Pisón metálico de $340\text{ g} \pm 15\text{ g}$ de peso con base plana de apisonamiento circular de $25\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$.
- Placa de vidrio: Placa de vidrio para usarlo como base para evitar la absorción de agua.
- Agua destilada: Agua altamente purificada, libre de sales minerales, iones, metales y microorganismos.
- Otros: Bandejas, bowls, cucharones, trapos industriales, etc.

3) Normativa

- ASTM C127: Método de ensayo estándar para la determinación del peso específico y la absorción del agregado grueso.
- ASTM C128: Método de ensayo estándar para la determinación del peso específico y la absorción del agregado fino.
- NTP 400.024: Agregados. Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso.
- NTP 400.025: Agregados. Determinación del peso específico y absorción del agregado fino.

4) Procedimientos

Procedimiento agregado grueso

Para el agregado grueso se selecciona una cantidad mínima de 2 kg y se seca al horno en un periodo de 24 ± 4 horas después se seca a temperatura ambiente de 1 a 3 horas. Este procedimiento es opcional ya que el vaciado del concreto se realizó con agregados en estado natural.

Pasadas las 24 horas de saturación se extrae el agregado y con un paño se seca superficialmente hasta que en su superficie no presente brillo óseo que este en su condición SSS (saturada superficialmente seca) y se pesó este agregado SSS.

Luego este agregado se lleva a la canastilla de abertura de malla N°6 (3.35 mm) y se sumerge para obtener el peso del agregado sumergido (peso SSS sumergido).

Para finalizar se lleva al horno a $110 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas y después se pesa el agregado seco, cabe resaltar que datos importantes es no secar demasiado el agregado para mantenerlo en su condición SSS y también tener el peso de la canastilla sumergida.

Procedimiento agregado fino

Para el agregado fino se seleccionó una cantidad mínima de 1 kg, se secó en el horno durante 24 ± 4 horas y se enfrió a temperatura ambiente de 1 a 3 horas. Al igual que en el agregado grueso, este acondicionamiento es opcional por el uso de materiales en estado natural en el vaciado.

Después del secado inicial, la muestra se sumergió en agua durante 24 ± 4 horas, o bien, se le añadió agua hasta alcanzar aproximadamente un 6 % de humedad. Finalizado este periodo, el material se extendió y se agitó bajo una corriente suave de aire cálido (empleando una pistola de calor) para alcanzar la condición SSS; el secado se realizó de forma gradual hasta que el material adquirió una tonalidad grisácea y fluyó libremente, evitando el sobre secado.

Para comprobar el estado SSS, se colocó el cono metálico sobre la placa de vidrio y se vertió el agregado en su interior en una sola capa, apisonándolo suavemente 25 veces. Al levantar el cono verticalmente, el agregado fino conservó su forma inicial, pero tras aplicar ligeros golpes a la base de vidrio, el cono de arena colapsó; este comportamiento garantizó que la muestra alcanzó el estado SSS. Se separaron y pesaron exactamente 500 g de esta muestra.

A continuación, se pesó el picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración. Posteriormente, se vació un tercio del agua, se introdujeron los 500 g de agregado fino SSS y se completó con agua hasta la marca de aforo, agitándolo para eliminar el aire atrapado, y se registró su peso total.

Finalmente, el agregado se extrajo del picnómetro, se secó en el horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas y se registró el peso final seco. A partir de estos registros, se procedió al cálculo de la absorción y del peso específico del material.

5) Metodología

Agregado grueso

$$V_{sss} = P_{sss} - P_{ssh} \quad \text{Ec. (6)}$$

V_{sss} : Volumen del agregado saturado superficialmente seco (m^3).

P_{sss} : Peso del agregado saturado superficialmente seco (kg).

P_{ssh} : Peso del agregado saturado superficialmente seco sumergido (kg).

$$P_{es} = P_{as}/V_{sss} \quad \text{Ec. (7)}$$

P_{es} : Peso específico del agregado (kg/m^3).

P_{as} : Peso del agregado seco (kg).

V_{sss} : Volumen del agregado saturado superficialmente seco (m^3).

$$H_{ab} = P_{sss} - P_{as} \quad \text{Ec. (8)}$$

H_{ab} : Humedad de absorción.

P_{sss} : Peso del agregado saturado superficialmente seco (kg).

P_{as} : Peso del agregado seco (kg).

$$Ab (\%) = \frac{H_{ab}}{P_{as}} \times 100 \quad \text{Ec. (9)}$$

Ab : Absorción (%).

H_{ab} : Humedad de absorción.

P_{as} : Peso del agregado seco (kg).

Agregado fino

$$V_{sss} = P_{sss} + P_{p+H_2O} - P_{f+ag} \quad Ec. (10)$$

V_{sss} : Volumen del agregado saturado superficialmente seco (m^3).

P_{p+H_2O} : Peso del picnómetro + agua (kg).

$$P_{f+ag} = P_{p+H_2O} + P_{sss} \quad Ec. (11)$$

P_{f+ag} : Peso del picnómetro + agua + Peso del agregado saturado superficialmente seco (kg).

P_{sss} : Peso del agregado saturado superficialmente seco (kg).

$$P_{es} = P_{as}/V_{sss} \quad Ec. (12)$$

P_{es} : Peso específico del agregado (kg/m^3).

P_{as} : Peso del agregado seco (kg).

V_{sss} : Volumen del agregado saturado superficialmente seco (m^3).

$$H_{ab} = P_{sss} - P_{as} \quad Ec. (13)$$

H_{ab} : Humedad de absorción.

P_{sss} : Peso del agregado saturado superficialmente seco (kg).

P_{as} : Peso del agregado seco (kg).

$$Ab (\%) = \frac{H_{ab}}{P_{as}} \times 100 \quad Ec. (14)$$

Ab : Absorción (%).

H_{ab} : Humedad de absorción.

P_{as} : Peso del agregado seco (kg).

6) Cálculos y resultados

Los resultados obtenidos mediante los ensayos fueron:

- La absorción del agregado grueso es de 1.25 %, la cual está dentro de los parámetros para concretos estructurales de peso normal, ya que estos suelen oscilar entre el 1 % y el 3 %.
- La absorción del agregado fino es de 1.11% donde el rango típico es de 0.5 % – 2.5 % para el concreto estructural.
- El peso específico del agregado grueso es de 2640.5 kg/m³ donde los valores típicos están entre 2500 kg/m³ – 2750 kg/m³ lo que nos indica que está dentro del rango típico
- El peso específico del agregado fino es de 2494.9 kg/m³ que está dentro del rango típico entre 2400 kg/m³ – 2700 kg/m³.

Figura 31 Peso del agregado grueso + canastilla sumergidos



Fuente: Elaboración propia.

Figura 32 Peso de la canastilla sumergida



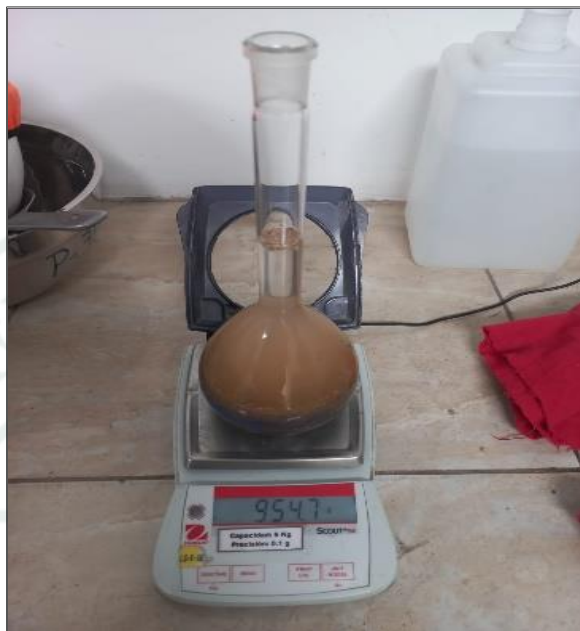
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22 Cálculo de peso específico y absorción del agregado grueso

Agregado grueso			
(1)	Bandeja N°	Unidad	Cantidad
(2)	Peso agregado SSS + bandeja	(g)	4357
(3)	Peso de la bandeja	(g)	337.5
(4)	Peso del agregado SSS: (2) - (3)	(g)	4019.5
(5)	Cesta N°	Unidad	Cantidad
(6)	Peso agregado SSS + cesta (sumergida)	(g)	3398
(7)	Peso de la cesta sumergida	(g)	882
(8)	Peso agregado SSS sumergido: (6) - (7)	(g)	2516
(9)	Bandeja para secado N°	Unidad	Cantidad
(10)	Peso agregado seco + bandeja	(g)	4308
(11)	Peso de bandeja	(g)	338
(12)	Peso agregado seco: (10) - (11)	(g)	3970
(13)	Volumen agregado SSS: (4) - (8)	(cm ³)	1503.5
(14)	Peso específico: (12) / (13)	(g/cm ³)	2.64
(15)	Agua de absorción: (4) - (12)	(g)	49.5
(16)	Humedad de absorción: (15) / (12) x 100	(%)	1.25

Fuente: Elaboración propia.

Figura 33 Peso del picnómetro con agua y agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

Figura 34 Peso del picnómetro con agua



Fuente: Elaboración propia.

Figura 35 Cono lleno de agregado fino SSS



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23 Cálculo de peso específico y absorción del agregado fino

Agregado fino			
(1)	Bandeja N°	Unidad	Cantidad
(2)	Peso agregado SSS + bandeja	(g)	500
(3)	Peso de la bandeja	(g)	0
(4)	Peso del agregado SSS: (2) - (3)	(g)	500
(5)	Picnómetro N°	Unidad	Cantidad
(6)	Peso picnómetro + agregado SSS + agua	(g)	954.7
(7)	Peso picnómetro + agua	(g)	652.9
(8)	Bandeja para secado N°	Unidad	Cantidad
(9)	Peso agregado seco + bandeja	(g)	622
(10)	Peso de bandeja	(g)	127.5
(11)	Peso agregado seco: (9) - (10)	(g)	494.5
(12)	Volumen agregado SSS: (4) + (7)-(6)	(cm ³)	198.2
(13)	Peso específico: (11) / (12)	(g/cm ³)	2.49
(14)	Agua de absorción: (4) - (11)	(g)	5.5
(15)	Humedad de absorción: (14) / (11)x100	(%)	1.11

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Diseño de mezclas

El diseño de mezclas se realizó bajo los lineamientos y criterios técnicos establecidos por el comité ACI 211.1 (Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete).

1) Resistencia requerida promedio

Tabla 24 Resistencia a compresión medida requerida

Resistencia a compresión medida requerida cuando no hay datos disponibles para establecer la desviación estándar	
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Más de 350	$1.10(f'_c) + 50$

Fuente: Adaptado de ACI 211.

Para nuestro diseño de mezcla se utilizó un valor de 294 kg/cm² como resistencia a la compresión media requerida.

2) Selección del asentamiento

Tabla 25 Asentamientos recomendados para varios tipos de consistencia

Asentamientos recomendados para varios tipos de consistencia	
Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	> 5"

Fuente: ACI 211.

Para la mezcla se consideró una consistencia plástica típica de concretos estructurales 3 a 4 pulgadas de asentamiento.

3) Volumen Unitario de agua

Tabla 26 Selección de volumen unitario de agua

Volumen unitario de agua								
Asentamiento	Agua, en lt/m³, para los tamaños máximos nominales de agregados grueso y consistencias indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: ACI 211.

Se determinó un volumen de agua de 205 L para una mezcla de concreto sin aire incorporado, empleando un agregado grueso con un tamaño máximo nominal (TMN) de 3/4".

4) Contenido de aire atrapado

Tabla 27 Contenido de aire

Aire atrapado para concreto resistente al congelamiento				
TMN (in)	Sin exposición		Exposición leve	Exposición moderada
				Exposición severa
3/8"	3.0 %		4.5 %	6.0 %
1/2"	2.5 %		4.0 %	5.5 %
3/4"	2.0 %		3.5 %	5.0 %
1"	1.5 %		3.0 %	4.5 %
1 1/2"	1.0 %		2.5 %	4.5 %
2"	0.2 %		2.0 %	4.0 %
3"	0.3 %		1.5 %	3.5 %
4"	0.2 %		1.8 %	3.0 %

Fuente: Adaptado de ACI 211.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 3/4" por lo que nuestro contenido de aire será de 2%. De acuerdo con las características granulométricas del material, se estableció un tamaño máximo nominal (TMN) de 19 mm (3/4") para el agregado grueso.

En consecuencia, y siguiendo los parámetros del método ACI, se consideró un contenido de aire atrapado del 2% para el volumen de la mezcla.

5) Relación Agua Cemento

Tabla 28 Relación agua cemento

Relación agua-cemento y resistencia a la compresión del concreto		
Resistencia a la compresión a los 28 días (f'cr) kg/cm²	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: Adaptado de ACI 211.

Tabla 29 Relación agua cemento condiciones especiales

Condiciones especiales de exposición	Relación a/c máx. En concretos con agregados de peso normal	Resistencia en compresión min. En concretos con agregados livianos
Concreto de baja permeabilidad		
a) Expuesto a agua dulce	0.5	260
b) Expuesto a agua de mar	0.45	
c) Expuesto a agua cloacales	0.45	
Concreto expuestos a procesos de congelación en condiciones húmedas		
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas	0.45	300
b) Otros elementos	0.5	
Protección contra la corrosión del concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina, o rocío de estas aguas	0.4	325

Fuente: ACI 211.1.

Se fijó una relación a/c de 0.40 siguiendo los criterios de la normativa del ACI 211, con el fin de mitigar la corrosión en el concreto expuesto a un entorno marino.

6) Factor Cemento

$$a/c = 0.40 \Rightarrow c = \frac{205 \text{ kg}}{0.4} = 512.5 \text{ kg (por } m^3 \text{ de concreto)}$$

$$= 12.6 = 13 \text{ bolsas (por } m^3 \text{ de concreto)}$$

7) Contenido de agregado grueso

Tabla 30 Contenido de agregado grueso

Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto				
Tamaño máximo del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino			
	Módulo de fineza del agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211.

Se realizó la interpolación correspondiente obteniendo un factor de 0.655, el cual, aplicado al peso unitario compactado del agregado, resultó en un contenido de 809.43 kg/m³ para el diseño

8) Cálculo de volúmenes absolutos

Se determinó el volumen del agregado fino por diferencia de volúmenes, considerando un diseño base de 1 m³.

Tabla 31 Volúmenes absolutos

Volumen absoluto de los agregados		
Volumen del cemento	0.183	m3
Volumen del AG	0.306	m3
Volumen del agua	0.205	m3
Volumen del aire	0.020	m3
Volumen del AF	0.285	m3

Fuente: Elaboración propia.

9) Contenido de agregado fino

$$W_{AF} = V_{AF} * \text{Peso específico A. F.} \quad \text{Ec. (15)}$$

$$W_{AF} = 0.285 * 2494.95 = 711.06 \text{ kg (por m}^3 \text{ de concreto)}$$

10) Corrección por humedad y absorción

Tabla 32 Corrección de los agregados

Corrección de los agregados		
Por humedad		
Agregado fino (AF)	715.183	(kg)
Agregado grueso (AG)	812.579	(kg)
Por absorción		
Corrección del Agregado fino (AF)	-5.33	(kg)
Corrección del Agregado grueso (AG)	-6.43	(kg)
Agua libre:	-11.76	(lt)

Fuente: Elaboración propia.

11) Agua efectiva

$$\text{Agua}_{\text{Efectiva}} = \text{Peso del agua} - \text{Agua libre} \quad \text{Ec. (16)}$$

$$\text{Agua}_{\text{Efectiva}} = 205 \text{ l} - 11.76 \text{ l} = 193.24 \text{ l}$$

12) Cemento efectivo

$$Cemento_{Efectivo} = \frac{Agua_{Efectiva}}{Relación\ a/c} \quad Ec. (17)$$

$$Cemento_{Efectivo} = \frac{193.24\ kg}{0.4}$$

$$Cemento_{Efectivo} = 483.1\ Kg$$

13) Diseño final

Tabla 33 Volúmenes absolutos para el diseño de mezcla

Proporciones		
En peso		
Cemento:	1.00	Und
Ag. Fino (AF):	1.32	Und
Ag. Grueso (AG):	1.50	Und
Agua	0.40	Und
Por bolsa de cemento		
Cemento:	1.00	Bls
Ag. Fino (AF):	56.09	kg/bls
Ag. Grueso (AG):	63.73	kg/bls
a/c:	17.98	lt/bls
Por probeta (6 probetas de 10cm x 20 cm)		
Cemento:	16.30	Kg
Ag. Fino (AF):	22.67	Kg
Ag. Grueso (AG):	25.73	Kg
Agua:	6.89	Lt
Cemento	0.38	Bls

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Incorporación de cloruro de sodio (NaCl)

Para la investigación se le añadió un elemento más que es cloruro de sodio NaCl con el objetivo principalmente de acelerar la corrosión y poder ver sus efectos a una edad temprana, la incorporación de cloruro se hizo en los porcentajes de 0.0, 0.5, 1.5 y 2.5% con respecto al peso del cemento y disueltos en el agua del diseño.

Tabla 34 Proporciones del diseño de mezclas con adición de cloruros

Proporciones para 6 probetas					
% NaCl	(%)	0.00%	0.50%	1.50%	2.50%
Cemento	(kg)	16.3	16.3	16.3	16.3
Ag. Fino (AF)	(kg)	22.67	22.67	22.67	22.67
Ag. Grueso (AG)	(kg)	25.73	25.73	25.73	25.73
Agua	(lt)	6.89	6.89	6.89	6.89
NaCl	(g)	0	81.5	244.5	407.5

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Influencia del cloruro de sodio en el comportamiento mecánico del concreto armado

La incorporación de NaCl en la mezcla de concreto puede modificar las reacciones de hidratación del cemento y afectar la microestructura de la matriz cementicia. Dependiendo de la dosificación utilizada:

- En bajas concentraciones, puede acelerar la hidratación inicial del cemento, favoreciendo el desarrollo de resistencias tempranas.
- En concentraciones elevadas, puede incrementar la porosidad del concreto y favorecer la formación de micro fisuras.
- En altas concentraciones, puede ocasionar una disminución de la resistencia a compresión debido al deterioro de la estructura interna del material.
- Incrementa la permeabilidad del concreto, facilitando el ingreso de humedad y de agentes agresivos externos.

- Puede reducir la durabilidad del concreto al hacerlo más susceptible a mecanismos de deterioro físico y químico.

4.5. Influencia del cloruro de sodio en el comportamiento electromecánico del concreto armado

El efecto más significativo del NaCl ocurre sobre el acero de refuerzo embebido en el concreto (Broomfield, 2011):

- Los iones cloruro (Cl^-) pueden penetrar la matriz de concreto a través de su red de poros.
- Favorecen la ruptura de la capa pasivadora que protege naturalmente al acero de refuerzo en medios altamente alcalinos.
- Promueven el inicio y la propagación del proceso de corrosión electroquímica del acero embebido.
- Incrementan la conductividad eléctrica del concreto, facilitando el transporte de corriente entre las zonas anódicas y catódicas.
- Pueden ocasionar fisuración, desprendimiento del recubrimiento de concreto y reducción progresiva de la capacidad resistente y vida útil de los elementos de concreto armado.

4.6. Ensayo de concreto fresco

4.6.1. Contenido de aire

1) Definición

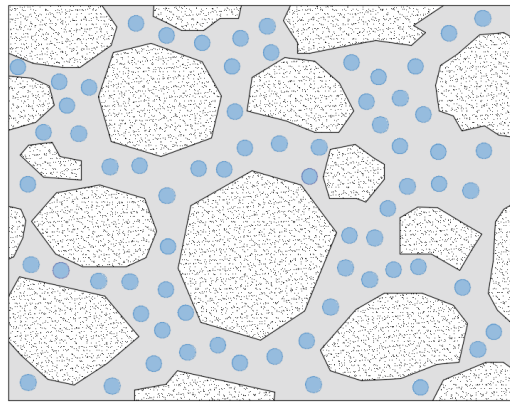
Este ensayo tiene como propósito determinar el porcentaje de aire contenido en el concreto fresco. Constituye un parámetro fundamental, especialmente en concretos estructurales, ya que el volumen de aire incide directamente en la resistencia a la compresión, la durabilidad y la trabajabilidad de la mezcla. Asimismo, la medición de este indicador permite verificar el riguroso control del diseño de mezclas.

El aire intencionalmente incorporado o atrapado de forma controlada optimiza el comportamiento del concreto frente a condiciones ambientales extremas (como los ciclos

de hielo y deshielo en temperaturas bajas) y mejora la trabajabilidad de la mezcla al incrementar el asentamiento (slump), lo que contribuye a la durabilidad general de la estructura.

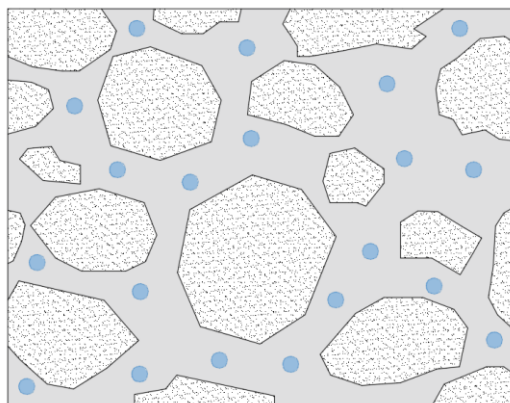
Por el contrario, cuando el volumen de aire sobrepasa los límites permitidos, se incrementa la permeabilidad del concreto. Esto facilita el ingreso de agentes agresivos, como el agua y los cloruros, acelerando el proceso de corrosión del acero de refuerzo. Adicionalmente, el exceso de aire reduce el peso específico de la mezcla, lo cual origina una caída directa en la resistencia a la compresión.

Figura 36 Muestra de concreto con contenido de aire mayor al 3%



Fuente: Elaboración propia.

Figura 37 Muestra de concreto con contenido de aire menor al 3%



Fuente: Elaboración propia.

2) Materiales, herramientas y equipos

- Medidor de aire: Comúnmente conocido como olla de Washington. Existen dos variantes: el tipo A y el tipo B (con cámara de aire vertical). El equipo consta de un recipiente metálico cilíndrico, una tapa hermética provista de válvulas, un manómetro debidamente calibrado y una bomba manual de presión.
- Varilla de compactación: Varilla de acero liso de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud, con uno o ambos extremos redondeados en forma semiesférica.
- Enrasador: Platina o regla metálica rígida utilizada para nivelar la superficie del concreto.
- Otros: Bandejas, recipientes (bowls), cucharones, martillo de goma y trapos industriales.

3) Normativa

- ASTM C231: Método de ensayo estándar para el contenido de aire del concreto fresco mediante el método de presión.
- NTP 339.081 Concreto. Método de ensayo para determinar el contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión.

4) Procedimiento

Previo al inicio, se humedeció el interior del contenedor para generar una película de agua que evitara la absorción del agua de la mezcla. El equipo se posicionó sobre una superficie rígida, plana y nivelada.

Para esta investigación se empleó un medidor de aire tipo B, el cual es el estándar más utilizado a nivel de laboratorio. El llenado del recipiente se ejecutó en tres capas de igual volumen. Cada capa se compactó aplicando 25 inserciones manuales con la varilla compactadora distribuidas uniformemente con la varilla lisa de 5/8", seguidas de 10 a 15 golpes ligeros en el perímetro del recipiente con un martillo de goma para cerrar los vacíos dejados por la varilla. Finalmente, la última capa se enrasó al nivel del borde superior del recipiente.

A continuación, se colocó y ajustó la tapa del medidor asegurando un sello hermético para evitar fugas de presión. Se inyectó agua a través de una de las válvulas hasta que esta fluyó libremente por el orificio opuesto, garantizando la expulsión de cualquier

burbuja de aire atrapada entre la tapa y la superficie de la mezcla. Se cerraron ambas válvulas, se bombeó aire en la cámara hasta que la aguja del manómetro se estabilizó en la línea inicial de cero, y tras un breve periodo de estabilización, se liberó la presión hacia el recipiente. El valor registrado directamente en la carátula del manómetro indicó el porcentaje de contenido de aire del concreto fresco.

5) Metodología

Cuando el agregado grueso posee una porosidad interna significativa, se requiere aplicar un factor de corrección por el aire contenido en las partículas. Esto ocurre generalmente cuando el porcentaje de absorción del agregado supera el 2 %. Dado que los ensayos de caracterización previos demostraron que el agregado grueso utilizado presentaba una absorción aproximada del 1.25 %, no fue necesario aplicar dicho factor de corrección; por ende, el valor nominal arrojado por el equipo se consideró como el resultado final y definitivo.

Un contenido de aire controlado aporta los siguientes beneficios técnicos:

- Aumento de la plasticidad de la mezcla (mayor slump).
- Reducción del riesgo de segregación y exudación.
- Mejora en el acabado superficial del elemento vaciado.
- Liberación de presiones internas.
- Menor riesgo de fisuración plástica.
- Incremento de la resistencia al ciclo de congelamiento y deshielo.
- Disminución de la resistencia a la compresión e incremento de la porosidad estructural.

Por su parte, un contenido de aire en exceso genera patologías estructurales:

- Menor masa unitaria del concreto por el incremento de vacíos.
- Disminución drástica de la resistencia a la compresión.
- Menor área de contacto efectivo entre la pasta de cemento y los agregados.
- Aumento de la permeabilidad capilar.
- Facilidad para el ingreso de agua y agentes agresivos (cloruros).
- Aceleración del proceso de corrosión del acero de refuerzo.

- Pérdida de cohesión de la mezcla (apariciencia espumosa).
- Aparición de vacíos o "poros" perceptibles a simple vista.

6) Cálculos y resultados

El ensayo experimental arrojó un contenido de aire del 2.1 %. Dado que el rango admisible para un concreto estructural en condiciones normales oscila típicamente entre el 1.5 % y el 3.0 %, el resultado certificó que la mezcla se encontraba dentro del parámetro de diseño. Esto garantizó la producción de un concreto de baja porosidad y alta resistencia frente a la penetración de cloruros.

Figura 38 Procedimiento de llenado del recipiente del agregado



Fuente: Elaboración propia.

Figura 39 Resultado de 2.1% de aire atrapado en la mezcla



Fuente: Elaboración propia.

4.6.2. Asentamiento

1) Definición

La trabajabilidad es la propiedad que indica la facilidad con la que el concreto puede ser mezclado, colocado, compactado y transportado sin presentar problemas de segregación ni exudación. Esta característica depende de diversos factores, tales como el contenido de agua, la granulometría de los agregados, el uso de aditivos y el contenido de aire. Un concreto altamente trabajable fluye con facilidad y agiliza su colocación; por el contrario, una mezcla de baja trabajabilidad adquiere una consistencia rígida y dificulta el proceso de consolidación.

La medición del asentamiento es el ensayo de control de calidad más común en obra para garantizar que el concreto vertido cumpla con el diseño de mezclas. No obstante, es imperativo señalar que una mayor trabajabilidad no es sinónimo de mejor calidad; al estar íntimamente ligada a la adición de agua, un exceso en el asentamiento puede comprometer severamente la resistencia a la compresión.

Para aplicaciones en elementos estructurales, el asentamiento típico oscila entre 3" y 4", salvo requerimientos excepcionales del diseño. Es vital mantener la mezcla dentro de estos límites, ya que un asentamiento adecuado permite que la pasta recubra en su totalidad al acero de refuerzo. Un asentamiento excesivamente bajo genera el riesgo de formación de oquedades ("cangrejas"), dejando la armadura expuesta al ingreso de cloruros y propiciando la aparición de corrosión.

2) Normativa

- ASTM C143 “Método de ensayo estándar para el asentamiento (revenimiento) del concreto hidráulico”
- NTP 339.035, Concreto. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto de cemento hidráulico

3) Materiales, herramientas y equipos

- Cono de Abrams: Cono metálico con asas y apoyo para los pies de altura de 30 cm, diámetro inferior de 20 cm, diámetro superior de 10 cm.
- Varilla de compactación: Varilla de acero liso de 5/8 de pulgada de diámetro con 60 cm de longitud; además, con 1 o ambas puntas redondeadas.

- Placa de base: Bandeja de metal rígida lo suficientemente amplia para permitir el desborde de la mezcla.
- Cinta métrica o regla: Regla o cinta graduada en centímetros o en pulgadas.
- Otros: Bandejas, bowls, cucharones, trapos industriales, etc.

4) Procedimiento

Inicialmente, se humedecieron tanto la superficie interna del cono como la placa base, cumpliendo con la exigencia técnica de que toda herramienta en contacto con la mezcla fresca carezca de capacidad de absorción.

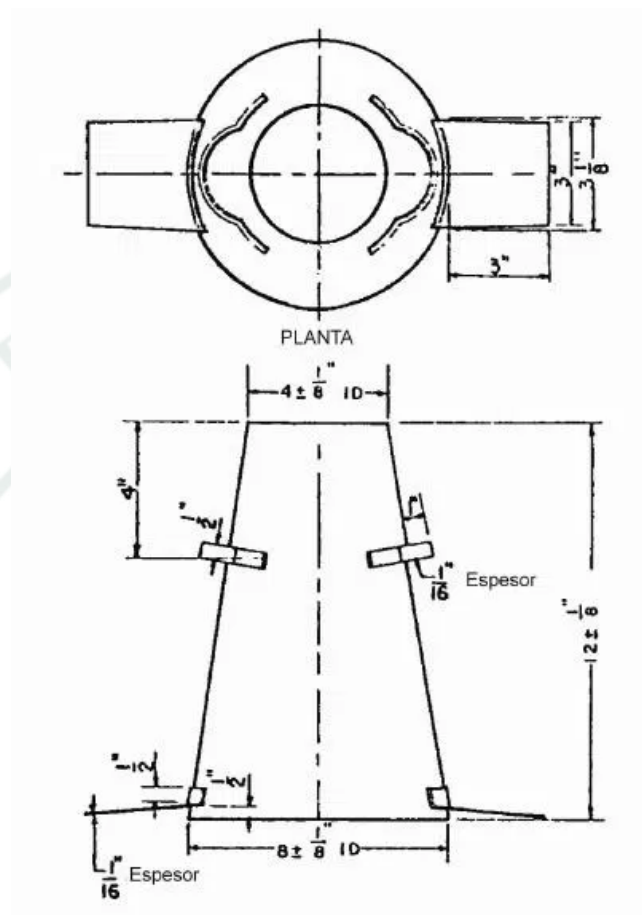
El molde troncocónico se colocó sobre la placa base y se fijó firmemente pisando las aletas de sujeción para evitar cualquier movimiento o fuga de mortero inferior durante el llenado. El concreto se depositó en tres capas de igual volumen. Cada capa se consolida mediante 25 inserciones distribuidas uniformemente sobre toda la sección transversal con la varilla lisa. Es de suma importancia respetar este número de golpes normativos, ya que una sobre compactación podría originar la segregación de los agregados. Tras compactar la última capa, se enrasó la superficie apoyándose en el borde superior del molde.

5) Metodología

Se retiró el cono de Abrams de forma cuidadosa y vertical, sin generar movimientos de torsión ni impactos, permitiendo que la mezcla cediera por gravedad.

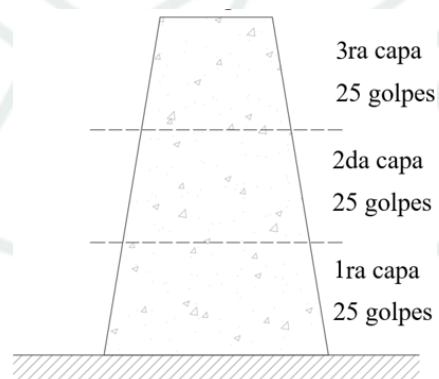
Inmediatamente, se invirtió el molde vacío junto a la masa de concreto que se asentó dentro. Se colocó la varilla de compactación horizontalmente sobre el cono invertido y se midió la distancia vertical desde el plano inferior de la varilla hasta el centro desplazado de la superficie original del concreto (Figura 40). El resultado de esta lectura determinó directamente el valor del asentamiento.

Figura 40 Dimensiones del cono de Abrams



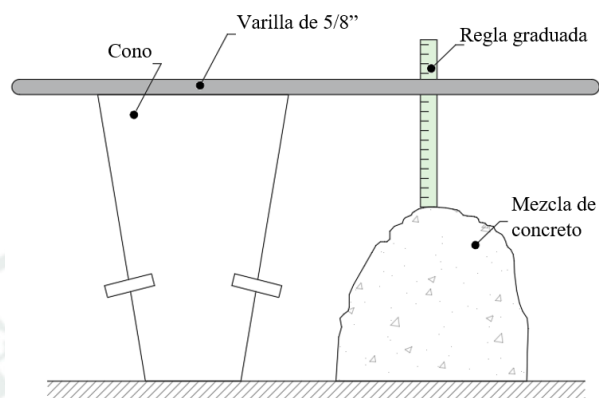
Fuente: Adaptado de la norma ASTM C143.

Figura 41 Esquema de capas y varillado



Fuente: Elaboración propia.

Figura 42 Medición del Slump



Fuente: Elaboración propia.

6) Cálculos y resultados

El asentamiento es aproximadamente 3.5 pulgadas como se puede observar en la Figura 43 lo que cumplió con el diseño de mezcla establecido. Esto garantizó la trabajabilidad del concreto y un vaciado libre de cangrejas mediante un correcto varillado.

Figura 43 Prueba de Slump para vaciados de probetas



Fuente: Elaboración propia.

4.6.3. Temperatura

1) Definición

La aplicación de la normativa permite asegurar que la mezcla de concreto fresco se encuentre bajo condiciones térmicas óptimas para su colocación y curado, garantizando así un correcto proceso de fraguado que derive en la obtención de la resistencia mecánica proyectada en el diseño de mezclas.

La temperatura ejerce un efecto directo sobre la hidratación del cemento: a mayor temperatura ambiental o de la mezcla, se produce un fraguado acelerado; mientras que, a bajas temperaturas, se produce un fraguado lento.

El vaciado del concreto bajo altas temperaturas genera patologías inmediatas como la pérdida prematura de la trabajabilidad, una mayor velocidad de evaporación del agua superficial y la aparición de fisuras plásticas por contracción de secado rápido. Estas contracciones y fisuraciones comprometen la barrera física del recubrimiento, creando rutas directas para el ingreso de agua y cloruros, detonando la aparición temprana de la corrosión del acero. Por otro lado, la exposición a bajas temperaturas retrasa el desarrollo inicial de la resistencia y, en climas extremos, expone a la matriz cementante fresca al riesgo de congelamiento, lo cual destruye internamente los capilares del concreto.

2) Normativa

- ASTM C1064: Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura del concreto fresco de cemento hidráulico.
- NTP 339.184, CONCRETO. Método de ensayo para determinar la temperatura del concreto fresco

3) Materiales, herramientas y equipos

Termómetro: Termómetro con rango de temperatura de 0 °C a 50 °C con precisión de ± 0.5 °C.

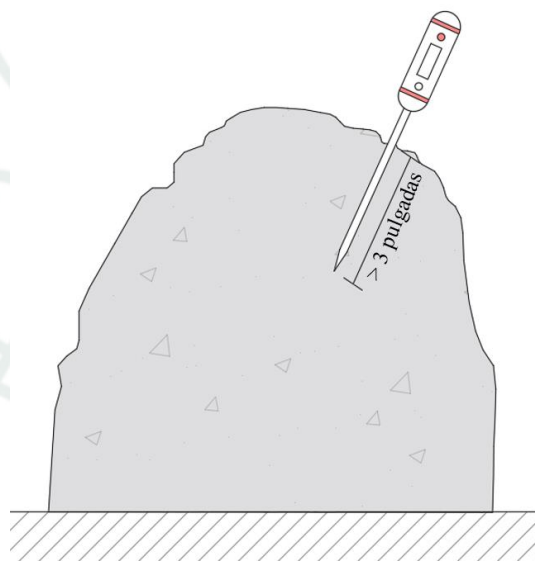
4) Procedimiento

Se recolectó un volumen representativo de concreto fresco, disponiéndolo en una carretilla de obra. Inmediatamente después del muestreo, se insertó el sensor del termómetro garantizando una profundidad mínima de penetración de 3 pulgadas (75 mm) dentro de la masa del concreto. El dispositivo se mantuvo sumergido por un periodo no menor a 2 minutos para permitir la estabilización térmica del sensor. Durante la ejecución, se tuvo especial precaución para evitar que el termómetro entrara en contacto con las paredes o el fondo del recipiente metálico, lo que habría alterado la medición real del material. Transcurrido el tiempo necesario, se realizó la lectura directa.

5) Metodología

La correcta obtención de la temperatura radica en asegurar un confinamiento mínimo de 3" en todas las direcciones alrededor del sensor, como se esquematiza en la Figura 44. Este control busca garantizar que el material se encuentre dentro de la franja térmica de colocación recomendada (típicamente entre 10 °C y 32 °C), a menos que existan especificaciones especiales del proyecto frente a condiciones climáticas adversas.

Figura 44 Longitud mínima de penetración para medición de temperatura



Nota. Elaboración propia, basada en la norma ASTM C1064/C1064M.

6) Cálculos y resultados

Nuestro resultado de la temperatura del concreto en estado fresco dio un valor de 19 °C como se muestra en la Figura 45, valor que se encuentra dentro del rango ideal, lo que garantiza la reducción de riesgos ante la aparición de fisuras del concreto.

Figura 45 Prueba de temperatura del concreto fresco



Fuente: Elaboración propia.

4.7. Elaboración, curado y rotura de probetas cilíndricas

4.7.1. Elaboración de Probetas Cilíndricas

Para la elaboración de las probetas cilíndricas se siguieron los procedimientos establecidos en la norma ASTM C192. Para ello, se utilizaron moldes de 4 in × 8 in, debido a que estas dimensiones facilitan el proceso de curado y traslado de las probetas.

Figura 46 Detalle de probetas cilíndricas de concreto



Fuente: Elaboración propia.

1) Normativa

- ASTM C192: Práctica estándar para la elaboración y el curado de especímenes de ensayo de concreto en laboratorio
- NTP 339.183 CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

2) Materiales, herramientas y equipos

- Moldes de probetas: Moldes de metal o plástico de 4 in x 8 in, dependiendo de las especificaciones de la norma ASTM C192.
- Varilla de compactación: varilla de acero liso de 5/8 de in de diámetro con 60 cm de longitud; además, con 1 o ambas puntas redondeadas.
- Mezcladora de concreto: mezcladora mecánica con paletas de eje inclinado o vertical de velocidad constante entre 20 a 30 rpm.
- Pozas de curado: Poza con capacidad suficiente para cubrir las probetas
- Otros: bandejas, bowls, cucharones, trapos industriales, etc.

3) Procedimiento

Inicialmente, se limpiaron los moldes y se aplicó un agente desencofrante para evitar que la mezcla de concreto quedara adherida a las paredes internas del molde.

Para la presente investigación, se utilizaron probetas de plástico y metal de 4 in × 8 in. Asimismo, se prepararon las proporciones correspondientes de agregado fino, agregado grueso, cemento y agua, de acuerdo con el diseño de mezcla previamente establecido, incluyendo el cloruro de sodio disuelto en el agua de mezclado.

Antes del mezclado, se humedeció el interior de la mezcladora con la finalidad de generar una ligera película de agua. Se evitó añadir exceso de agua, debido a que esto podría alterar la relación agua/cemento establecido en el diseño de mezcla. Posteriormente, con la mezcladora en funcionamiento, se incorporaron los materiales en el siguiente orden: agregado grueso junto con una parte del agua, agregado fino, cemento y, finalmente, el agua restante con el cloruro de sodio disuelto.

El mezclado se realizó durante aproximadamente 3 minutos. Luego, la mezcladora permaneció en reposo durante 3 minutos con la finalidad de favorecer la hidratación inicial del cemento y la uniformización de la humedad de los agregados. Finalmente, se continuó el mezclado durante 2 minutos adicionales.

Concluido el mezclado, el concreto fue colocado en los moldes de 4 in × 8 in en dos capas de igual volumen. Cada capa fue compactada mediante 25 penetraciones con la varilla de compactación de 5/8 in de diámetro y puntas redondeadas. El llenado se realizó lentamente para evitar la formación de vacíos, procurando no compactar la mezcla durante el vaciado.

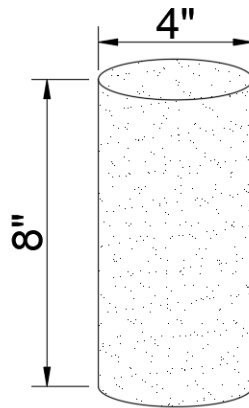
En la segunda capa, el molde fue llenado hasta producir un ligero desbordamiento. Posteriormente, se realizó el varillado, procurando que la varilla penetrara aproximadamente 3 cm dentro de la capa inferior. Después del varillado, se aplicaron entre 10 a 15 golpes externos con un martillo de goma alrededor del molde, con la finalidad de eliminar las burbujas de aire atrapadas y favorecer una adecuada distribución de los componentes de la mezcla.

Finalizado el proceso de compactación, se procedió al enrasado de la superficie, obteniendo un acabado liso y nivelado, debido a que las probetas serían sometidas posteriormente al ensayo de resistencia a la compresión, donde se requiere una superficie uniforme para garantizar una adecuada distribución de la carga aplicada.

Las probetas fueron almacenadas durante un periodo de 24 ± 8 horas, procurando mantener una temperatura constante entre 20 °C y 26 °C.

Posteriormente, se realizó el desmoldeo e inspección visual de cada probeta, verificando que no presentaran imperfecciones superficiales significativas. Inmediatamente después, las probetas fueron sumergidas en las pozas de curado, asegurando que el agua cubriera completamente las muestras. Asimismo, se mantuvo el agua limpia, libre de impurezas y a una temperatura aproximada de 23 °C. Las probetas permanecieron sumergidas durante el tiempo requerido hasta la realización del ensayo de resistencia a la compresión.

Figura 47 Dimensiones estándares de probetas cilíndricas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 48 Molde para probeta cilíndrica



Fuente: Elaboración propia.

Figura 49 Vaciado de probetas cilíndricas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 50 Curado de probetas cilíndricas



Fuente: Elaboración propia.

4.7.2. Rotura de probetas cilíndricas

1) Norma

NTP 339.034: Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

De acuerdo con los lineamientos del ACI 318 y la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, un resultado de ensayo de resistencia no se determina mediante la rotura de un cilindro aislado, sino como el promedio de las resistencias obtenidas de, al menos, dos probetas compañeras elaboradas a partir de una misma muestra de concreto y ensayadas a la misma edad, generalmente a los 28 días.

El ensayo de dos cilindros por nivel de resistencia permite reducir la influencia de anomalías atípicas o defectos menores asociados al moldeo y curado, garantizando un resultado promedio representativo y estadísticamente confiable para el concreto de 210 kg/cm². Asimismo, este procedimiento contribuye a optimizar los recursos disponibles del laboratorio

Tabla 35 Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto con diferentes concentraciones de NaCl a distintas edades de curado.

Resistencia a la compresión de las probetas de concreto (kgf/cm ²)							
		Edades					
Ítem	% NaCl	05/06/2025	Promedio	12/06/2025	Promedio	26/06/2025	Promedio
		7 días		14 días		28 días	
Cilindro SC-1	0	134	133.0	204	215.5	248	248.5
Cilindro SC-2		132		227		249	
Cilindro CC0.5-1	0.5	150	152.5	261	267.5	260	286.0
Cilindro CC0.5-2		155		274		312	
Cilindro CC1.5-1	1.5	205	206.0	293	304	287	302.5
Cilindro CC1.5-2		207		315		318	
Cilindro CC2.5-1	2.5	216	211.5	312	314	309	325.0
Cilindro CC2.5-2		207		316		341	

Fuente: Elaboración propia.

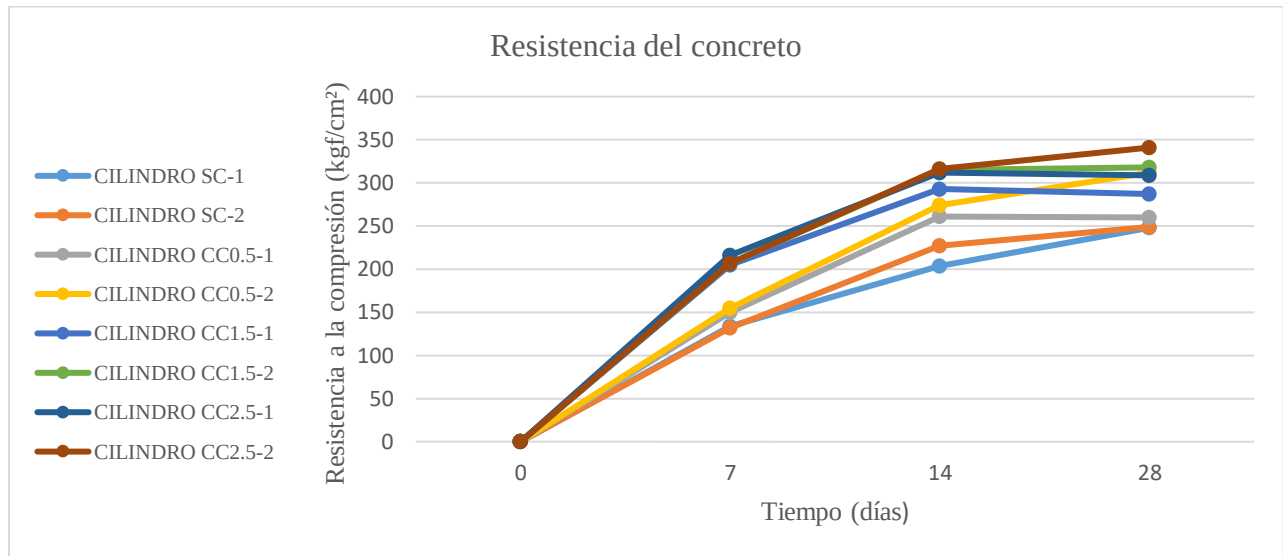
Figura 51 Fallas en probetas cilíndricas de concreto sometidas a ensayo de compresión



Nota. Se muestran patrones de falla después del ensayo de resistencia a la compresión. Elaboración propia.

Se documentó el comportamiento estructural y visual de la rotura de los especímenes a los 28 días de curado. Asimismo, se identificaron y clasificaron los patrones de falla del concreto sometido a compresión axial según los porcentajes de cloruro de sodio adicionados a la mezcla (0%, 0.5%, 1.5% y 2.5%).

Figura 52 Resistencia a la compresión del concreto en función del tiempo de curado



Nota. Resultados de ensayos de resistencia a la compresión en probetas cilíndricas de concreto evaluadas a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días). Elaboración propia.

4.8. Elaboración y curado de probetas prismáticas

4.8.1. Elaboración de probetas prismáticas

Para la elaboración de las probetas prismáticas, y conociendo previamente la calidad del concreto, se procedió a la preparación de los moldes, así como de los aceros y cables que permitieron la medición del potencial eléctrico de las barras de refuerzo durante el tiempo de exposición.

Figura 53 Vaciado de probetas prismáticas



Fuente: Elaboración propia.

1) Normativa

- ASTM C192: Práctica estándar para la elaboración y el curado de especímenes de ensayo de concreto en laboratorio
- ASTM G109: Método de ensayo estándar para determinar los efectos de los inhibidores químicos de corrosión en el acero embebido en concreto expuesto a cloruros
- NTP 339.183 Concreto: Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

2) Materiales, herramientas y equipos

- Moldes de probetas: Moldes de encofrado fenólico de 11 in de largo, 4.5 in de ancho y 6 in de alto.
- Varilla de compactación: Varilla de acero liso de 5/8 de pulgada de diámetro y 60 cm de longitud; además, con extremos redondeados.
- Mezcladora de concreto: Mezcladora mecánica con paletas de eje inclinado o vertical de velocidad constante entre 20 a 30 rpm.
- Tanque o poza de curado: Tanque o poza con capacidad suficiente para cubrir las probetas.
- Otros: Bandejas, bowls, cucharones, trapos industriales, etc.

4.8.2. Preparación de moldes

Para la elaboración de los encofrados se utilizaron paneles fenólicos, tomando como referencia las especificaciones establecidas en la norma ASTM G109. Asimismo, se realizaron perforaciones laterales para permitir el paso del acero de refuerzo.

Figura 54 Moldes fenólicos para probetas prismáticas



Nota. Moldes fenólicos utilizados para la elaboración de probetas prismáticas de concreto, permitiendo la correcta disposición del acero de refuerzo y el control geométrico durante el vaciado. Elaboración propia.

4.8.3. Preparación de aceros de exposición

Se utilizaron varillas corrugadas de 1/2 in como acero de exposición. La superficie de las varillas fue lijada con la finalidad de eliminar rastros de oxidación y garantizar condiciones adecuadas para el ensayo.

Figura 55 Lijado de aceros corrugados

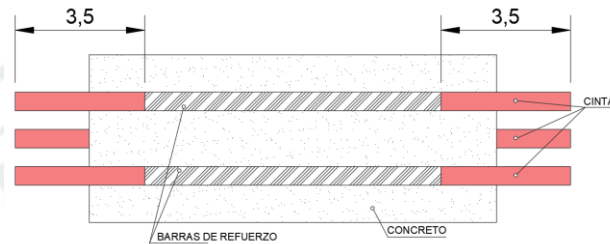


Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se colocaron cintas de tres colores: azul, rojo y blanco, las cuales identificaron el tipo de protección aplicada a cada espécimen. La cinta azul correspondió a las probetas sin protección, la roja a las probetas con protección mediante ánodos de sacrificio y la blanca a las probetas con protección por corriente impresa.

Las cintas fueron colocadas únicamente en los extremos a una distancia de 3.5 in, con la finalidad de obtener una impermeabilización de la parte del acero que se encuentra sin recubrimiento como se muestra en la Figura 56 y Figura 57.

Figura 56 Esquema de colocación de cintas de impermeabilidad



Nota. Esquema de la disposición de las cintas de impermeabilización sobre el acero de refuerzo para controlar la exposición del concreto y delimitar las zonas de ensayo. Elaboración propia.

Figura 57 Colocación de cintas de impermeabilidad

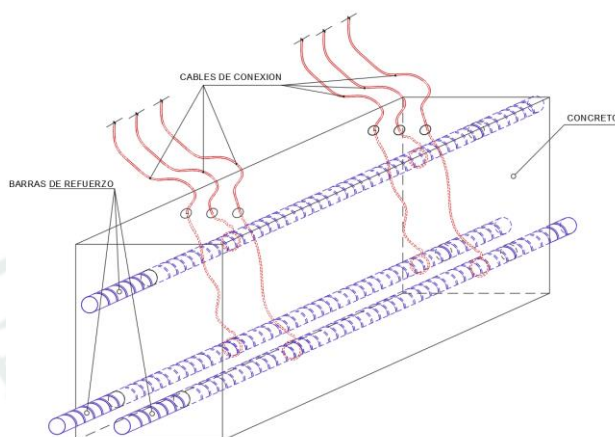


Nota. Aplicación de cintas de impermeabilización en las probetas de concreto, con el fin de aislar zonas específicas y controlar las condiciones de exposición durante el ensayo. Elaboración propia.

4.8.4. Preparación de cables

Los cables fueron conectados firmemente a cada barra de acero, tal como se muestra en la Figura 58, con la finalidad de realizar la medición individual del potencial eléctrico de cada acero de refuerzo.

Figura 58 Modelo de conexión de cables y del acero de refuerzo en probetas de concreto



Nota. Disposición del acero de refuerzo y conexiones eléctricas empleadas para la medición del potencial de corrosión mediante técnicas electroquímicas en probetas de concreto. Elaboración propia.

4.8.5. Vaciado de probetas prismáticas

Al igual que en la elaboración de las probetas cilíndricas, se preparó la mezcladora humedeciendo previamente su superficie interior para generar una película de agua. Se evitó añadir agua en exceso, debido a que ello podría alterar la relación agua-cemento establecida en el diseño de mezcla.

Posteriormente, con la mezcladora en funcionamiento, se incorporaron los componentes de la mezcla en el siguiente orden: primero el agregado grueso junto con una parte del agua, seguido del agregado fino y posteriormente el cemento. Finalmente, se añadió el agua restante, permitiendo el mezclado durante aproximadamente 3 minutos. Luego, la mezcladora fue detenida durante 3 minutos para favorecer la hidratación inicial del cemento y la uniformización de la humedad de los agregados. Posteriormente, la mezcladora se puso nuevamente en funcionamiento durante aproximadamente 2 minutos adicionales.

Después del mezclado, conforme a lo establecido por la norma, la mezcla fue colocada en moldes de 11 in $\times$ 6 in $\times$ 4.5 in en dos capas. Cada capa fue compactada mediante 25 golpes con una varilla de acero de 5/8 in de diámetro y puntas redondeadas. El llenado se realizó lentamente con la finalidad de evitar daños en los cables instalados en las barras de refuerzo.

En la segunda capa, el llenado se efectuó hasta lograr un ligero desborde de la mezcla. Posteriormente, se realizó la compactación procurando que la varilla penetrara al menos 3 cm en la capa inferior. Después del varillado, se aplicaron entre 10 y 15 golpes con un martillo de goma en las paredes externas del molde, con la finalidad de eliminar burbujas de aire y favorecer la distribución uniforme de los componentes de la mezcla.

Al finalizar el llenado, se procedió al enrase de la superficie hasta obtener un acabado uniforme y liso. Posteriormente, las probetas permanecieron en reposo durante 24 ± 8 horas, manteniendo una temperatura constante entre $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $26\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Luego del periodo inicial de fraguado, las probetas fueron desmoldadas e inspeccionadas para verificar la ausencia de imperfecciones superficiales. Inmediatamente después, fueron sumergidas en pozas de curado, procurando que el agua cubriera completamente las probetas y manteniendo una temperatura aproximada de $23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Asimismo, se verificó que el agua permaneciera limpia y libre de impurezas durante todo el periodo de curado hasta alcanzar los 28 días.

Figura 59 Vaciado de probetas y proceso de compactación



Nota. Se muestra el proceso de vaciado del concreto en moldes y su posterior compactación manual, con el fin de eliminar vacíos y asegurar la adecuada densificación del material. Elaboración propia.

Figura 60 Curado de probetas prismáticas



Nota. Probetas prismáticas de concreto sometidas a curado en condiciones controladas de temperatura y humedad, conforme a prácticas estándar de laboratorio. Elaboración propia.

Luego del curado por 28 días de las probetas prismáticas se procede a someterlas a un ambiente crítico de corrosión.

4.9. Preparación del ambiente crítico de exposición para corrosión

En la localidad de Camaná, las probetas fueron confinadas en celdas prismáticas de plástico montadas sobre una estructura de madera. Este sistema permitió mantener los especímenes sumergidos en agua de mar bajo condiciones controladas. Posteriormente, se efectuó la instalación y puesta en funcionamiento del sistema de protección galvánica conforme al protocolo experimental establecido.

Figura 61 Construcción de zona de exposición



Nota. Se presenta el proceso de habilitación de la zona destinada a la exposición de las probetas prismáticas, incluyendo la preparación del área, disposición de recipientes y acondicionamiento del sistema experimental. Elaboración propia.

Figura 62 Ambiente controlado para corrosión de acero de concreto armado



Nota. Se muestra el acondicionamiento del ambiente controlado utilizado para la exposición de las probetas, mediante el uso de coberturas que permiten regular las condiciones de humedad y proteger el sistema experimental de agentes externos.

Elaboración propia.

4.10. Protección catódica por ánodo de sacrificio

4.10.1. Cálculo de peso del ánodo galvánico

Cálculo del área de exposición de acero a proteger.

$$\text{Diámetro: } d = 1/2" = 0.0127m. \quad Ec. (18)$$

$$\text{Longitud: } L = 8" = 0.2032m. \quad Ec. (19)$$

$$\text{Área por acero: } A = \pi * d * L = \pi (0.0127)(0.2032) = 0.0081 m^2. \quad Ec. (20)$$

$$\text{Área Total: } AT = A * 36 = 0.0081 * 36 = 0.2916 m^2. \quad Ec. (21)$$

Parámetros operativos.

Tabla 36 Densidades de corriente recomendadas por condición del acero

Condición del acero en el concreto	Densidad de corriente recomendada
Acero pasivo (sin corrosión activa)	0.2 – 2 mA/m ²
Corrosión leve	2 – 5 mA/m ²
Concreto contaminado con cloruros	5 – 20 mA/m ²
Corrosión severa / estructuras muy deterioradas	20 – 50 mA/m ²

Nota. Rangos de densidad de corriente recomendados para la protección catódica del acero en concreto, en función del grado de corrosión. Adaptado de ISO 12696.

Para el presente estudio, debido a la presencia de cloruros en un ambiente marino, se empleó una densidad de corriente de 20 mA/m²; además, es un valor común en experimentos de laboratorio, debido a que permite alcanzar el criterio de protección requerido.

$$\text{Corriente total requerida: } I = i \times AT = 20 \text{ mA/m}^2 \times 0.2916 m^2 = 5.84 \text{ mA}. \quad Ec. (22)$$

$$\text{Tiempo de protección: } TP = 105 \text{ días} = 2520 \text{ h}. \quad Ec. (23)$$

$$\text{Carga eléctrica requerida: } Q = I \times TP = 5.84 \text{ mA} \times 2520 \text{ h} = 14.7 \text{ Ah}. \quad Ec. (24)$$

Parámetros de material galvánico:

Tabla 37 Parámetros electroquímicos de los materiales del ánodo

Material del ánodo	Potencial típico (V vs Cu/CuSO ₄)	Capacidad electroquímica (Ah/kg)	Eficiencia (%)
Zinc	-1.10 V	≈ 780 Ah/kg	85 – 95 %
Aluminio	-1.10 a -1.15 V	≈ 2000 – 2500 Ah/kg	85 – 95 %
Magnesio	-1.50 a -1.75 V	≈ 1100 – 1200 Ah/kg	50 – 60 %

Nota. Valores típicos de potencial electroquímico (referidos a electrodo Cu/CuSO₄), capacidad electroquímica y eficiencia de materiales anódicos utilizados en protección catódica. Adaptado de literatura técnica (ASTM G109, ISO 12696).

Ánodo de Magnesio

Capacidad efectiva: $Cap. efectiva = Cap. teórica \times eficiencia\%$. *Ec.* (25)

$$Ce = 1200 \text{ Ah/kg} \times 50\% = 600 \text{ Ah/kg}$$

Masa del ánodo: $m = \frac{Q}{Ce} = \frac{14.7 \text{ Ah}}{600 \text{ Ah/kg}} = 0.0245 \text{ kg} = 24.5 \text{ g}$. *Ec.* (26)

Factor de seguridad 1.5: $m_{magnesio} = 24.5 \text{ g} \times 1.5 = 36.75 \text{ g} \approx 37 \text{ g}$. *Ec.* (27)

Ánodo de Aluminio

Capacidad efectiva: $Cap. efectiva = Cap. teórica \times eficiencia\%$.

$$Ce = 2500 \text{ Ah/kg} \times 90\% = 2250 \text{ Ah/kg}$$

Masa del ánodo: $m = \frac{Q}{Ce} = \frac{14.7 \text{ Ah}}{2250 \text{ Ah/kg}} = 0.00653 \text{ kg} = 6.53 \text{ g}$.

Factor de seguridad 1.5: $m_{aluminio} = 6.53 \text{ g} \times 1.5 = 9.8 \text{ g} \approx 10 \text{ g}$.

Ánodo de Zinc

Capacidad efectiva: $Cap. efectiva = Cap. teórica \times eficiencia\%$.

$$Ce = 780 \text{ Ah/kg} \times 90\% = 702 \text{ Ah/kg}$$

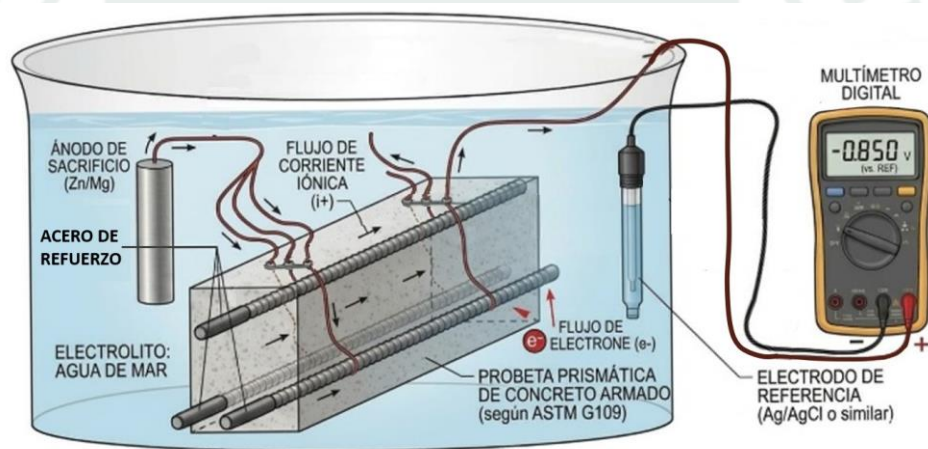
Masa del ánodo: $m = \frac{Q}{Ce} = \frac{14.7 \text{ Ah}}{702 \text{ Ah/kg}} = 0.02094 \text{ kg} = 20.94 \text{ g}$.

Factor de seguridad $1.5:m_{zinc} = 20.94g \times 1.5 = 31.41g \approx 32g$.

4.10.2. Esquema de circuito diseñado para protección catódica por ánodo de sacrificio

En cada recipiente se alojaron cuatro probetas sometidas a inmersión en agua de mar. La masa anódica requerida fue dividida equitativamente en tres secciones con la finalidad de cubrir la demanda de protección del sistema. Posteriormente, se realizó el puente eléctrico entre el acero de refuerzo y el ánodo de sacrificio, dejando un terminal disponible para la supervisión de los potenciales de protección durante el periodo de exposición.

Figura 63 Esquema técnico para la medición de potenciales de corrosión en sistema galvánico



Fuente: Elaboración propia.

4.10.3. Registro de potenciales de corrosión y cuantificación de la despolarización a las 24 horas según normativa para ánodo de sacrificio

Con base en la metodología establecida en las normas ISO 12696 y ASTM C876, las siguientes tablas consolidan las lecturas de potencial eléctrico obtenidas durante el periodo de exposición de 15 semanas, realizándose mediciones semanales.

Inicialmente, se registró el potencial natural del sistema, denominado potencial inicial. Posteriormente, se realizó la medición del potencial con el sistema de protección catódica en funcionamiento (potencial ON). Luego, inmediatamente después de desactivar la protección, se obtuvo el potencial (“Instant OFF”), con la finalidad de minimizar el efecto de la caída óhmica del sistema. Finalmente, el sistema permaneció sin energía durante un periodo de 24 horas, tras el cual se efectuó una nueva medición de potencial. La diferencia entre el potencial Instant OFF y el potencial registrado después de 24 horas corresponde al diferencial de potencial o despolarización (ΔE).

Tabla 38 Ánodos de sacrificio magnesio semana 1

ANODOS DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Semana 1						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-MG-0.0-1	0.00%	-148	-1076	-1012	-882	130
		-162	-1098	-1037	-905	132
		-151	-1082	-1020	-889	131
Prismática AS-MG-0.0-2	0.00%	-157	-1091	-1028	-896	132
		-146	-1070	-1009	-879	130
		-164	-1103	-1042	-910	132
Prismática AS-MG-0.0-3	0.00%	-150	-1084	-1021	-891	130
		-159	-1096	-1033	-901	132
		-147	-1073	-1011	-881	130
Prismática AS-MG-0.5-1	0.50%	-242	-1102	-1038	-903	135
		-258	-1120	-1059	-920	139
		-236	-1089	-1029	-896	133
Prismática AS-MG-0.5-2	0.50%	-265	-1131	-1070	-932	138
		-249	-1105	-1042	-907	135
		-253	-1112	-1051	-914	137
Prismática AS-MG-0.5-3	0.50%	-240	-1093	-1031	-898	133
		-261	-1124	-1062	-926	136
		-247	-1101	-1039	-905	134
Prismática AS-MG-1.5-1	1.50%	-352	-1128	-1065	-921	144
		-368	-1146	-1084	-944	140
		-345	-1116	-1053	-914	139
Prismática AS-MG-1.5-2	1.50%	-374	-1158	-1096	-952	144
		-361	-1139	-1076	-936	140
		-349	-1121	-1059	-918	141
Prismática AS-MG-1.5-3	1.50%	-357	-1133	-1070	-929	141
		-369	-1149	-1088	-948	140
		-346	-1119	-1056	-915	141
Prismática AS-MG-2.5-1	2.50%	-452	-1158	-1095	-946	149
		-468	-1176	-1114	-968	146
		-444	-1142	-1080	-938	142
Prismática AS-MG-2.5-2	2.50%	-476	-1188	-1126	-982	144
		-459	-1165	-1102	-957	145
		-447	-1149	-1087	-942	145
Prismática AS-MG-2.5-3	2.50%	-471	-1181	-1119	-973	146
		-455	-1156	-1093	-948	145
		-463	-1169	-1107	-961	146

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39 Ánodos de sacrificio magnesio semana 2

ANODOS DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Semana 2						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-MG-0.0-1	0.00%	-148	-1072	-1008	-883	125
		-162	-1095	-1032	-904	128
		-151	-1078	-1015	-890	125
Prismática AS-MG-0.0-2	0.00%	-157	-1086	-1022	-897	125
		-146	-1068	-1006	-880	126
		-164	-1099	-1037	-909	128
Prismática AS-MG-0.0-3	0.00%	-150	-1080	-1017	-892	125
		-159	-1092	-1029	-900	129
		-147	-1070	-1007	-882	125
Prismática AS-MG-0.5-1	0.50%	-242	-1098	-1035	-905	130
		-258	-1115	-1054	-918	136
		-236	-1085	-1026	-898	128
Prismática AS-MG-0.5-2	0.50%	-265	-1126	-1064	-928	136
		-249	-1101	-1039	-910	129
		-253	-1108	-1046	-916	130
Prismática AS-MG-0.5-3	0.50%	-240	-1089	-1028	-900	128
		-261	-1119	-1057	-923	134
		-247	-1097	-1034	-906	128
Prismática AS-MG-1.5-1	1.50%	-352	-1124	-1062	-924	138
		-368	-1141	-1080	-943	137
		-345	-1113	-1051	-916	135
Prismática AS-MG-1.5-2	1.50%	-374	-1152	-1090	-952	138
		-361	-1135	-1072	-938	134
		-349	-1117	-1056	-920	136
Prismática AS-MG-1.5-3	1.50%	-357	-1129	-1066	-932	134
		-369	-1144	-1083	-947	136
		-346	-1115	-1053	-918	135
Prismática AS-MG-2.5-1	2.50%	-452	-1154	-1092	-950	142
		-468	-1170	-1109	-968	141
		-444	-1138	-1076	-940	136
Prismática AS-MG-2.5-2	2.50%	-476	-1182	-1120	-980	140
		-459	-1161	-1098	-958	140
		-447	-1145	-1083	-945	138
Prismática AS-MG-2.5-3	2.50%	-471	-1176	-1114	-972	142
		-455	-1152	-1090	-952	138
		-463	-1165	-1103	-960	143

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40 Ánodos de sacrificio magnesio semana 3

ANODOS DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Semana 3						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-MG-0.0-1	0.00%	-148	-1069	-1005	-886	119
		-162	-1092	-1028	-903	125
		-151	-1075	-1012	-892	120
Prismática AS-MG-0.0-2	0.00%	-157	-1083	-1019	-898	121
		-146	-1065	-1002	-884	118
		-164	-1096	-1032	-907	125
Prismática AS-MG-0.0-3	0.00%	-150	-1078	-1014	-890	124
		-159	-1089	-1025	-899	126
		-147	-1067	-1003	-883	120
Prismática AS-MG-0.5-1	0.50%	-242	-1094	-1030	-907	123
		-258	-1111	-1048	-919	129
		-236	-1081	-1019	-900	119
Prismática AS-MG-0.5-2	0.50%	-265	-1121	-1058	-930	128
		-249	-1097	-1034	-912	122
		-253	-1103	-1040	-917	123
Prismática AS-MG-0.5-3	0.50%	-240	-1085	-1022	-902	120
		-261	-1115	-1051	-925	126
		-247	-1093	-1029	-908	121
Prismática AS-MG-1.5-1	1.50%	-352	-1120	-1057	-928	129
		-368	-1137	-1074	-946	128
		-345	-1109	-1046	-919	127
Prismática AS-MG-1.5-2	1.50%	-374	-1147	-1084	-954	130
		-361	-1131	-1067	-938	129
		-349	-1114	-1051	-923	128
Prismática AS-MG-1.5-3	1.50%	-357	-1126	-1063	-934	129
		-369	-1140	-1077	-949	128
		-346	-1111	-1048	-921	127
Prismática AS-MG-2.5-1	2.50%	-452	-1150	-1087	-952	135
		-468	-1166	-1103	-969	134
		-444	-1134	-1071	-940	131
Prismática AS-MG-2.5-2	2.50%	-476	-1176	-1113	-981	132
		-459	-1156	-1092	-958	134
		-447	-1140	-1076	-944	132
Prismática AS-MG-2.5-3	2.50%	-471	-1170	-1107	-973	134
		-455	-1148	-1084	-950	134
		-463	-1161	-1098	-962	136

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41 Ánodos de sacrificio magnesio semana 4

ANODOS DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Semana 4						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-MG-0.0-1	0.00%	-148	-1065	-1001	-888	113
		-162	-1089	-1026	-906	120
		-151	-1072	-1009	-894	115
Prismática AS-MG-0.0-2	0.00%	-157	-1079	-1015	-900	115
		-146	-1061	-998	-885	113
		-164	-1093	-1030	-910	120
Prismática AS-MG-0.0-3	0.00%	-150	-1074	-1010	-892	118
		-159	-1086	-1023	-901	122
		-147	-1064	-1000	-884	116
Prismática AS-MG-0.5-1	0.50%	-242	-1090	-1026	-908	118
		-258	-1106	-1043	-920	123
		-236	-1078	-1015	-900	115
Prismática AS-MG-0.5-2	0.50%	-265	-1116	-1053	-932	121
		-249	-1093	-1029	-913	116
		-253	-1099	-1036	-918	118
Prismática AS-MG-0.5-3	0.50%	-240	-1081	-1017	-902	115
		-261	-1110	-1046	-926	120
		-247	-1088	-1025	-907	118
Prismática AS-MG-1.5-1	1.50%	-352	-1116	-1053	-930	123
		-368	-1132	-1069	-945	124
		-345	-1105	-1042	-920	122
Prismática AS-MG-1.5-2	1.50%	-374	-1142	-1079	-953	126
		-361	-1126	-1062	-938	124
		-349	-1109	-1046	-923	123
Prismática AS-MG-1.5-3	1.50%	-357	-1121	-1058	-934	124
		-369	-1136	-1073	-949	124
		-346	-1107	-1043	-921	122
Prismática AS-MG-2.5-1	2.50%	-452	-1146	-1083	-953	130
		-468	-1162	-1099	-970	129
		-444	-1130	-1067	-940	127
Prismática AS-MG-2.5-2	2.50%	-476	-1172	-1109	-983	126
		-459	-1152	-1088	-959	129
		-447	-1136	-1073	-945	128
Prismática AS-MG-2.5-3	2.50%	-471	-1166	-1102	-974	128
		-455	-1144	-1080	-952	128
		-463	-1157	-1094	-963	131

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42 Ánodos de sacrificio magnesio semana 5

ANODOS DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Semana 5						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-MG-0.0-1	0.00%	-148	-1062	-998	-889	109
		-162	-1086	-1022	-907	115
		-151	-1069	-1006	-895	111
Prismática AS-MG-0.0-2	0.00%	-157	-1076	-1012	-901	111
		-146	-1058	-995	-886	109
		-164	-1090	-1026	-911	115
Prismática AS-MG-0.0-3	0.00%	-150	-1071	-1007	-893	114
		-159	-1083	-1019	-902	117
		-147	-1061	-997	-885	112
Prismática AS-MG-0.5-1	0.50%	-242	-1087	-1023	-909	114
		-258	-1103	-1039	-921	118
		-236	-1075	-1012	-901	111
Prismática AS-MG-0.5-2	0.50%	-265	-1113	-1049	-933	116
		-249	-1090	-1026	-914	112
		-253	-1096	-1032	-919	113
Prismática AS-MG-0.5-3	0.50%	-240	-1078	-1014	-903	111
		-261	-1107	-1043	-927	116
		-247	-1085	-1021	-908	113
Prismática AS-MG-1.5-1	1.50%	-352	-1113	-1049	-931	118
		-368	-1129	-1065	-946	119
		-345	-1102	-1038	-921	117
Prismática AS-MG-1.5-2	1.50%	-374	-1139	-1075	-954	121
		-361	-1123	-1059	-939	120
		-349	-1106	-1042	-924	118
Prismática AS-MG-1.5-3	1.50%	-357	-1118	-1054	-935	119
		-369	-1133	-1069	-950	119
		-346	-1104	-1040	-922	118
Prismática AS-MG-2.5-1	2.50%	-452	-1143	-1079	-954	125
		-468	-1159	-1095	-971	124
		-444	-1127	-1063	-941	122
Prismática AS-MG-2.5-2	2.50%	-476	-1169	-1105	-984	121
		-459	-1149	-1085	-960	125
		-447	-1133	-1069	-946	123
Prismática AS-MG-2.5-3	2.50%	-471	-1163	-1099	-975	124
		-455	-1141	-1077	-953	124
		-463	-1154	-1090	-964	126

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43 Ánodos de sacrificio magnesio semana 6

ANODOS DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Semana 6						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-MG-0.0-1	0.00%	-148	-1059	-995	-891	104
		-162	-1083	-1019	-908	111
		-151	-1066	-1003	-897	106
Prismática AS-MG-0.0-2	0.00%	-157	-1073	-1009	-902	107
		-146	-1055	-992	-888	104
		-164	-1087	-1023	-912	111
Prismática AS-MG-0.0-3	0.00%	-150	-1068	-1004	-895	109
		-159	-1080	-1016	-903	113
		-147	-1058	-994	-887	107
Prismática AS-MG-0.5-1	0.50%	-242	-1084	-1020	-911	109
		-258	-1100	-1036	-922	114
		-236	-1072	-1009	-903	106
Prismática AS-MG-0.5-2	0.50%	-265	-1110	-1046	-934	112
		-249	-1087	-1023	-916	107
		-253	-1093	-1029	-920	109
Prismática AS-MG-0.5-3	0.50%	-240	-1075	-1011	-905	106
		-261	-1104	-1040	-929	111
		-247	-1082	-1018	-910	108
Prismática AS-MG-1.5-1	1.50%	-352	-1110	-1046	-933	113
		-368	-1126	-1062	-947	115
		-345	-1099	-1035	-924	111
Prismática AS-MG-1.5-2	1.50%	-374	-1136	-1072	-956	116
		-361	-1120	-1056	-940	116
		-349	-1103	-1039	-926	113
Prismática AS-MG-1.5-3	1.50%	-357	-1115	-1051	-937	114
		-369	-1130	-1066	-951	115
		-346	-1101	-1037	-925	112
Prismática AS-MG-2.5-1	2.50%	-452	-1140	-1076	-956	120
		-468	-1156	-1092	-972	120
		-444	-1124	-1060	-943	117
Prismática AS-MG-2.5-2	2.50%	-476	-1166	-1102	-985	117
		-459	-1146	-1082	-961	121
		-447	-1130	-1066	-948	118
Prismática AS-MG-2.5-3	2.50%	-471	-1160	-1096	-976	120
		-455	-1138	-1074	-954	120
		-463	-1151	-1087	-966	121

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44 Ánodos de sacrificio magnesio semana 7

ANODOS DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Semana 7						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-MG-0.0-1	0.00%	-148	-1056	-992	-892	100
		-162	-1080	-1016	-909	107
		-151	-1063	-999	-898	101
Prismática AS-MG-0.0-2	0.00%	-157	-1070	-1006	-903	103
		-146	-1052	-988	-889	99
		-164	-1084	-1020	-913	107
Prismática AS-MG-0.0-3	0.00%	-150	-1065	-1001	-896	105
		-159	-1077	-1013	-904	109
		-147	-1055	-991	-888	103
Prismática AS-MG-0.5-1	0.50%	-242	-1081	-1017	-913	104
		-258	-1097	-1033	-923	110
		-236	-1069	-1006	-904	102
Prismática AS-MG-0.5-2	0.50%	-265	-1107	-1043	-935	108
		-249	-1084	-1020	-917	103
		-253	-1090	-1026	-921	105
Prismática AS-MG-0.5-3	0.50%	-240	-1072	-1008	-906	102
		-261	-1101	-1037	-930	107
		-247	-1079	-1015	-911	104
Prismática AS-MG-1.5-1	1.50%	-352	-1107	-1043	-936	107
		-368	-1123	-1059	-948	111
		-345	-1096	-1032	-926	106
Prismática AS-MG-1.5-2	1.50%	-374	-1133	-1069	-958	111
		-361	-1117	-1053	-941	112
		-349	-1100	-1036	-928	108
Prismática AS-MG-1.5-3	1.50%	-357	-1112	-1048	-938	110
		-369	-1127	-1063	-952	111
		-346	-1098	-1034	-927	107
Prismática AS-MG-2.5-1	2.50%	-452	-1137	-1073	-959	114
		-468	-1153	-1089	-973	116
		-444	-1121	-1057	-946	111
Prismática AS-MG-2.5-2	2.50%	-476	-1163	-1099	-986	113
		-459	-1143	-1079	-963	116
		-447	-1127	-1063	-949	114
Prismática AS-MG-2.5-3	2.50%	-471	-1157	-1093	-977	116
		-455	-1135	-1071	-956	115
		-463	-1148	-1084	-967	117

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45 Ánodos de sacrificio magnesio semana 8

ANODOS DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Semana 8						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-MG-0.0-1	0.00%	-148	-1054	-990	-893	97
		-162	-1078	-1014	-910	104
		-151	-1061	-997	-899	98
Prismática AS-MG-0.0-2	0.00%	-157	-1068	-1004	-904	100
		-146	-1050	-986	-890	96
		-164	-1082	-1018	-914	104
Prismática AS-MG-0.0-3	0.00%	-150	-1064	-1000	-897	103
		-159	-1075	-1011	-905	106
		-147	-1053	-989	-891	98
Prismática AS-MG-0.5-1	0.50%	-242	-1078	-1014	-915	99
		-258	-1094	-1030	-924	106
		-236	-1066	-1003	-905	98
Prismática AS-MG-0.5-2	0.50%	-265	-1104	-1040	-936	104
		-249	-1081	-1017	-918	99
		-253	-1087	-1023	-922	101
Prismática AS-MG-0.5-3	0.50%	-240	-1069	-1005	-907	98
		-261	-1098	-1034	-931	103
		-247	-1076	-1012	-912	100
Prismática AS-MG-1.5-1	1.50%	-352	-1104	-1040	-938	102
		-368	-1120	-1056	-949	107
		-345	-1093	-1029	-928	101
Prismática AS-MG-1.5-2	1.50%	-374	-1130	-1066	-958	108
		-361	-1114	-1050	-941	109
		-349	-1097	-1033	-930	103
Prismática AS-MG-1.5-3	1.50%	-357	-1109	-1045	-939	106
		-369	-1124	-1060	-952	108
		-346	-1095	-1031	-929	102
Prismática AS-MG-2.5-1	2.50%	-452	-1134	-1070	-961	109
		-468	-1150	-1086	-974	112
		-444	-1118	-1054	-948	106
Prismática AS-MG-2.5-2	2.50%	-476	-1160	-1096	-987	109
		-459	-1140	-1076	-965	111
		-447	-1124	-1060	-951	109
Prismática AS-MG-2.5-3	2.50%	-471	-1154	-1090	-978	112
		-455	-1132	-1068	-959	109
		-463	-1145	-1081	-968	113

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46 Ánodos de sacrificio magnesio semana 9

ANODOS DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Semana 9						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-MG-0.0-1	0.00%	-148	-1052	-988	-894	94
		-162	-1076	-1012	-911	101
		-151	-1059	-995	-900	95
Prismática AS-MG-0.0-2	0.00%	-157	-1066	-1002	-905	97
		-146	-1048	-984	-891	93
		-164	-1080	-1016	-915	101
Prismática AS-MG-0.0-3	0.00%	-150	-1062	-998	-898	100
		-159	-1073	-1009	-906	103
		-147	-1051	-987	-892	95
Prismática AS-MG-0.5-1	0.50%	-242	-1076	-1012	-916	96
		-258	-1092	-1028	-925	103
		-236	-1064	-1000	-907	93
Prismática AS-MG-0.5-2	0.50%	-265	-1102	-1038	-938	100
		-249	-1079	-1015	-919	96
		-253	-1085	-1021	-923	98
Prismática AS-MG-0.5-3	0.50%	-240	-1067	-1003	-909	94
		-261	-1096	-1032	-932	100
		-247	-1074	-1010	-913	97
Prismática AS-MG-1.5-1	1.50%	-352	-1102	-1038	-940	98
		-368	-1118	-1054	-951	103
		-345	-1091	-1027	-930	97
Prismática AS-MG-1.5-2	1.50%	-374	-1128	-1064	-960	104
		-361	-1112	-1048	-943	105
		-349	-1095	-1031	-932	99
Prismática AS-MG-1.5-3	1.50%	-357	-1107	-1043	-941	102
		-369	-1122	-1058	-954	104
		-346	-1093	-1029	-931	98
Prismática AS-MG-2.5-1	2.50%	-452	-1132	-1068	-963	105
		-468	-1148	-1084	-976	108
		-444	-1116	-1052	-950	102
Prismática AS-MG-2.5-2	2.50%	-476	-1158	-1094	-989	105
		-459	-1138	-1074	-967	107
		-447	-1122	-1058	-953	105
Prismática AS-MG-2.5-3	2.50%	-471	-1152	-1088	-980	108
		-455	-1130	-1066	-961	105
		-463	-1143	-1079	-970	109

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47 Ánodos de sacrificio magnesio semana 10

ANODOS DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Semana 10						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-MG-0.0-1	0.00%	-148	-1050	-986	-896	90
		-162	-1074	-1010	-912	98
		-151	-1057	-993	-902	91
Prismática AS-MG-0.0-2	0.00%	-157	-1064	-1000	-907	93
		-146	-1046	-982	-893	89
		-164	-1078	-1014	-916	98
Prismática AS-MG-0.0-3	0.00%	-150	-1060	-996	-900	96
		-159	-1071	-1007	-908	99
		-147	-1049	-985	-894	91
Prismática AS-MG-0.5-1	0.50%	-242	-1074	-1010	-918	92
		-258	-1090	-1026	-926	100
		-236	-1062	-998	-909	89
Prismática AS-MG-0.5-2	0.50%	-265	-1100	-1036	-940	96
		-249	-1077	-1013	-921	92
		-253	-1083	-1019	-925	94
Prismática AS-MG-0.5-3	0.50%	-240	-1065	-1001	-911	90
		-261	-1094	-1030	-934	96
		-247	-1072	-1008	-915	93
Prismática AS-MG-1.5-1	1.50%	-352	-1100	-1036	-942	94
		-368	-1116	-1052	-953	99
		-345	-1089	-1025	-932	93
Prismática AS-MG-1.5-2	1.50%	-374	-1126	-1062	-962	100
		-361	-1110	-1046	-945	101
		-349	-1093	-1029	-934	95
Prismática AS-MG-1.5-3	1.50%	-357	-1105	-1041	-943	98
		-369	-1120	-1056	-956	100
		-346	-1091	-1027	-933	94
Prismática AS-MG-2.5-1	2.50%	-452	-1130	-1066	-965	101
		-468	-1146	-1082	-978	104
		-444	-1114	-1050	-952	98
Prismática AS-MG-2.5-2	2.50%	-476	-1156	-1092	-991	101
		-459	-1136	-1072	-969	103
		-447	-1120	-1056	-955	101
Prismática AS-MG-2.5-3	2.50%	-471	-1150	-1086	-982	104
		-455	-1128	-1064	-963	101
		-463	-1141	-1077	-972	105

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48 Ánodos de sacrificio magnesio semana 11

ANODOS DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Semana 11						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-MG-0.0-1	0.00%	-148	-1048	-984	-898	86
		-162	-1072	-1008	-914	94
		-151	-1055	-991	-904	87
Prismática AS-MG-0.0-2	0.00%	-157	-1062	-998	-909	89
		-146	-1044	-980	-895	85
		-164	-1076	-1012	-918	94
Prismática AS-MG-0.0-3	0.00%	-150	-1058	-994	-902	92
		-159	-1069	-1005	-910	95
		-147	-1047	-983	-896	87
Prismática AS-MG-0.5-1	0.50%	-242	-1072	-1008	-920	88
		-258	-1088	-1024	-928	96
		-236	-1060	-996	-911	85
Prismática AS-MG-0.5-2	0.50%	-265	-1098	-1034	-942	92
		-249	-1075	-1011	-923	88
		-253	-1081	-1017	-927	90
Prismática AS-MG-0.5-3	0.50%	-240	-1063	-999	-913	86
		-261	-1092	-1028	-936	92
		-247	-1070	-1006	-917	89
Prismática AS-MG-1.5-1	1.50%	-352	-1098	-1034	-944	90
		-368	-1114	-1050	-955	95
		-345	-1087	-1023	-934	89
Prismática AS-MG-1.5-2	1.50%	-374	-1124	-1060	-964	96
		-361	-1108	-1044	-947	97
		-349	-1091	-1027	-936	91
Prismática AS-MG-1.5-3	1.50%	-357	-1103	-1039	-945	94
		-369	-1118	-1054	-958	96
		-346	-1089	-1025	-935	90
Prismática AS-MG-2.5-1	2.50%	-452	-1128	-1064	-967	97
		-468	-1144	-1080	-980	100
		-444	-1112	-1048	-954	94
Prismática AS-MG-2.5-2	2.50%	-476	-1154	-1090	-993	97
		-459	-1134	-1070	-971	99
		-447	-1118	-1054	-957	97
Prismática AS-MG-2.5-3	2.50%	-471	-1148	-1084	-984	100
		-455	-1126	-1062	-965	97
		-463	-1139	-1075	-974	101

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49 Ánodos de sacrificio magnesio semana 12

ANODOS DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Semana 12						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-MG-0.0-1	0.00%	-148	-1046	-982	-900	82
		-162	-1070	-1006	-916	90
		-151	-1053	-989	-906	83
Prismática AS-MG-0.0-2	0.00%	-157	-1060	-996	-911	85
		-146	-1042	-978	-897	81
		-164	-1074	-1010	-920	90
Prismática AS-MG-0.0-3	0.00%	-150	-1056	-992	-904	88
		-159	-1067	-1003	-912	91
		-147	-1045	-981	-898	83
Prismática AS-MG-0.5-1	0.50%	-242	-1070	-1006	-922	84
		-258	-1086	-1022	-930	92
		-236	-1058	-994	-913	81
Prismática AS-MG-0.5-2	0.50%	-265	-1096	-1032	-944	88
		-249	-1073	-1009	-925	84
		-253	-1079	-1015	-929	86
Prismática AS-MG-0.5-3	0.50%	-240	-1061	-997	-915	82
		-261	-1090	-1026	-938	88
		-247	-1068	-1004	-919	85
Prismática AS-MG-1.5-1	1.50%	-352	-1096	-1032	-946	86
		-368	-1112	-1048	-957	91
		-345	-1085	-1021	-936	85
Prismática AS-MG-1.5-2	1.50%	-374	-1122	-1058	-966	92
		-361	-1106	-1042	-949	93
		-349	-1089	-1025	-938	87
Prismática AS-MG-1.5-3	1.50%	-357	-1101	-1037	-947	90
		-369	-1116	-1052	-960	92
		-346	-1087	-1023	-937	86
Prismática AS-MG-2.5-1	2.50%	-452	-1126	-1062	-969	93
		-468	-1142	-1078	-982	96
		-444	-1110	-1046	-956	90
Prismática AS-MG-2.5-2	2.50%	-476	-1152	-1088	-995	93
		-459	-1132	-1068	-973	95
		-447	-1116	-1052	-959	93
Prismática AS-MG-2.5-3	2.50%	-471	-1146	-1082	-986	96
		-455	-1124	-1060	-967	93
		-463	-1137	-1073	-976	97

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50 Ánodos de sacrificio magnesio semana 13

ANODOS DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Semana 13						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-MG-0.0-1	0.00%	-148	-1044	-980	-902	78
		-162	-1068	-1004	-918	86
		-151	-1051	-987	-908	79
Prismática AS-MG-0.0-2	0.00%	-157	-1058	-994	-913	81
		-146	-1040	-976	-899	77
		-164	-1072	-1008	-922	86
Prismática AS-MG-0.0-3	0.00%	-150	-1054	-990	-906	84
		-159	-1065	-1001	-914	87
		-147	-1043	-979	-900	79
Prismática AS-MG-0.5-1	0.50%	-242	-1068	-1004	-924	80
		-258	-1084	-1020	-932	88
		-236	-1056	-992	-915	77
Prismática AS-MG-0.5-2	0.50%	-265	-1094	-1030	-946	84
		-249	-1071	-1007	-927	80
		-253	-1077	-1013	-931	82
Prismática AS-MG-0.5-3	0.50%	-240	-1059	-995	-917	78
		-261	-1088	-1024	-940	84
		-247	-1066	-1002	-921	81
Prismática AS-MG-1.5-1	1.50%	-352	-1094	-1030	-948	82
		-368	-1110	-1046	-959	87
		-345	-1083	-1019	-938	81
Prismática AS-MG-1.5-2	1.50%	-374	-1120	-1056	-968	88
		-361	-1104	-1040	-951	89
		-349	-1087	-1023	-940	83
Prismática AS-MG-1.5-3	1.50%	-357	-1099	-1035	-949	86
		-369	-1114	-1050	-962	88
		-346	-1085	-1021	-939	82
Prismática AS-MG-2.5-1	2.50%	-452	-1124	-1060	-971	89
		-468	-1140	-1076	-984	92
		-444	-1108	-1044	-958	86
Prismática AS-MG-2.5-2	2.50%	-476	-1150	-1086	-997	89
		-459	-1130	-1066	-975	91
		-447	-1114	-1050	-961	89
Prismática AS-MG-2.5-3	2.50%	-471	-1144	-1080	-988	92
		-455	-1122	-1058	-969	89
		-463	-1135	-1071	-978	93

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51 Ánodos de sacrificio magnesio semana 14

ANODOS DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Semana 14						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-MG-0.0-1	0.00%	-148	-1042	-978	-904	74
		-162	-1066	-1002	-920	82
		-151	-1049	-985	-910	75
Prismática AS-MG-0.0-2	0.00%	-157	-1056	-992	-915	77
		-146	-1038	-974	-901	73
		-164	-1070	-1006	-924	82
Prismática AS-MG-0.0-3	0.00%	-150	-1052	-988	-908	80
		-159	-1063	-999	-916	83
		-147	-1041	-977	-902	75
Prismática AS-MG-0.5-1	0.50%	-242	-1066	-1002	-926	76
		-258	-1082	-1018	-934	84
		-236	-1054	-990	-917	73
Prismática AS-MG-0.5-2	0.50%	-265	-1092	-1028	-948	80
		-249	-1069	-1005	-929	76
		-253	-1075	-1011	-933	78
Prismática AS-MG-0.5-3	0.50%	-240	-1057	-993	-919	74
		-261	-1086	-1022	-942	80
		-247	-1064	-1000	-923	77
Prismática AS-MG-1.5-1	1.50%	-352	-1092	-1028	-950	78
		-368	-1108	-1044	-961	83
		-345	-1081	-1017	-940	77
Prismática AS-MG-1.5-2	1.50%	-374	-1118	-1054	-970	84
		-361	-1102	-1038	-953	85
		-349	-1085	-1021	-942	79
Prismática AS-MG-1.5-3	1.50%	-357	-1097	-1033	-951	82
		-369	-1112	-1048	-964	84
		-346	-1083	-1019	-941	78
Prismática AS-MG-2.5-1	2.50%	-452	-1122	-1058	-973	85
		-468	-1138	-1074	-986	88
		-444	-1106	-1042	-960	82
Prismática AS-MG-2.5-2	2.50%	-476	-1148	-1084	-999	85
		-459	-1128	-1064	-977	87
		-447	-1112	-1048	-963	85
Prismática AS-MG-2.5-3	2.50%	-471	-1142	-1078	-990	88
		-455	-1120	-1056	-971	85
		-463	-1133	-1069	-980	89

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52 Ánodos de sacrificio magnesio semana 15

ANODOS DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Semana 15						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-MG-0.0-1	0.00%	-148	-1040	-976	-906	70
		-162	-1064	-1000	-922	78
		-151	-1047	-983	-912	71
Prismática AS-MG-0.0-2	0.00%	-157	-1054	-990	-917	73
		-146	-1036	-972	-903	69
		-164	-1068	-1004	-926	78
Prismática AS-MG-0.0-3	0.00%	-150	-1050	-986	-910	76
		-159	-1061	-997	-918	79
		-147	-1039	-975	-904	71
Prismática AS-MG-0.5-1	0.50%	-242	-1064	-1000	-928	72
		-258	-1080	-1016	-936	80
		-236	-1052	-988	-919	69
Prismática AS-MG-0.5-2	0.50%	-265	-1090	-1026	-950	76
		-249	-1067	-1003	-931	72
		-253	-1073	-1009	-935	74
Prismática AS-MG-0.5-3	0.50%	-240	-1055	-991	-921	70
		-261	-1084	-1020	-944	76
		-247	-1062	-998	-925	73
Prismática AS-MG-1.5-1	1.50%	-352	-1090	-1026	-952	74
		-368	-1106	-1042	-963	79
		-345	-1079	-1015	-942	73
Prismática AS-MG-1.5-2	1.50%	-374	-1116	-1052	-972	80
		-361	-1100	-1036	-955	81
		-349	-1083	-1019	-944	75
Prismática AS-MG-1.5-3	1.50%	-357	-1095	-1031	-953	78
		-369	-1110	-1046	-966	80
		-346	-1081	-1017	-943	74
Prismática AS-MG-2.5-1	2.50%	-452	-1120	-1056	-975	81
		-468	-1136	-1072	-988	84
		-444	-1104	-1040	-962	78
Prismática AS-MG-2.5-2	2.50%	-476	-1146	-1082	-1001	81
		-459	-1126	-1062	-979	83
		-447	-1110	-1046	-965	81
Prismática AS-MG-2.5-3	2.50%	-471	-1140	-1076	-992	84
		-455	-1118	-1054	-973	81
		-463	-1131	-1067	-982	85

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53 Ánodos de sacrificio aluminio semana 1

ANODOS DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Semana 1						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-AL-0.0-1	0.00%	-181	-842	-713	-521	192
		-185	-849	-720	-534	186
		-188	-833	-704	-517	187
Prismática AS-AL-0.0-2	0.00%	-192	-856	-728	-542	186
		-195	-847	-715	-529	186
		-199	-868	-739	-550	189
Prismática AS-AL-0.0-3	0.00%	-203	-854	-722	-541	181
		-207	-845	-716	-532	184
		-210	-870	-743	-560	183
Prismática AS-AL-0.5-1	0.50%	-314	-895	-766	-615	151
		-318	-902	-774	-622	152
		-323	-913	-785	-631	154
Prismática AS-AL-0.5-2	0.50%	-327	-909	-780	-633	147
		-331	-921	-792	-645	147
		-336	-934	-803	-658	145
Prismática AS-AL-0.5-3	0.50%	-342	-917	-788	-640	148
		-348	-926	-799	-651	148
		-354	-945	-816	-669	147
Prismática AS-AL-1.5-1	1.50%	-421	-988	-847	-724	123
		-425	-992	-853	-731	122
		-430	-1004	-865	-742	123
Prismática AS-AL-1.5-2	1.50%	-436	-1016	-878	-759	119
		-442	-1023	-884	-767	117
		-448	-1035	-897	-780	117
Prismática AS-AL-1.5-3	1.50%	-454	-1049	-912	-794	118
		-461	-1050	-921	-802	119
		-469	-1077	-938	-820	118
Prismática AS-AL-2.5-1	2.50%	-510	-1131	-992	-889	103
		-522	-1142	-1005	-902	103
		-534	-1153	-1014	-913	101
Prismática AS-AL-2.5-2	2.50%	-541	-1164	-1025	-923	102
		-553	-1175	-1036	-932	104
		-567	-1186	-1047	-945	102
Prismática AS-AL-2.5-3	2.50%	-579	-1197	-1058	-957	101
		-588	-1202	-1061	-960	101
		-596	-1219	-1072	-971	101

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54 Ánodos de sacrificio aluminio semana 2

ANODOS DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Semana 2						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-AL-0.0-1	0.00%	-181	-852	-723	-531	192
		-185	-860	-731	-543	188
		-188	-844	-715	-524	191
Prismática AS-AL-0.0-2	0.00%	-192	-867	-738	-549	189
		-195	-858	-726	-537	189
		-199	-879	-749	-562	187
Prismática AS-AL-0.0-3	0.00%	-203	-865	-732	-550	182
		-207	-856	-727	-541	186
		-210	-881	-754	-570	184
Prismática AS-AL-0.5-1	0.50%	-314	-905	-776	-624	152
		-318	-912	-784	-631	153
		-323	-923	-795	-640	155
Prismática AS-AL-0.5-2	0.50%	-327	-919	-790	-642	148
		-331	-931	-802	-654	148
		-336	-944	-813	-667	146
Prismática AS-AL-0.5-3	0.50%	-342	-927	-798	-649	149
		-348	-936	-809	-660	149
		-354	-955	-826	-678	148
Prismática AS-AL-1.5-1	1.50%	-421	-998	-857	-733	124
		-425	-1002	-863	-740	123
		-430	-1014	-875	-751	124
Prismática AS-AL-1.5-2	1.50%	-436	-1026	-888	-768	120
		-442	-1033	-894	-776	118
		-448	-1045	-907	-789	118
Prismática AS-AL-1.5-3	1.50%	-454	-1059	-922	-803	119
		-461	-1060	-931	-811	120
		-469	-1087	-948	-829	119
Prismática AS-AL-2.5-1	2.50%	-510	-1141	-1002	-898	104
		-522	-1152	-1015	-911	104
		-534	-1163	-1024	-922	102
Prismática AS-AL-2.5-2	2.50%	-541	-1174	-1035	-932	103
		-553	-1185	-1046	-941	105
		-567	-1196	-1057	-954	103
Prismática AS-AL-2.5-3	2.50%	-579	-1207	-1068	-966	102
		-588	-1212	-1071	-969	102
		-596	-1229	-1082	-980	102

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55 Ánodos de sacrificio aluminio semana 3

ANODOS DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Semana 3						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-AL-0.0-1	0.00%	-181	-855	-726	-534	192
		-185	-863	-734	-547	187
		-188	-849	-721	-531	190
Prismática AS-AL-0.0-2	0.00%	-192	-871	-742	-553	189
		-195	-862	-730	-541	189
		-199	-882	-754	-566	188
Prismática AS-AL-0.0-3	0.00%	-203	-869	-736	-552	184
		-207	-859	-731	-545	186
		-210	-884	-759	-573	186
Prismática AS-AL-0.5-1	0.50%	-314	-908	-780	-628	152
		-318	-916	-789	-635	154
		-323	-927	-800	-645	155
Prismática AS-AL-0.5-2	0.50%	-327	-923	-794	-647	147
		-331	-935	-807	-659	148
		-336	-948	-818	-672	146
Prismática AS-AL-0.5-3	0.50%	-342	-931	-803	-654	149
		-348	-940	-814	-666	148
		-354	-959	-832	-684	148
Prismática AS-AL-1.5-1	1.50%	-421	-1001	-862	-738	124
		-425	-1006	-868	-745	123
		-430	-1017	-880	-756	124
Prismática AS-AL-1.5-2	1.50%	-436	-1030	-893	-773	120
		-442	-1037	-899	-782	117
		-448	-1049	-912	-795	117
Prismática AS-AL-1.5-3	1.50%	-454	-1063	-927	-809	118
		-461	-1064	-936	-816	120
		-469	-1091	-953	-835	118
Prismática AS-AL-2.5-1	2.50%	-510	-1145	-1007	-904	103
		-522	-1156	-1020	-917	103
		-534	-1167	-1029	-928	101
Prismática AS-AL-2.5-2	2.50%	-541	-1178	-1040	-938	102
		-553	-1189	-1051	-947	104
		-567	-1200	-1062	-960	102
Prismática AS-AL-2.5-3	2.50%	-579	-1211	-1073	-972	101
		-588	-1216	-1076	-975	101
		-596	-1233	-1087	-986	101

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56 Ánodos de sacrificio aluminio semana 4

ANODOS DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Semana 4						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-AL-0.0-1	0.00%	-181	-859	-731	-537	194
		-185	-868	-742	-550	192
		-188	-853	-726	-536	190
Prismática AS-AL-0.0-2	0.00%	-192	-874	-748	-562	186
		-195	-867	-734	-547	187
		-199	-889	-760	-575	185
Prismática AS-AL-0.0-3	0.00%	-203	-875	-740	-558	182
		-207	-865	-735	-551	184
		-210	-893	-767	-581	186
Prismática AS-AL-0.5-1	0.50%	-314	-913	-786	-632	154
		-321	-922	-795	-641	154
		-323	-934	-806	-650	156
Prismática AS-AL-0.5-2	0.50%	-327	-928	-798	-651	147
		-331	-942	-813	-665	148
		-336	-955	-824	-679	145
Prismática AS-AL-0.5-3	0.50%	-342	-936	-809	-660	149
		-348	-949	-818	-670	148
		-354	-965	-837	-690	147
Prismática AS-AL-1.5-1	1.50%	-421	-1009	-868	-746	122
		-425	-1013	-875	-754	121
		-430	-1024	-886	-763	123
Prismática AS-AL-1.5-2	1.50%	-436	-1038	-899	-778	121
		-442	-1044	-905	-789	116
		-448	-1057	-918	-802	116
Prismática AS-AL-1.5-3	1.50%	-454	-1070	-931	-814	117
		-461	-1071	-942	-825	117
		-469	-1100	-963	-845	118
Prismática AS-AL-2.5-1	2.50%	-510	-1154	-1012	-909	103
		-522	-1167	-1025	-922	103
		-534	-1178	-1036	-935	101
Prismática AS-AL-2.5-2	2.50%	-541	-1189	-1045	-944	101
		-553	-1200	-1056	-952	104
		-567	-1213	-1067	-965	102
Prismática AS-AL-2.5-3	2.50%	-579	-1221	-1078	-977	101
		-588	-1227	-1081	-980	101
		-596	-1242	-1094	-993	101

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57 Ánodos de sacrificio aluminio semana 5

ANODOS DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Semana 5						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-AL-0.0-1	0.00%	-181	-862	-734	-539	195
		-185	-871	-745	-552	193
		-188	-856	-729	-538	191
Prismática AS-AL-0.0-2	0.00%	-192	-877	-751	-564	187
		-195	-870	-737	-549	188
		-199	-892	-763	-577	186
Prismática AS-AL-0.0-3	0.00%	-203	-878	-743	-560	183
		-207	-868	-738	-553	185
		-210	-896	-770	-583	187
Prismática AS-AL-0.5-1	0.50%	-314	-916	-789	-634	155
		-318	-925	-798	-643	155
		-323	-937	-809	-652	157
Prismática AS-AL-0.5-2	0.50%	-327	-931	-801	-653	148
		-331	-945	-816	-667	149
		-336	-958	-827	-681	146
Prismática AS-AL-0.5-3	0.50%	-342	-939	-812	-662	150
		-348	-952	-821	-672	149
		-354	-968	-840	-692	148
Prismática AS-AL-1.5-1	1.50%	-421	-1012	-871	-748	123
		-425	-1016	-878	-756	122
		-430	-1027	-889	-765	124
Prismática AS-AL-1.5-2	1.50%	-436	-1041	-902	-780	122
		-442	-1047	-908	-791	117
		-448	-1060	-921	-804	117
Prismática AS-AL-1.5-3	1.50%	-454	-1073	-934	-816	118
		-461	-1074	-945	-827	118
		-469	-1103	-966	-847	119
Prismática AS-AL-2.5-1	2.50%	-510	-1157	-1015	-911	104
		-522	-1170	-1028	-924	104
		-534	-1181	-1039	-937	102
Prismática AS-AL-2.5-2	2.50%	-541	-1192	-1048	-946	102
		-553	-1203	-1059	-954	105
		-567	-1216	-1070	-967	103
Prismática AS-AL-2.5-3	2.50%	-579	-1224	-1081	-979	102
		-588	-1230	-1084	-982	102
		-596	-1245	-1097	-995	102

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58 Ánodos de sacrificio aluminio semana 6

ANODOS DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Semana 6						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-AL-0.0-1	0.00%	-181	-858	-730	-536	194
		-185	-867	-741	-549	192
		-188	-852	-725	-535	190
Prismática AS-AL-0.0-2	0.00%	-192	-873	-747	-561	186
		-195	-866	-733	-546	187
		-199	-888	-759	-574	185
Prismática AS-AL-0.0-3	0.00%	-203	-874	-739	-557	182
		-207	-864	-734	-550	184
		-210	-892	-766	-580	186
Prismática AS-AL-0.5-1	0.50%	-314	-912	-785	-631	154
		-318	-921	-794	-640	154
		-323	-933	-805	-649	156
Prismática AS-AL-0.5-2	0.50%	-327	-927	-797	-650	147
		-331	-941	-812	-664	148
		-336	-954	-823	-678	145
Prismática AS-AL-0.5-3	0.50%	-342	-935	-808	-659	149
		-348	-948	-817	-669	148
		-354	-964	-836	-689	147
Prismática AS-AL-1.5-1	1.50%	-421	-1008	-867	-745	122
		-425	-1012	-874	-753	121
		-430	-1023	-885	-762	123
Prismática AS-AL-1.5-2	1.50%	-436	-1037	-898	-777	121
		-442	-1043	-904	-788	116
		-448	-1056	-917	-801	116
Prismática AS-AL-1.5-3	1.50%	-454	-1069	-930	-813	117
		-461	-1070	-941	-824	117
		-469	-1099	-962	-844	118
Prismática AS-AL-2.5-1	2.50%	-510	-1153	-1011	-908	103
		-522	-1166	-1024	-921	103
		-534	-1177	-1035	-934	101
Prismática AS-AL-2.5-2	2.50%	-541	-1188	-1044	-943	101
		-553	-1199	-1055	-951	104
		-567	-1212	-1066	-964	102
Prismática AS-AL-2.5-3	2.50%	-579	-1220	-1077	-976	101
		-588	-1226	-1080	-979	101
		-596	-1241	-1093	-992	101

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59 Ánodos de sacrificio aluminio semana 7

ANODOS DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Semana 7						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-AL-0.0-1	0.00%	-181	-854	-726	-534	192
		-185	-861	-735	-547	188
		-188	-849	-718	-528	190
Prismática AS-AL-0.0-2	0.00%	-192	-870	-742	-557	185
		-195	-863	-729	-542	187
		-199	-882	-754	-571	183
Prismática AS-AL-0.0-3	0.00%	-203	-868	-733	-551	182
		-207	-859	-727	-543	184
		-210	-885	-761	-575	186
Prismática AS-AL-0.5-1	0.50%	-314	-908	-780	-628	152
		-318	-915	-789	-635	154
		-323	-928	-799	-644	155
Prismática AS-AL-0.5-2	0.50%	-327	-923	-794	-647	147
		-336	-934	-807	-659	148
		-336	-949	-818	-672	146
Prismática AS-AL-0.5-3	0.50%	-342	-931	-803	-654	149
		-348	-940	-814	-666	148
		-354	-960	-832	-684	148
Prismática AS-AL-1.5-1	1.50%	-421	-1004	-862	-741	121
		-425	-1009	-868	-745	123
		-430	-1018	-880	-756	124
Prismática AS-AL-1.5-2	1.50%	-436	-1030	-893	-773	120
		-442	-1037	-899	-782	117
		-448	-1046	-912	-795	117
Prismática AS-AL-1.5-3	1.50%	-454	-1061	-927	-809	118
		-461	-1064	-936	-816	120
		-469	-1092	-953	-835	118
Prismática AS-AL-2.5-1	2.50%	-510	-1149	-1007	-904	103
		-522	-1158	-1020	-917	103
		-534	-1169	-1029	-928	101
Prismática AS-AL-2.5-2	2.50%	-541	-1181	-1040	-938	102
		-553	-1194	-1051	-947	104
		-567	-1205	-1062	-960	102
Prismática AS-AL-2.5-3	2.50%	-579	-1218	-1073	-972	101
		-588	-1222	-1076	-975	101
		-596	-1237	-1087	-986	101

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60 Ánodos de sacrificio aluminio semana 8

ANODOS DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Semana 8						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-AL-0.0-1	0.00%	-181	-850	-721	-530	191
		-185	-857	-730	-542	188
		-188	-845	-714	-521	193
Prismática AS-AL-0.0-2	0.00%	-192	-866	-737	-550	187
		-195	-859	-726	-542	184
		-199	-878	-749	-563	186
Prismática AS-AL-0.0-3	0.00%	-203	-864	-731	-549	182
		-207	-855	-722	-537	185
		-210	-881	-756	-576	180
Prismática AS-AL-0.5-1	0.50%	-314	-904	-776	-624	152
		-318	-911	-782	-631	151
		-323	-924	-794	-641	153
Prismática AS-AL-0.5-2	0.50%	-327	-919	-788	-642	146
		-331	-930	-801	-654	147
		-336	-945	-813	-668	145
Prismática AS-AL-0.5-3	0.50%	-342	-927	-798	-649	149
		-348	-936	-809	-660	149
		-354	-955	-826	-678	148
Prismática AS-AL-1.5-1	1.50%	-421	-1000	-857	-734	123
		-425	-1005	-862	-740	122
		-430	-1014	-873	-752	121
Prismática AS-AL-1.5-2	1.50%	-436	-1026	-888	-768	120
		-442	-1033	-894	-775	119
		-448	-1042	-907	-790	117
Prismática AS-AL-1.5-3	1.50%	-454	-1057	-923	-806	117
		-461	-1060	-931	-812	119
		-469	-1088	-949	-831	118
Prismática AS-AL-2.5-1	2.50%	-510	-1145	-1004	-901	103
		-522	-1154	-1015	-912	103
		-534	-1165	-1024	-922	102
Prismática AS-AL-2.5-2	2.50%	-541	-1177	-1035	-934	101
		-553	-1190	-1046	-942	104
		-567	-1201	-1057	-957	100
Prismática AS-AL-2.5-3	2.50%	-579	-1214	-1068	-967	101
		-588	-1218	-1071	-970	101
		-596	-1233	-1082	-982	100

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61 Ánodos de sacrificio aluminio semana 9

ANODOS DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Semana 9						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-AL-0.0-1	0.00%	-181	-847	-718	-529	189
		-185	-854	-727	-541	186
		-188	-842	-711	-524	187
Prismática AS-AL-0.0-2	0.00%	-192	-863	-734	-551	183
		-195	-856	-723	-538	185
		-199	-875	-746	-564	182
Prismática AS-AL-0.0-3	0.00%	-203	-861	-728	-548	180
		-207	-852	-719	-537	182
		-210	-878	-753	-575	178
Prismática AS-AL-0.5-1	0.50%	-314	-901	-773	-624	149
		-318	-908	-779	-632	147
		-323	-921	-791	-646	145
Prismática AS-AL-0.5-2	0.50%	-327	-916	-785	-642	143
		-331	-927	-798	-657	141
		-336	-942	-810	-671	139
Prismática AS-AL-0.5-3	0.50%	-342	-924	-795	-656	139
		-348	-933	-806	-669	137
		-354	-952	-823	-688	135
Prismática AS-AL-1.5-1	1.50%	-421	-997	-854	-735	119
		-425	-1002	-859	-742	117
		-430	-1011	-870	-755	115
Prismática AS-AL-1.5-2	1.50%	-436	-1023	-885	-772	113
		-442	-1030	-891	-780	111
		-448	-1039	-904	-795	109
Prismática AS-AL-1.5-3	1.50%	-454	-1054	-920	-813	107
		-461	-1057	-928	-823	105
		-469	-1085	-946	-843	103
Prismática AS-AL-2.5-1	2.50%	-510	-1142	-1001	-900	101
		-522	-1151	-1012	-911	101
		-534	-1162	-1021	-921	100
Prismática AS-AL-2.5-2	2.50%	-541	-1174	-1032	-932	100
		-553	-1187	-1043	-941	102
		-567	-1198	-1054	-954	100
Prismática AS-AL-2.5-3	2.50%	-579	-1211	-1065	-965	100
		-588	-1215	-1068	-968	100
		-596	-1230	-1079	-979	100

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62 Ánodos de sacrificio aluminio semana 10

ANODOS DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Semana 10						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-AL-0.0-1	0.00%	-181	-835	-702	-521	181
		-185	-842	-714	-532	182
		-188	-833	-705	-516	189
Prismática AS-AL-0.0-2	0.00%	-192	-850	-726	-543	183
		-195	-847	-719	-534	185
		-199	-861	-730	-546	184
Prismática AS-AL-0.0-3	0.00%	-203	-852	-724	-547	177
		-207	-848	-713	-533	180
		-210	-869	-735	-559	176
Prismática AS-AL-0.5-1	0.50%	-314	-894	-761	-620	141
		-318	-902	-770	-628	142
		-323	-913	-785	-642	143
Prismática AS-AL-0.5-2	0.50%	-327	-909	-778	-643	135
		-331	-916	-782	-648	134
		-336	-925	-790	-660	130
Prismática AS-AL-0.5-3	0.50%	-342	-911	-781	-652	129
		-348	-920	-794	-666	128
		-354	-937	-806	-679	127
Prismática AS-AL-1.5-1	1.50%	-421	-982	-843	-732	111
		-425	-986	-851	-740	111
		-430	-995	-864	-752	112
Prismática AS-AL-1.5-2	1.50%	-436	-1010	-878	-773	105
		-442	-1014	-882	-778	104
		-448	-1023	-890	-787	103
Prismática AS-AL-1.5-3	1.50%	-454	-1035	-906	-804	102
		-461	-1038	-912	-811	101
		-469	-1050	-925	-825	100
Prismática AS-AL-2.5-1	2.50%	-510	-1124	-981	-881	100
		-522	-1130	-992	-893	99
		-534	-1142	-1004	-906	98
Prismática AS-AL-2.5-2	2.50%	-541	-1149	-1010	-911	99
		-553	-1164	-1023	-922	101
		-567	-1172	-1035	-935	100
Prismática AS-AL-2.5-3	2.50%	-579	-1181	-1048	-949	99
		-588	-1186	-1052	-954	98
		-596	-1195	-1067	-967	100

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63 Ánodos de sacrificio aluminio semana 11

ANODOS DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Semana 11						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-AL-0.0-1	0.00%	-181	-822	-693	-512	181
		-185	-834	-702	-520	182
		-188	-820	-697	-514	183
Prismática AS-AL-0.0-2	0.00%	-192	-845	-711	-537	174
		-195	-832	-707	-532	175
		-199	-856	-720	-544	176
Prismática AS-AL-0.0-3	0.00%	-203	-843	-716	-539	177
		-207	-839	-701	-523	178
		-210	-850	-729	-550	179
Prismática AS-AL-0.5-1	0.50%	-314	-881	-750	-610	140
		-318	-892	-761	-620	141
		-323	-904	-772	-630	142
Prismática AS-AL-0.5-2	0.50%	-327	-896	-763	-630	133
		-331	-905	-774	-640	134
		-336	-912	-785	-650	135
Prismática AS-AL-0.5-3	0.50%	-342	-899	-776	-650	126
		-348	-910	-787	-660	127
		-354	-923	-798	-670	128
Prismática AS-AL-1.5-1	1.50%	-421	-972	-831	-732	99
		-425	-975	-840	-740	100
		-430	-984	-851	-750	101
Prismática AS-AL-1.5-2	1.50%	-436	-992	-862	-770	92
		-442	-1003	-873	-780	93
		-448	-1014	-884	-790	94
Prismática AS-AL-1.5-3	1.50%	-454	-1015	-895	-810	85
		-461	-1026	-906	-820	86
		-469	-1037	-917	-830	87
Prismática AS-AL-2.5-1	2.50%	-510	-1108	-960	-880	80
		-522	-1112	-971	-890	81
		-534	-1123	-982	-900	82
Prismática AS-AL-2.5-2	2.50%	-541	-1134	-993	-920	73
		-553	-1145	-1004	-930	74
		-567	-1156	-1015	-940	75
Prismática AS-AL-2.5-3	2.50%	-579	-1167	-1026	-960	66
		-588	-1178	-1037	-970	67
		-596	-1189	-1048	-980	68

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64 Ánodos de sacrificio aluminio semana 12

ANODOS DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Semana 12						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-AL-0.0-1	0.00%	-181	-812	-683	-511	172
		-185	-821	-694	-523	171
		-188	-810	-685	-515	170
Prismática AS-AL-0.0-2	0.00%	-192	-836	-705	-536	169
		-195	-824	-696	-528	168
		-199	-847	-710	-543	167
Prismática AS-AL-0.0-3	0.00%	-203	-832	-706	-540	166
		-207	-825	-697	-532	165
		-210	-843	-718	-554	164
Prismática AS-AL-0.5-1	0.50%	-314	-874	-743	-610	133
		-318	-882	-751	-619	132
		-323	-895	-762	-631	131
Prismática AS-AL-0.5-2	0.50%	-327	-880	-753	-633	120
		-331	-891	-764	-645	119
		-336	-902	-775	-657	118
Prismática AS-AL-0.5-3	0.50%	-342	-886	-761	-654	107
		-348	-893	-772	-666	106
		-354	-904	-785	-680	105
Prismática AS-AL-1.5-1	1.50%	-421	-955	-824	-730	94
		-425	-963	-832	-739	93
		-430	-971	-843	-751	92
Prismática AS-AL-1.5-2	1.50%	-436	-982	-850	-769	81
		-442	-990	-861	-781	80
		-448	-1004	-872	-793	79
Prismática AS-AL-1.5-3	1.50%	-454	-1005	-886	-808	78
		-461	-1012	-894	-817	77
		-469	-1023	-905	-829	76
Prismática AS-AL-2.5-1	2.50%	-510	-1082	-945	-880	65
		-522	-1091	-954	-890	64
		-534	-1103	-962	-899	63
Prismática AS-AL-2.5-2	2.50%	-541	-1114	-971	-919	52
		-553	-1125	-982	-931	51
		-567	-1136	-990	-940	50
Prismática AS-AL-2.5-3	2.50%	-579	-1140	-1008	-967	41
		-588	-1152	-1017	-977	40
		-596	-1163	-1026	-987	39

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65 Ánodos de sacrificio aluminio semana 13

ANODOS DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Semana 13						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-AL-0.0-1	0.00%	-181	-792	-663	-502	161
		-185	-801	-674	-512	162
		-188	-790	-667	-504	163
Prismática AS-AL-0.0-2	0.00%	-192	-816	-688	-534	154
		-195	-803	-678	-523	155
		-199	-821	-693	-537	156
Prismática AS-AL-0.0-3	0.00%	-203	-811	-681	-534	147
		-207	-804	-675	-527	148
		-210	-823	-699	-550	149
Prismática AS-AL-0.5-1	0.50%	-314	-852	-722	-612	110
		-318	-861	-733	-622	111
		-323	-874	-746	-634	112
Prismática AS-AL-0.5-2	0.50%	-327	-853	-732	-633	99
		-331	-862	-742	-644	98
		-336	-875	-756	-659	97
Prismática AS-AL-0.5-3	0.50%	-342	-858	-735	-647	88
		-348	-867	-744	-655	89
		-354	-880	-759	-669	90
Prismática AS-AL-1.5-1	1.50%	-421	-931	-801	-720	81
		-425	-942	-814	-732	82
		-430	-955	-827	-744	83
Prismática AS-AL-1.5-2	1.50%	-436	-963	-832	-758	74
		-442	-972	-841	-766	75
		-448	-981	-855	-779	76
Prismática AS-AL-1.5-3	1.50%	-454	-982	-860	-793	67
		-461	-991	-873	-805	68
		-469	-1004	-888	-819	69
Prismática AS-AL-2.5-1	2.50%	-510	-1051	-913	-853	60
		-522	-1060	-925	-864	61
		-534	-1071	-932	-870	62
Prismática AS-AL-2.5-2	2.50%	-541	-1083	-941	-888	53
		-553	-1094	-953	-899	54
		-567	-1106	-967	-912	55
Prismática AS-AL-2.5-3	2.50%	-579	-1112	-972	-928	44
		-588	-1124	-983	-938	45
		-596	-1137	-999	-953	46

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66 Ánodos de sacrificio aluminio semana 14

ANODOS DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Semana 14						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-AL-0.0-1	0.00%	-181	-782	-653	-502	151
		-185	-791	-664	-512	152
		-188	-780	-657	-504	153
Prismática AS-AL-0.0-2	0.00%	-192	-806	-678	-534	144
		-195	-793	-668	-523	145
		-199	-811	-683	-537	146
Prismática AS-AL-0.0-3	0.00%	-203	-801	-671	-534	137
		-207	-794	-665	-527	138
		-210	-813	-689	-550	139
Prismática AS-AL-0.5-1	0.50%	-314	-842	-712	-612	100
		-318	-851	-723	-622	101
		-323	-864	-736	-634	102
Prismática AS-AL-0.5-2	0.50%	-327	-843	-722	-633	89
		-331	-852	-732	-644	88
		-336	-865	-746	-659	87
Prismática AS-AL-0.5-3	0.50%	-342	-848	-725	-647	78
		-348	-857	-734	-655	79
		-354	-870	-749	-669	80
Prismática AS-AL-1.5-1	1.50%	-421	-911	-791	-720	71
		-425	-922	-804	-732	72
		-430	-935	-817	-744	73
Prismática AS-AL-1.5-2	1.50%	-436	-943	-822	-758	64
		-442	-952	-831	-766	65
		-448	-961	-845	-779	66
Prismática AS-AL-1.5-3	1.50%	-454	-962	-850	-793	57
		-461	-971	-863	-805	58
		-469	-984	-878	-819	59
Prismática AS-AL-2.5-1	2.50%	-510	-1031	-903	-853	50
		-522	-1040	-915	-864	51
		-534	-1051	-922	-870	52
Prismática AS-AL-2.5-2	2.50%	-541	-1063	-931	-888	43
		-553	-1074	-943	-899	44
		-567	-1086	-957	-912	45
Prismática AS-AL-2.5-3	2.50%	-579	-1092	-962	-928	34
		-588	-1104	-973	-938	35
		-596	-1117	-989	-953	36

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 67 Ánodos de sacrificio aluminio semana 15

ANODOS DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Semana 15						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-AL-0.0-1	0.00%	-181	-772	-643	-502	141
		-185	-781	-654	-512	142
		-188	-770	-647	-504	143
Prismática AS-AL-0.0-2	0.00%	-192	-796	-668	-534	134
		-195	-783	-658	-523	135
		-199	-801	-673	-537	136
Prismática AS-AL-0.0-3	0.00%	-203	-791	-661	-534	127
		-207	-784	-655	-527	128
		-210	-803	-679	-550	129
Prismática AS-AL-0.5-1	0.50%	-314	-832	-702	-612	90
		-318	-841	-713	-622	91
		-323	-854	-726	-634	92
Prismática AS-AL-0.5-2	0.50%	-327	-833	-712	-633	79
		-331	-842	-722	-644	78
		-336	-855	-736	-659	77
Prismática AS-AL-0.5-3	0.50%	-342	-838	-715	-647	68
		-348	-847	-724	-655	69
		-354	-860	-739	-669	70
Prismática AS-AL-1.5-1	1.50%	-421	-901	-781	-720	61
		-425	-912	-794	-732	62
		-430	-925	-807	-744	63
Prismática AS-AL-1.5-2	1.50%	-436	-933	-812	-758	54
		-442	-942	-821	-766	55
		-448	-951	-835	-779	56
Prismática AS-AL-1.5-3	1.50%	-454	-952	-840	-793	47
		-461	-961	-853	-805	48
		-469	-974	-868	-819	49
Prismática AS-AL-2.5-1	2.50%	-510	-1021	-893	-853	40
		-522	-1030	-905	-864	41
		-534	-1041	-912	-870	42
Prismática AS-AL-2.5-2	2.50%	-541	-1053	-921	-888	33
		-553	-1064	-933	-899	34
		-567	-1076	-947	-912	35
Prismática AS-AL-2.5-3	2.50%	-579	-1082	-952	-928	24
		-588	-1094	-963	-938	25
		-596	-1107	-979	-953	26

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 68 Ánodos de sacrificio zinc semana 1

ANODOS DE SACRIFICIO ZINC						
Semana 1						
Ítem	% NaCl	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.00%	-191	-952	-714	-583	131
		-185	-940	-702	-570	132
		-196	-963	-721	-591	130
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.00%	-203	-974	-732	-608	124
		-188	-945	-707	-582	125
		-209	-986	-742	-616	126
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.00%	-182	-933	-695	-572	123
		-194	-955	-718	-596	122
		-201	-968	-734	-614	120
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.50%	-321	-1002	-804	-684	120
		-334	-1025	-816	-695	121
		-315	-998	-792	-673	119
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.50%	-342	-1034	-821	-704	117
		-327	-1016	-808	-690	118
		-338	-1022	-812	-696	116
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.50%	-319	-995	-785	-672	113
		-323	-1004	-796	-682	114
		-330	-1012	-802	-690	112
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.50%	-451	-1072	-884	-776	108
		-462	-1085	-897	-788	109
		-444	-1060	-872	-765	107
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.50%	-468	-1094	-902	-795	107
		-455	-1078	-888	-780	108
		-473	-1106	-914	-808	106
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.50%	-441	-1055	-868	-762	106
		-460	-1082	-892	-787	105
		-479	-1115	-923	-819	104
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.50%	-552	-1124	-956	-854	102
		-563	-1138	-971	-868	103
		-544	-1115	-948	-847	101
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.50%	-575	-1142	-985	-884	101
		-558	-1130	-964	-862	102
		-581	-1154	-992	-892	100
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.50%	-566	-1136	-972	-871	101
		-572	-1145	-981	-881	100
		-589	-1168	-1004	-904	100

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 69 Ánodos de sacrificio zinc semana 2

ANODOS DE SACRIFICIO ZINC						
Semana 2						
Ítem	Probeta	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.00%	-191	-964	-726	-591	135
		-185	-955	-718	-580	138
		-196	-972	-735	-602	133
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.00%	-203	-988	-749	-622	127
		-188	-960	-724	-594	130
		-209	-1002	-761	-630	131
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.00%	-182	-948	-712	-583	129
		-194	-971	-732	-604	128
		-201	-983	-747	-621	126
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.50%	-321	-1024	-832	-708	124
		-334	-1041	-848	-723	125
		-315	-1018	-819	-696	123
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.50%	-342	-1055	-862	-741	121
		-327	-1030	-839	-717	122
		-338	-1048	-855	-735	120
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.50%	-319	-1015	-808	-691	117
		-323	-1026	-821	-703	118
		-330	-1035	-833	-717	116
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.50%	-451	-1088	-912	-800	112
		-462	-1104	-928	-815	113
		-444	-1077	-895	-784	111
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.50%	-468	-1112	-936	-825	111
		-455	-1093	-918	-806	112
		-473	-1125	-947	-837	110
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.50%	-441	-1071	-889	-779	110
		-460	-1099	-921	-812	109
		-479	-1134	-958	-850	108
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.50%	-552	-1142	-978	-874	104
		-563	-1157	-995	-890	105
		-544	-1131	-964	-861	103
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.50%	-575	-1168	-1009	-906	103
		-558	-1149	-986	-882	104
		-581	-1176	-1018	-916	102
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.50%	-566	-1154	-991	-888	103
		-572	-1164	-1002	-900	102
		-589	-1182	-1023	-921	102

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70 Ánodos de sacrificio zinc semana 3

ANODOS DE SACRIFICIO ZINC						
Semana 3						
Ítem	Probeta	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.00%	-191	-975	-738	-599	139
		-185	-963	-727	-585	142
		-196	-982	-746	-608	138
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.00%	-203	-994	-759	-628	131
		-188	-970	-735	-601	134
		-209	-1014	-773	-638	135
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.00%	-182	-958	-723	-591	132
		-194	-981	-742	-611	131
		-201	-992	-754	-625	129
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.50%	-321	-1035	-845	-718	127
		-334	-1050	-861	-733	128
		-315	-1026	-833	-707	126
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.50%	-342	-1067	-874	-750	124
		-327	-1041	-849	-724	125
		-338	-1059	-866	-743	123
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.50%	-319	-1023	-818	-698	120
		-323	-1034	-832	-711	121
		-330	-1042	-844	-725	119
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.50%	-451	-1099	-925	-810	115
		-462	-1116	-942	-826	116
		-444	-1086	-908	-794	114
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.50%	-468	-1124	-950	-836	114
		-455	-1104	-929	-814	115
		-473	-1138	-961	-848	113
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.50%	-441	-1081	-902	-789	113
		-460	-1109	-933	-821	112
		-479	-1145	-971	-860	111
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.50%	-552	-1154	-992	-886	106
		-563	-1170	-1007	-900	107
		-544	-1142	-976	-871	105
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.50%	-575	-1182	-1022	-917	105
		-558	-1161	-998	-892	106
		-581	-1189	-1031	-927	104
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.50%	-566	-1165	-1004	-899	105
		-572	-1176	-1015	-911	104
		-589	-1195	-1035	-931	104

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 71 Ánodos de sacrificio zinc semana 4

ANODOS DE SACRIFICIO ZINC						
Semana 4						
Ítem	Probeta	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.00%	-191	-982	-745	-601	144
		-185	-970	-734	-587	147
		-196	-991	-753	-610	143
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.00%	-203	-1005	-768	-632	136
		-188	-977	-741	-602	139
		-209	-1026	-785	-645	140
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.00%	-182	-964	-730	-594	136
		-194	-989	-750	-615	135
		-201	-1001	-762	-630	132
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.50%	-321	-1044	-856	-725	131
		-334	-1062	-874	-742	132
		-315	-1035	-842	-712	130
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.50%	-342	-1078	-886	-758	128
		-327	-1050	-859	-730	129
		-338	-1071	-879	-752	127
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.50%	-319	-1031	-828	-705	123
		-323	-1046	-845	-720	125
		-330	-1052	-855	-734	121
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.50%	-451	-1110	-938	-819	119
		-462	-1128	-955	-835	120
		-444	-1095	-921	-803	118
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.50%	-468	-1137	-964	-846	118
		-455	-1116	-942	-823	119
		-473	-1152	-977	-860	117
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.50%	-441	-1090	-913	-796	117
		-460	-1121	-947	-831	116
		-479	-1159	-985	-870	115
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.50%	-552	-1168	-1008	-899	109
		-563	-1184	-1023	-913	110
		-544	-1155	-989	-881	108
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.50%	-575	-1197	-1037	-929	108
		-558	-1175	-1014	-905	109
		-581	-1205	-1048	-941	107
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.50%	-566	-1179	-1019	-911	108
		-572	-1190	-1030	-923	107
		-589	-1211	-1052	-945	107

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 72 Ánodos de sacrificio zinc semana 5

ANODOS DE SACRIFICIO ZINC						
Semana 5						
Ítem	Probeta	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.00%	-191	-990	-752	-605	147
		-185	-978	-741	-591	150
		-196	-1001	-760	-614	146
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.00%	-203	-1016	-776	-637	139
		-188	-985	-749	-607	142
		-209	-1038	-793	-650	143
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.00%	-182	-971	-738	-598	140
		-194	-997	-758	-619	139
		-201	-1010	-771	-635	136
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.50%	-321	-1055	-865	-731	134
		-334	-1072	-882	-747	135
		-315	-1044	-850	-717	133
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.50%	-342	-1089	-897	-766	131
		-327	-1061	-868	-736	132
		-338	-1080	-888	-758	130
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.50%	-319	-1040	-837	-711	126
		-323	-1056	-854	-727	127
		-330	-1063	-865	-741	124
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.50%	-451	-1122	-949	-827	122
		-462	-1138	-965	-842	123
		-444	-1106	-931	-810	121
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.50%	-468	-1149	-975	-854	121
		-455	-1128	-952	-830	122
		-473	-1164	-988	-868	120
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.50%	-441	-1101	-923	-803	120
		-460	-1133	-958	-839	119
		-479	-1172	-997	-879	118
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.50%	-552	-1181	-1022	-910	112
		-563	-1198	-1037	-925	112
		-544	-1169	-1002	-891	111
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.50%	-575	-1211	-1051	-940	111
		-558	-1189	-1028	-916	112
		-581	-1220	-1062	-953	109
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.50%	-566	-1193	-1033	-923	110
		-572	-1205	-1044	-935	109
		-589	-1226	-1067	-958	109

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 73 Ánodos de sacrificio zinc semana 6

ANODOS DE SACRIFICIO ZINC						
Semana 6						
Ítem	Probeta	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.00%	-191	-998	-759	-609	150
		-185	-986	-748	-595	153
		-196	-1010	-767	-618	149
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.00%	-203	-1025	-784	-642	142
		-188	-992	-756	-611	145
		-209	-1047	-801	-655	146
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.00%	-182	-979	-745	-602	143
		-194	-1004	-765	-623	142
		-201	-1018	-779	-640	139
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.50%	-321	-1064	-874	-737	137
		-334	-1081	-891	-753	138
		-315	-1053	-858	-722	136
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.50%	-342	-1097	-906	-772	134
		-327	-1070	-877	-742	135
		-338	-1088	-896	-763	133
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.50%	-319	-1049	-845	-716	129
		-323	-1065	-862	-732	130
		-330	-1072	-874	-747	127
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.50%	-451	-1131	-959	-834	125
		-462	-1147	-975	-849	126
		-444	-1115	-940	-816	124
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.50%	-468	-1158	-984	-860	124
		-455	-1137	-961	-836	125
		-473	-1172	-997	-874	123
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.50%	-441	-1110	-932	-809	123
		-460	-1142	-967	-845	122
		-479	-1181	-1006	-885	121
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.50%	-552	-1190	-1031	-916	115
		-563	-1207	-1046	-931	115
		-544	-1178	-1011	-897	114
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.50%	-575	-1220	-1060	-946	114
		-558	-1198	-1037	-922	115
		-581	-1229	-1071	-959	112
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.50%	-566	-1202	-1042	-929	113
		-572	-1214	-1053	-941	112
		-589	-1235	-1076	-964	112

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 74 Ánodos de sacrificio zinc semana 7

ANODOS DE SACRIFICIO ZINC						
Semana 7						
Ítem	Probeta	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.00%	-191	-1005	-764	-611	153
		-185	-992	-755	-598	157
		-196	-1018	-772	-620	152
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.00%	-203	-1033	-790	-645	145
		-188	-1001	-761	-613	148
		-209	-1055	-808	-659	149
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.00%	-182	-988	-750	-604	146
		-194	-1012	-773	-628	145
		-201	-1026	-785	-643	142
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.50%	-321	-1072	-880	-740	140
		-334	-1091	-897	-756	141
		-315	-1061	-865	-726	139
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.50%	-342	-1105	-913	-776	137
		-327	-1078	-884	-746	138
		-338	-1096	-902	-766	136
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.50%	-319	-1058	-851	-719	132
		-323	-1074	-868	-735	133
		-330	-1081	-880	-750	130
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.50%	-451	-1140	-965	-837	128
		-462	-1156	-982	-853	129
		-444	-1124	-947	-820	127
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.50%	-468	-1167	-991	-864	127
		-455	-1146	-968	-840	128
		-473	-1181	-1004	-878	126
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.50%	-441	-1119	-939	-813	126
		-460	-1151	-974	-849	125
		-479	-1190	-1012	-888	124
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.50%	-552	-1201	-1039	-921	118
		-563	-1218	-1054	-936	118
		-544	-1189	-1019	-902	117
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.50%	-575	-1231	-1068	-951	117
		-558	-1209	-1045	-927	118
		-581	-1240	-1079	-964	115
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.50%	-566	-1213	-1050	-934	116
		-572	-1225	-1061	-946	115
		-589	-1246	-1084	-969	115

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 75 Ánodos de sacrificio zinc semana 8

ANODOS DE SACRIFICIO ZINC						
Semana 8						
Ítem	Acero	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.00%	-191	-1012	-770	-614	156
		-185	-999	-761	-601	160
		-196	-1025	-779	-624	155
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.00%	-203	-1041	-797	-649	148
		-188	-1008	-767	-616	151
		-209	-1063	-815	-663	152
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.00%	-182	-996	-756	-607	149
		-194	-1020	-780	-632	148
		-201	-1034	-791	-646	145
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.50%	-321	-1080	-886	-743	143
		-334	-1102	-904	-759	145
		-315	-1071	-872	-730	142
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.50%	-342	-1116	-921	-781	140
		-327	-1089	-892	-751	141
		-338	-1107	-910	-771	139
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.50%	-319	-1068	-858	-724	134
		-323	-1083	-875	-739	136
		-330	-1092	-888	-755	133
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.50%	-451	-1151	-972	-841	131
		-462	-1167	-989	-857	132
		-444	-1135	-954	-824	130
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.50%	-468	-1178	-998	-868	130
		-455	-1157	-975	-844	131
		-473	-1192	-1011	-883	128
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.50%	-441	-1128	-946	-818	128
		-460	-1162	-981	-854	127
		-479	-1201	-1019	-893	126
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.50%	-552	-1212	-1047	-926	121
		-563	-1229	-1062	-941	121
		-544	-1200	-1027	-907	120
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.50%	-575	-1243	-1077	-957	120
		-558	-1221	-1054	-933	121
		-581	-1252	-1088	-971	117
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.50%	-566	-1224	-1058	-940	118
		-572	-1236	-1069	-952	117
		-589	-1257	-1092	-975	117

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 76 Ánodos de sacrificio zinc semana 9

ANODOS DE SACRIFICIO ZINC						
Semana 9						
Ítem	Acero	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.00%	-191	-1018	-776	-618	158
		-185	-1005	-767	-605	162
		-196	-1031	-785	-628	157
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.00%	-203	-1047	-803	-653	150
		-188	-1014	-773	-620	153
		-209	-1069	-821	-669	152
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.00%	-182	-1002	-762	-611	151
		-194	-1026	-786	-636	150
		-201	-1040	-797	-650	147
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.50%	-321	-1086	-892	-747	145
		-334	-1108	-910	-763	147
		-315	-1077	-878	-734	144
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.50%	-342	-1122	-927	-785	142
		-327	-1095	-898	-755	143
		-338	-1113	-916	-775	141
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.50%	-319	-1074	-864	-728	136
		-323	-1089	-881	-743	138
		-330	-1098	-894	-759	135
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.50%	-451	-1157	-978	-845	133
		-462	-1173	-995	-861	134
		-444	-1141	-960	-828	132
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.50%	-468	-1184	-1004	-872	132
		-455	-1163	-981	-848	133
		-473	-1198	-1017	-887	130
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.50%	-441	-1134	-952	-822	130
		-460	-1168	-987	-858	129
		-479	-1207	-1025	-897	128
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.50%	-552	-1218	-1053	-930	123
		-563	-1235	-1068	-945	123
		-544	-1206	-1033	-911	122
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.50%	-575	-1249	-1083	-961	122
		-558	-1227	-1060	-937	123
		-581	-1258	-1094	-975	119
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.50%	-566	-1230	-1064	-944	120
		-572	-1242	-1075	-956	119
		-589	-1263	-1098	-979	119

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77 Ánodos de sacrificio zinc semana 10

ANODOS DE SACRIFICIO ZINC						
Semana 10						
Ítem	Acero	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.00%	-191	-1025	-782	-621	161
		-185	-1012	-773	-608	165
		-196	-1038	-791	-631	160
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.00%	-203	-1054	-809	-656	153
		-188	-1021	-779	-623	156
		-209	-1076	-827	-672	155
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.00%	-182	-1009	-768	-614	154
		-194	-1033	-792	-639	153
		-201	-1047	-803	-653	150
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.50%	-321	-1093	-898	-751	147
		-334	-1115	-916	-767	149
		-315	-1084	-884	-738	146
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.50%	-342	-1129	-933	-789	144
		-327	-1102	-904	-759	145
		-338	-1120	-922	-779	143
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.50%	-319	-1081	-870	-732	138
		-323	-1096	-887	-747	140
		-330	-1105	-900	-763	137
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.50%	-451	-1164	-984	-849	135
		-462	-1180	-1001	-865	136
		-444	-1148	-966	-832	134
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.50%	-468	-1191	-1010	-876	134
		-455	-1170	-987	-852	135
		-473	-1205	-1023	-891	132
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.50%	-441	-1141	-958	-826	132
		-460	-1175	-993	-862	131
		-479	-1214	-1031	-901	130
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.50%	-552	-1225	-1059	-934	125
		-563	-1242	-1074	-949	125
		-544	-1213	-1039	-915	124
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.50%	-575	-1256	-1089	-965	124
		-558	-1234	-1066	-941	125
		-581	-1265	-1100	-979	121
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.50%	-566	-1237	-1070	-948	122
		-572	-1249	-1081	-960	121
		-589	-1270	-1104	-983	121

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78 Ánodos de sacrificio zinc semana 11

ANODOS DE SACRIFICIO ZINC						
Semana 11						
Ítem	Acero	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.00%	-191	-1032	-789	-625	164
		-185	-1019	-780	-612	168
		-196	-1045	-798	-635	163
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.00%	-203	-1061	-816	-661	155
		-188	-1028	-786	-627	159
		-209	-1083	-834	-678	156
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.00%	-182	-1016	-775	-619	156
		-194	-1040	-799	-645	154
		-201	-1054	-810	-658	152
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.50%	-321	-1100	-905	-756	149
		-334	-1122	-923	-772	151
		-315	-1091	-891	-743	148
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.50%	-342	-1136	-940	-795	145
		-327	-1109	-911	-765	146
		-338	-1127	-929	-785	144
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.50%	-319	-1088	-877	-737	140
		-323	-1103	-894	-753	141
		-330	-1112	-907	-769	138
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.50%	-451	-1171	-991	-854	137
		-462	-1187	-1008	-870	138
		-444	-1155	-973	-837	136
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.50%	-468	-1198	-1017	-881	136
		-455	-1177	-994	-857	137
		-473	-1212	-1030	-896	134
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.50%	-441	-1148	-965	-831	134
		-460	-1182	-1000	-867	133
		-479	-1221	-1038	-906	132
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.50%	-552	-1232	-1066	-939	127
		-563	-1249	-1081	-954	127
		-544	-1220	-1046	-920	126
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.50%	-575	-1263	-1096	-970	126
		-558	-1241	-1073	-946	127
		-581	-1272	-1107	-984	123
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.50%	-566	-1244	-1077	-953	124
		-572	-1256	-1088	-965	123
		-589	-1277	-1111	-988	123

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 79 Ánodos de sacrificio zinc semana 12

ANODOS DE SACRIFICIO ZINC						
Semana 12						
Ítem	Acero	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.00%	-191	-1040	-795	-628	167
		-185	-1027	-786	-615	171
		-196	-1052	-804	-638	166
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.00%	-203	-1069	-823	-665	158
		-188	-1035	-792	-630	162
		-209	-1091	-841	-683	158
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.00%	-182	-1023	-781	-622	159
		-194	-1048	-805	-648	157
		-201	-1062	-817	-662	155
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.50%	-321	-1109	-913	-761	152
		-334	-1130	-931	-777	154
		-315	-1100	-899	-748	151
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.50%	-342	-1144	-947	-801	146
		-327	-1118	-918	-770	148
		-338	-1135	-937	-790	147
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.50%	-319	-1095	-885	-742	143
		-323	-1112	-902	-758	144
		-330	-1120	-914	-773	141
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.50%	-451	-1180	-998	-858	140
		-462	-1195	-1015	-874	141
		-444	-1164	-980	-841	139
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.50%	-468	-1206	-1025	-886	139
		-455	-1186	-1001	-861	140
		-473	-1221	-1038	-902	136
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.50%	-441	-1156	-972	-836	136
		-460	-1190	-1007	-871	136
		-479	-1230	-1046	-912	134
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.50%	-552	-1241	-1074	-945	129
		-563	-1257	-1089	-960	129
		-544	-1229	-1055	-926	129
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.50%	-575	-1271	-1104	-976	128
		-558	-1250	-1082	-952	130
		-581	-1281	-1115	-990	125
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.50%	-566	-1253	-1085	-959	126
		-572	-1264	-1096	-971	125
		-589	-1286	-1119	-993	126

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 80 Ánodos de sacrificio zinc semana 13

ANODOS DE SACRIFICIO ZINC						
Semana 13						
Ítem	Acero	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.00%	-191	-1048	-802	-632	170
		-185	-1034	-793	-620	173
		-196	-1059	-811	-642	169
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.00%	-203	-1077	-830	-668	162
		-188	-1042	-799	-634	165
		-209	-1101	-848	-686	162
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.00%	-182	-1030	-788	-625	163
		-194	-1055	-812	-651	161
		-201	-1071	-824	-666	158
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.50%	-321	-1118	-921	-766	155
		-334	-1141	-939	-782	157
		-315	-1109	-907	-753	154
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.50%	-342	-1154	-955	-806	149
		-327	-1128	-926	-775	151
		-338	-1144	-945	-795	150
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.50%	-319	-1105	-893	-747	146
		-323	-1122	-910	-764	146
		-330	-1130	-921	-778	143
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.50%	-451	-1191	-1006	-863	143
		-462	-1207	-1023	-879	144
		-444	-1175	-988	-846	142
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.50%	-468	-1218	-1034	-892	142
		-455	-1197	-1010	-867	143
		-473	-1232	-1047	-908	139
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.50%	-441	-1167	-980	-841	139
		-460	-1201	-1016	-877	139
		-479	-1241	-1055	-918	137
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.50%	-552	-1253	-1083	-951	132
		-563	-1271	-1098	-966	132
		-544	-1241	-1064	-932	132
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.50%	-575	-1284	-1114	-982	132
		-558	-1262	-1091	-958	133
		-581	-1294	-1124	-996	128
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.50%	-566	-1266	-1094	-965	129
		-572	-1278	-1105	-977	128
		-589	-1300	-1128	-999	129

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 81 Ánodos de sacrificio zinc semana 14

ANODOS DE SACRIFICIO ZINC						
Semana 14						
Ítem	Acero	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.00%	-191	-1054	-808	-635	173
		-185	-1041	-799	-623	176
		-196	-1066	-818	-646	172
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.00%	-203	-1084	-837	-672	165
		-188	-1049	-806	-638	168
		-209	-1108	-855	-690	165
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.00%	-182	-1037	-795	-629	166
		-194	-1062	-819	-655	164
		-201	-1078	-831	-670	161
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.50%	-321	-1125	-928	-771	157
		-334	-1148	-946	-787	159
		-315	-1116	-914	-758	156
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.50%	-342	-1161	-962	-811	151
		-327	-1135	-933	-780	153
		-338	-1151	-952	-800	152
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.50%	-319	-1112	-900	-752	148
		-323	-1129	-917	-769	148
		-330	-1137	-928	-783	145
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.50%	-451	-1198	-1013	-867	146
		-462	-1214	-1030	-883	147
		-444	-1182	-995	-851	144
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.50%	-468	-1225	-1041	-897	144
		-455	-1204	-1017	-872	145
		-473	-1239	-1054	-913	141
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.50%	-441	-1174	-987	-846	141
		-460	-1208	-1023	-882	141
		-479	-1248	-1062	-923	139
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.50%	-552	-1260	-1090	-956	134
		-563	-1278	-1105	-971	134
		-544	-1248	-1071	-937	134
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.50%	-575	-1291	-1121	-987	134
		-558	-1269	-1098	-963	135
		-581	-1301	-1131	-1001	130
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.50%	-566	-1273	-1101	-970	131
		-572	-1285	-1112	-982	130
		-589	-1307	-1135	-1004	131

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 82 Ánodos de sacrificio zinc semana 15

ANODOS DE SACRIFICIO ZINC						
Semana 15						
Ítem	Acero	Potencial inicial	Potencial ON	Instant OFF	24 h	ΔE
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.00%	-191	-1061	-812	-637	175
		-185	-1048	-804	-626	178
		-196	-1073	-823	-649	174
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.00%	-203	-1091	-842	-675	167
		-188	-1056	-811	-641	170
		-209	-1115	-860	-693	167
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.00%	-182	-1044	-800	-632	168
		-194	-1069	-824	-658	166
		-201	-1085	-836	-673	163
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.50%	-321	-1132	-933	-774	159
		-334	-1155	-951	-790	161
		-315	-1123	-919	-761	158
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.50%	-342	-1168	-967	-814	153
		-327	-1142	-938	-783	155
		-338	-1158	-957	-803	154
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.50%	-319	-1119	-905	-755	150
		-323	-1136	-922	-772	150
		-330	-1144	-933	-786	147
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.50%	-451	-1205	-1018	-870	148
		-462	-1221	-1035	-886	149
		-444	-1189	-1000	-854	146
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.50%	-468	-1232	-1046	-900	146
		-455	-1211	-1022	-875	147
		-473	-1246	-1059	-916	143
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.50%	-441	-1181	-992	-849	143
		-460	-1215	-1028	-885	143
		-479	-1255	-1067	-926	141
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.50%	-552	-1267	-1095	-959	136
		-563	-1285	-1110	-974	136
		-544	-1255	-1076	-940	136
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.50%	-575	-1298	-1126	-990	136
		-558	-1276	-1103	-966	137
		-581	-1308	-1136	-1004	132
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.50%	-566	-1280	-1106	-973	133
		-572	-1292	-1117	-985	132
		-589	-1314	-1140	-1007	133

Fuente: Elaboración propia.

4.10.4. Resultados de la prueba de despolarización (ΔE) empleando ánodos de Mg, Al y Zn

Tabla 83 Resumen de prueba de polarización (ΔE) obtenidos empleando ánodo de magnesio

Resumen de prueba de polarización (ΔE) obtenidos empleando ánodo de magnesio como indicador del grado de protección catódica.																
Ítem	% NaCl	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
Prismática AS-MG-0.0-1	0.0%	130	125	119	113	109	104	100	97	94	90	86	82	78	74	70
		132	128	125	120	115	111	107	104	101	98	94	90	86	82	78
		131	125	120	115	111	106	101	98	95	91	87	83	79	75	71
Prismática AS-MG-0.0-2	0.0%	132	125	121	115	111	107	103	100	97	93	89	85	81	77	73
		130	126	118	113	109	104	99	96	93	89	85	81	77	73	69
		132	128	125	120	115	111	107	104	101	98	94	90	86	82	78
Prismática AS-MG-0.0-3	0.0%	130	125	124	118	114	109	105	103	100	96	92	88	84	80	76
		132	129	126	122	117	113	109	106	103	99	95	91	87	83	79
		130	125	120	116	112	107	103	98	95	91	87	83	79	75	71
Promedio		131	126	122	117	113	108	104	101	98	94	90	86	82	78	74
Prismática AS-MG-0.5-1	0.5%	135	130	123	118	114	109	104	99	96	92	88	84	80	76	72
		139	136	129	123	118	114	110	106	103	100	96	92	88	84	80
		133	128	119	115	111	106	102	98	93	89	85	81	77	73	69
Prismática AS-MG-0.5-2	0.5%	138	136	128	121	116	112	108	104	100	96	92	88	84	80	76
		135	129	122	116	112	107	103	99	96	92	88	84	80	76	72
		137	130	123	118	113	109	105	101	98	94	90	86	82	78	74
Prismática AS-MG-0.5-3	0.5%	133	128	120	115	111	106	102	98	94	90	86	82	78	74	70
		136	134	126	120	116	111	107	103	100	96	92	88	84	80	76
		134	128	121	118	113	108	104	100	97	93	89	85	81	77	73
Promedio		136	131	123	118	114	109	105	101	97	94	90	86	82	78	74
Prismática AS-MG-1.5-1	1.5%	144	138	129	123	118	113	107	102	98	94	90	86	82	78	74
		140	137	128	124	119	115	111	107	103	99	95	91	87	83	79
		139	135	127	122	117	111	106	101	97	93	89	85	81	77	73
Prismática AS-MG-1.5-2	1.5%	144	138	130	126	121	116	111	108	104	100	96	92	88	84	80
		140	134	129	124	120	116	112	109	105	101	97	93	89	85	81
		141	136	128	123	118	113	108	103	99	95	91	87	83	79	75
Prismática AS-MG-1.5-3	1.5%	141	134	129	124	119	114	110	106	102	98	94	90	86	82	78
		140	136	128	124	119	115	111	108	104	100	96	92	88	84	80
		141	135	127	122	118	112	107	102	98	94	90	86	82	78	74
Promedio		141	136	128	124	119	114	109	105	101	97	93	89	85	81	77
Prismática AS-MG-2.5-1	2.5%	149	142	135	130	125	120	114	109	105	101	97	93	89	85	81
		146	141	134	129	124	120	116	112	108	104	100	96	92	88	84
		142	136	131	127	122	117	111	106	102	98	94	90	86	82	78
Prismática AS-MG-2.5-2	2.5%	144	140	132	126	121	117	113	109	105	101	97	93	89	85	81
		145	140	134	129	125	121	116	111	107	103	99	95	91	87	83
		145	138	132	128	123	118	114	109	105	101	97	93	89	85	81
Prismática AS-MG-2.5-3	2.5%	146	142	134	128	124	120	116	112	108	104	100	96	92	88	84
		145	138	134	128	124	120	115	109	105	101	97	93	89	85	81
		146	143	136	131	126	121	117	113	109	105	101	97	93	89	85
Promedio		145	140	134	128	124	119	115	110	106	102	98	94	90	86	82

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 84 Resumen de prueba de polarización (ΔE) obtenidos empleando ánodo de aluminio

Resumen de prueba de polarización (ΔE) obtenidos empleando ánodo de aluminio como indicador del grado de protección catódica.																
Ítem	% NaCl	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
Prismática AS-AL-0.0-1	0.0%	192	192	192	194	195	194	192	191	189	181	181	172	161	151	141
		186	188	187	192	193	192	188	188	186	182	182	171	162	152	142
		187	191	190	190	191	190	190	193	187	189	183	170	163	153	143
Prismática AS-AL-0.0-2	0.0%	186	189	189	186	187	186	185	187	183	183	174	169	154	144	134
		186	189	189	187	188	187	187	184	185	185	175	168	155	145	135
		189	187	188	185	186	185	183	186	182	184	176	167	156	146	136
Prismática AS-AL-0.0-3	0.0%	181	182	184	182	183	182	182	182	180	177	177	166	147	137	127
		184	186	186	184	185	184	184	185	182	180	178	165	148	138	128
		183	184	186	186	187	186	186	180	178	176	179	164	149	139	129
Promedio		186	188	188	187	188	187	186	186	184	182	178	168	155	145	135
Prismática AS-AL-0.5-1	0.5%	151	152	152	154	155	154	152	152	149	141	140	133	110	100	90
		152	153	154	154	155	154	154	151	147	142	141	132	111	101	91
		154	155	155	156	157	156	155	153	145	143	142	131	112	102	92
Prismática AS-AL-0.5-2	0.5%	147	148	147	147	148	147	147	146	143	135	133	120	99	89	79
		147	148	148	148	149	148	148	147	141	134	134	119	98	88	78
		145	146	146	145	146	145	146	145	139	130	135	118	97	87	77
Prismática AS-AL-0.5-3	0.5%	148	149	149	149	150	149	149	149	139	129	126	107	88	78	68
		148	149	148	148	149	148	148	149	137	128	127	106	89	79	69
		147	148	148	147	148	147	148	148	135	127	128	105	90	80	70
Promedio		149	150	150	150	151	150	150	149	142	134	134	119	99	89	79
Prismática AS-AL-1.5-1	1.5%	123	124	124	122	123	122	121	123	119	111	99	94	81	71	61
		122	123	123	121	122	121	123	122	117	111	100	93	82	72	62
		123	124	124	123	124	123	124	121	115	112	101	92	83	73	63
Prismática AS-AL-1.5-2	1.5%	119	120	120	121	122	121	120	120	113	105	92	81	74	64	54
		117	118	117	116	117	116	117	119	111	104	93	80	75	65	55
		117	118	117	116	117	116	117	117	109	103	94	79	76	66	56
Prismática AS-AL-1.5-3	1.5%	118	119	118	117	118	117	118	117	107	102	85	78	67	57	47
		119	120	120	117	118	117	120	119	105	101	86	77	68	58	48
		118	119	118	118	119	118	118	118	103	100	87	76	69	59	49
Promedio		120	121	120	119	120	119	120	120	111	105	93	83	75	65	55
Prismática AS-AL-2.5-1	2.5%	103	104	103	103	104	103	103	103	101	100	80	65	60	50	40
		103	104	103	103	104	103	103	103	101	99	81	64	61	51	41
		101	102	101	101	102	101	101	102	100	98	82	63	62	52	42
Prismática AS-AL-2.5-2	2.5%	102	103	102	101	102	101	102	101	100	99	73	52	53	43	33
		104	105	104	104	105	104	104	104	102	101	74	51	54	44	34
		102	103	102	102	103	102	102	100	100	100	75	50	55	45	35
Prismática AS-AL-2.5-3	2.5%	101	102	101	101	102	101	101	101	100	99	66	41	44	34	24
		101	102	101	101	102	101	101	101	100	98	67	40	45	35	25
		101	102	101	101	102	101	101	100	100	100	68	39	46	36	26
Promedio		102	103	102	102	103	102	102	102	100	99	74	52	53	43	33

Fuente: Elaboración propia.

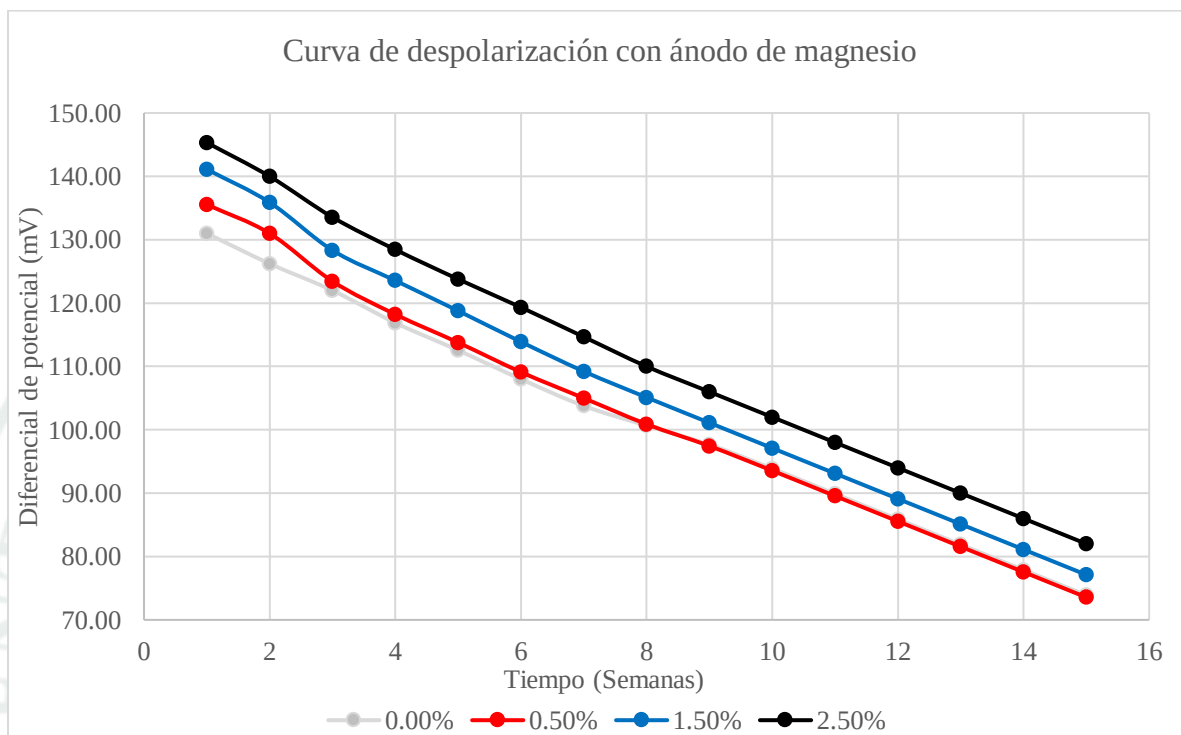
Tabla 85 Resumen de prueba de polarización (ΔE) obtenidos empleando ánodo de zinc

Resumen de prueba de polarización (ΔE) obtenidos empleando ánodo de zinc como indicador del grado de protección catódica.																
Ítem	% NaCl	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.0%	131	135	139	144	147	150	153	156	158	161	164	167	170	173	175
		132	138	142	147	150	153	157	160	162	165	168	171	173	176	178
		130	133	138	143	146	149	152	155	157	160	163	166	169	172	174
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.0%	124	127	131	136	139	142	145	148	150	153	155	158	162	165	167
		125	130	134	139	142	145	148	151	153	156	159	162	165	168	170
		126	131	135	140	143	146	149	152	152	155	156	158	162	165	167
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.0%	123	129	132	136	140	143	146	149	151	154	156	159	163	166	168
		122	128	131	135	139	142	145	148	150	153	154	157	161	164	166
		120	126	129	132	136	139	142	145	147	150	152	155	158	161	163
Promedio		126	131	135	139	142	145	149	152	153	156	159	161	165	168	170
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.5%	120	124	127	131	134	137	140	143	145	147	149	152	155	157	159
		121	125	128	132	135	138	141	145	147	149	151	154	157	159	161
		119	123	126	130	133	136	139	142	144	146	148	151	154	156	158
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.5%	117	121	124	128	131	134	137	140	142	144	145	146	149	151	153
		118	122	125	129	132	135	138	141	143	145	146	148	151	153	155
		116	120	123	127	130	133	136	139	141	143	144	147	150	152	154
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.5%	113	117	120	123	126	129	132	134	136	138	140	143	146	148	150
		114	118	121	125	127	130	133	136	138	140	141	144	146	148	150
		112	116	119	121	124	127	130	133	135	137	138	141	143	145	147
Promedio		117	121	124	127	130	133	136	139	141	143	145	147	150	152	154
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.5%	108	112	115	119	122	125	128	131	133	135	137	140	143	146	148
		109	113	116	120	123	126	129	132	134	136	138	141	144	147	149
		107	111	114	118	121	124	127	130	132	134	136	139	142	144	146
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.5%	107	111	114	118	121	124	127	130	132	134	136	139	142	144	146
		108	112	115	119	122	125	128	131	133	135	137	140	143	145	147
		106	110	113	117	120	123	126	128	130	132	134	136	139	141	143
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.5%	106	110	113	117	120	123	126	128	130	132	134	136	139	141	143
		105	109	112	116	119	122	125	127	129	131	133	136	139	141	143
		104	108	111	115	118	121	124	126	128	130	132	134	137	139	141
Promedio		107	111	114	118	121	124	127	129	131	133	135	138	141	143	145
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.5%	102	104	106	109	112	115	118	121	123	125	127	129	132	134	136
		103	105	107	110	112	115	118	121	123	125	127	129	132	134	136
		101	103	105	108	111	114	117	120	122	124	126	129	132	134	136
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.5%	101	103	105	108	111	114	117	120	122	124	126	128	132	134	136
		102	104	106	109	112	115	118	121	123	125	127	130	133	135	137
		100	102	104	107	109	112	115	117	119	121	123	125	128	130	132
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.5%	101	103	105	108	110	113	116	118	120	122	124	126	129	131	133
		100	102	104	107	109	112	115	117	119	121	123	125	128	130	132
		100	102	104	107	109	112	115	117	119	121	123	126	129	131	133
Promedio		101	103	105	108	111	114	117	119	121	123	125	127	131	133	135

Fuente: Elaboración propia.

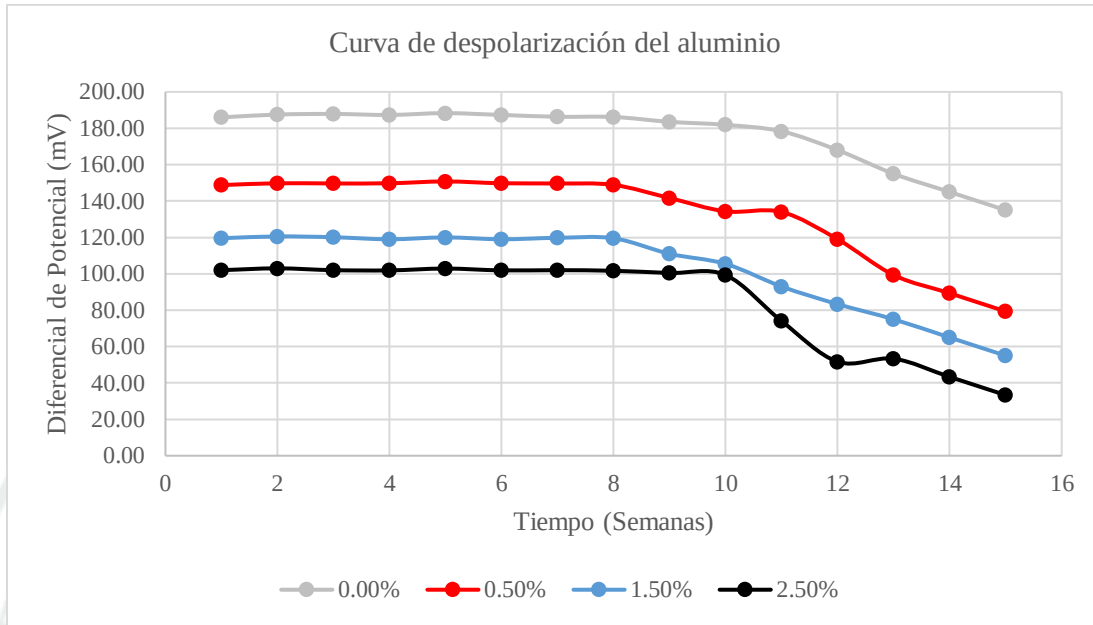
4.10.5. Efectividad de protección catódica por ánodo de sacrificio

Figura 64 Curva de despolarización del magnesio



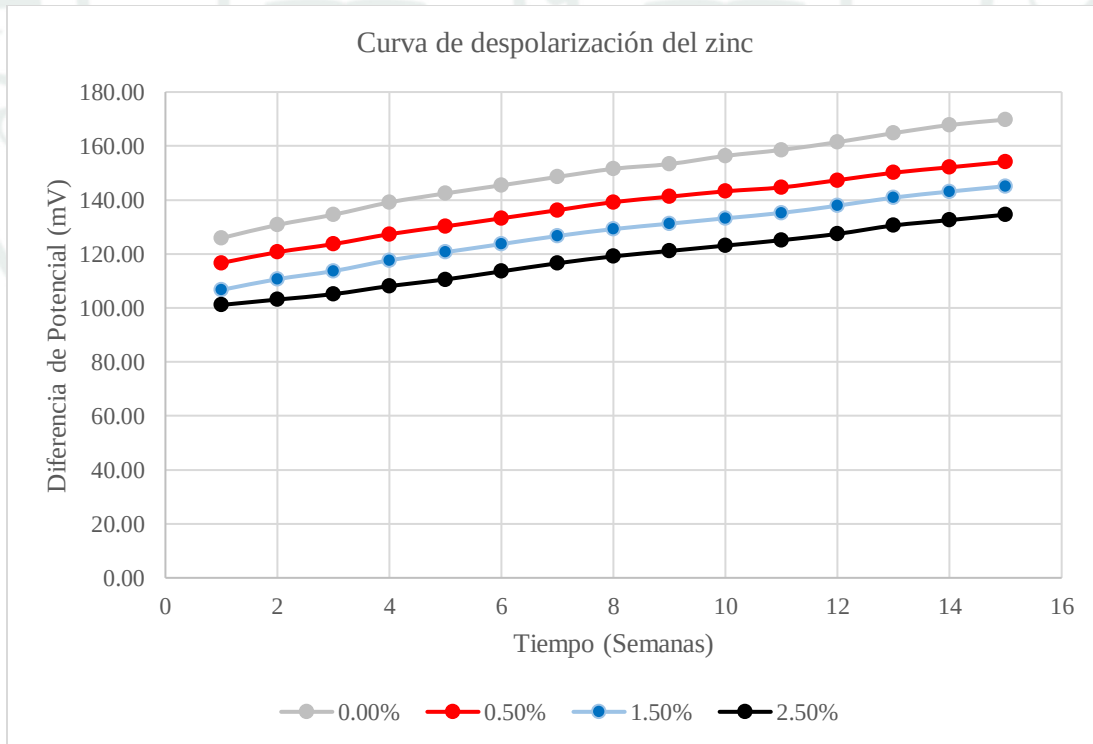
Fuente: Elaboración propia.

Figura 65 Curva de despolarización del aluminio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 66 Curva de despolarización del zinc



Fuente: Elaboración propia.

4.11. Protección catódica por corriente impresa

4.11.1. Diseño de protección por método de corriente impresa

Cálculo del área de exposición de acero a proteger:

Diámetro: $d = 1/2" = 0.0127m$.

Longitud: $L = 8" = 0.2032m$.

Área de exposición: $A = \pi * d * L = \pi * (0.0127) * (0.2032) = 0.0081 m^2$.

Área total: $AT = A * 36 = 0.0081 * 36 = 0.2916 m^2$.

Para el presente estudio, y debido a las condiciones del ambiente marino, se empleó una densidad de corriente de 20 mA/m²; además, es un valor común en experimentos de laboratorio, debido a que permite alcanzar el criterio de protección requerido.

Corriente total requerida: $I = i * AT = 20 \frac{mA}{m^2} * 0.2916 m^2 = 5.84 mA$.

Tiempo de protección: $TP = 15 * 7 = 105 \text{ días} = 105 * 24 = 2520 h$.

Carga eléctrica requerida: $Q = I * TP = 5.84 mA * 2520 h = 14.7 Ah$.

Ánodo de zinc

En el sistema de corriente impresa, el ánodo de zinc se utilizó únicamente como un material anódico conductor conectado a una fuente de energía externa, actuando como un medio físico para la inyección forzada de corriente hacia el acero corrugado.

Capacidad efectiva

Capacidad efectiva = Capacidad teórica * eficiencia %

$$Ce = 780 Ah/kg \times 90\%$$

$$Ce = 702 Ah/kg$$

Se empleó un sistema de protección catódica por corriente impresa, utilizando una fuente de alimentación externa capaz de suministrar corriente y voltaje controlado, denominada rectificador.

Debido a la dificultad técnica y al costo asociado con la generación y control de corrientes muy bajas como 5.84 mA, se optó por emplear tres niveles de corriente mayores (10, 20 y 50 mA), utilizando fuentes de alimentación de laboratorio con voltajes de 3, 6 y 15 V, respectivamente. Esta elección permitió garantizar la estabilidad del sistema, mejorar el control experimental y simular condiciones más representativas de corrosión en ambientes agresivos.

La selección de dichos voltajes se fundamentó en la Ley de Ohm. El incremento progresivo del voltaje respondió a la necesidad de compensar la caída de potencial óhmico generada en el sistema electroquímico. A mayores densidades de corriente, la resistencia interna del concreto y del electrolito produce mayores pérdidas de energía, por lo que se requiere un mayor potencial externo para mantener la corriente de protección deseada.

Asimismo, los niveles de voltaje seleccionados se encuentran dentro de rangos comúnmente empleados en ensayos de laboratorio de protección catódica sobre concreto armado, donde normalmente se utilizan fuentes de baja tensión continua para compensar la resistividad del concreto y la caída de potencial del sistema.

Diseño 1 (10 mA y 3 V)

- Corriente aplicada: $I = 10\text{mA} = 0.01\text{A}$.
- Densidad de corriente: $i = \frac{I}{AT} = \frac{10\text{ mA}}{0.2916\text{ m}^2} = 34.29\text{ mA/m}^2$. Para garantizar un flujo adecuado de corriente se aplicará un voltaje necesario $V \approx 3\text{V}$.
- Potencia del rectificador: $P = V \times I = 3 \times 0.01 = 0.03\text{ W}$.
- Carga eléctrica requerida: $Q = I \times TP = 10\text{ mA} \times 2520\text{ h} = 25.2\text{ Ah}$.
- Consumo de ánodo: $m_{ZN} = \frac{Q}{Ce} = \frac{25.2\text{ Ah}}{702\text{ Ah/kg}} = 0.03589\text{ kg} = 35.89\text{ g} \approx 36\text{ g}$.

Por motivos de estudio y para facilitar la visualización de los resultados, se mantuvo la masa inicial del ánodo sin modificaciones. Esto permitió observar de manera más clara cómo se fue consumiendo con el paso del tiempo y así se evaluó su comportamiento y desempeño durante el periodo de análisis.

Resumen

- Corriente: 10 mA.

- Voltaje: 3V.
- Densidad de corriente: 34.29 mA/m².
- Consumo de ánodo: 36 g.

Diseño 2 (20mA y 6voltios)

- Corriente aplicada: $I = 20 \text{ mA} = 0.02 \text{ A}$.
- Densidad de corriente: $i = \frac{I}{AT} = \frac{20 \text{ mA}}{0.2916 \text{ m}^2} = 68.59 \frac{\text{mA}}{\text{m}^2}$. Para garantizar un flujo correcto de corriente se aplicará un voltaje necesario $V \approx 6\text{V}$.
- Potencia del rectificador: $P = V * I = 6 * 0.02 = 0.12 \text{ W}$.
- Carga eléctrica requerida: $Q = I * t = 20 \text{ mA} * 2520 \text{ h} = 50.4 \text{ Ah}$.
- Consumo de ánodo: $m_{ZN} = \frac{Q}{Ce} = \frac{50.4 \text{ Ah}}{702 \text{ Ah/kg}} = 0.07179 \text{ kg} = 71.79 \text{ g} \approx 72 \text{ g}$.

Por motivos de estudio y para facilitar la visualización de los resultados, se mantuvo la masa inicial del ánodo sin modificaciones. Esto permitió observar de manera más clara cómo se fue consumiendo con el paso del tiempo y así se evaluó su comportamiento y desempeño durante el periodo de análisis.

Resumen

- Corriente: 20 mA.
- Voltaje: 6V.
- Densidad de corriente: 68.59 mA/m².
- Consumo de ánodo: 72 g.

Diseño 3 (50mA y 15 voltios)

- Corriente aplicada: $I = 50 \text{ mA} = 0.05 \text{ A}$.
- Densidad de corriente: $i = \frac{I}{AT} = \frac{50 \text{ mA}}{0.2916 \text{ m}^2} = 171.47 \text{ mA/m}^2$. Para garantizar un flujo correcto de corriente se aplicará un voltaje necesario $V \approx 15\text{V}$.
- Potencia del rectificador: $P = V * I = 15 * 0.05 = 0.75 \text{ W}$.
- Carga eléctrica requerida: $Q = I * t = 50 \text{ mA} * 2520 \text{ h} = 126 \text{ Ah}$.
- Consumo de ánodo: $m_{ZN} = \frac{126 \text{ Ah}}{702 \text{ Ah/kg}} = 0.1795 \text{ kg} = 179.5 \text{ g} \approx 180 \text{ g}$.

Por motivos de estudio y para facilitar la visualización de los resultados, se mantuvo la masa inicial del ánodo sin modificaciones. Esto permitió observar de manera más clara cómo se fue consumiendo con el paso del tiempo y así se evaluó su comportamiento y desempeño durante el periodo de análisis.

Resumen

- Corriente: 50 mA.
- Voltaje: 15 V.
- Densidad de corriente: 171.47 mA/m².
- Consumo de ánodo: 178 g.

4.11.2. Cálculo de la intensidad de corriente propuesta

En esta sección se describió el diseño e implementación del sistema empleado para suministrar el voltaje y la corriente necesarios a las probetas utilizadas en el presente estudio.

Tabla 86 Parámetros eléctricos de operación

Voltaje	Corriente
3 V	10 mA
6 V	20 mA
15 V	50 mA

Nota. Estos valores fueron definidos considerando los rangos de densidad de corriente recomendados para estudios de corrosión en concreto armado.

Dado que el módulo utilizado opera como una fuente de voltaje constante, se implementó un control de corriente mediante el uso de resistencias conectadas en serie con la carga. Este enfoque permite limitar la corriente que circula por la probeta de acuerdo con la Ley de Ohm (ecuación 28).

$$I = \frac{V}{R} \quad Ec. (28)$$

Para el dimensionamiento de las resistencias se utilizó la fórmula mencionada dando como resultado los valores de resistencias que se integrarán al circuito.

Tabla 87 Parámetros eléctricos calculados

Voltaje (V)	Corriente (mA)	Resistencia (Ω)
3	10	300
6	20	300
15	50	300

Nota. Valores de resistencia calculados mediante la Ley de Ohm para limitar la corriente en el circuito de alimentación. Elaboración propia.

4.11.3. Fabricación rectificadora con amperajes propuestos

Con la finalidad de obtener una mejor disipación de potencia y regular adecuadamente la corriente consumida se consideró, utilizar 4 resistencias comerciales de 47Ω en serie y un potenciómetro para llegar al valor necesario de corriente.

Para garantizar el adecuado funcionamiento del circuito y evitar el sobrecalentamiento de los componentes, se realizaron los cálculos de disipación de potencia en las resistencias y el potenciómetro.

$$P = I^2 \cdot R \quad \text{Ec. (29)}$$

1) Cálculos

- Para las resistencias de 47Ω y 50 mA.

$$P = 0.05^2 * 47 = 0.1175 \text{ W}$$

Valor de disipación a utilizar 0.25 W o 1W

- Para las resistencias de 47Ω y 20 mA.

$$P = 0.02^2 * 47 = 0.0188 \text{ W}$$

Valor de disipación a utilizar 0.25 W o 1 W

- Para las resistencias de 47Ω y 10 mA.

$$P = 0.01^2 * 47 = 0.0047 \text{ W}$$

Valor de disipación a utilizar 0.25 W o 1 W

Según los cálculos realizados se seleccionó resistencias comerciales de $\frac{1}{4}$ W o 1 W, siendo suficientes en todos los casos.

- Cálculo para el potenciómetro

Para el potenciómetro 3 v – 10 mA, se va a realizar el cálculo de sus parámetros eléctricos:

$$I = 0.01 \text{ A}$$

Voltaje en resistencias:

$$V_f = I * R = 0.01 * 188 = 1.88 \text{ V} \quad \text{Ec. (30)}$$

Voltaje en potenciómetro

$$V_{pot} = 3 - 1.88 = 1.12 \text{ V} \quad \text{Ec. (31)}$$

Potencia en potenciómetro

$$P = V * I = 1.12 * 0.01 = 0.0112 \text{ W} \quad \text{Ec. (32)}$$

- Para el potenciómetro 6v – 20mA

$$I = 0.02 \text{ A}$$

Voltaje en resistencias:

$$V_f = I * R = 0.02 * 188 = 3.76 \text{ V}$$

Voltaje en potenciómetro

$$V_{pot} = 6 - 3.76 = 2.24 \text{ V}$$

Potencia en potenciómetro

$$P = V * I = 2.24 * 0.02 = 0.0448 \text{ W}$$

- Para el potenciómetro 15v – 50mA

$$I = 0.05 \text{ A}$$

Voltaje en resistencias:

$$V_f = I \cdot R = 0.05 \cdot 188 = 9.4 \text{ V}$$

Voltaje en potenciómetro

$$V_{pot} = 15 - 9.4 = 5.6 \text{ V}$$

Potencia en potenciómetro

$$P = V \cdot I = 5.6 \cdot 0.05 = 0.28 \text{ W}$$

Los resultados obtenidos garantizan que los componentes seleccionados operan dentro de límites seguros, evitando sobrecalentamiento y asegurando la estabilidad del sistema durante el ensayo y que con un potenciómetro de 1 W resulta suficiente para cubrir los requerimientos eléctricos.

2) Elementos del Circuito

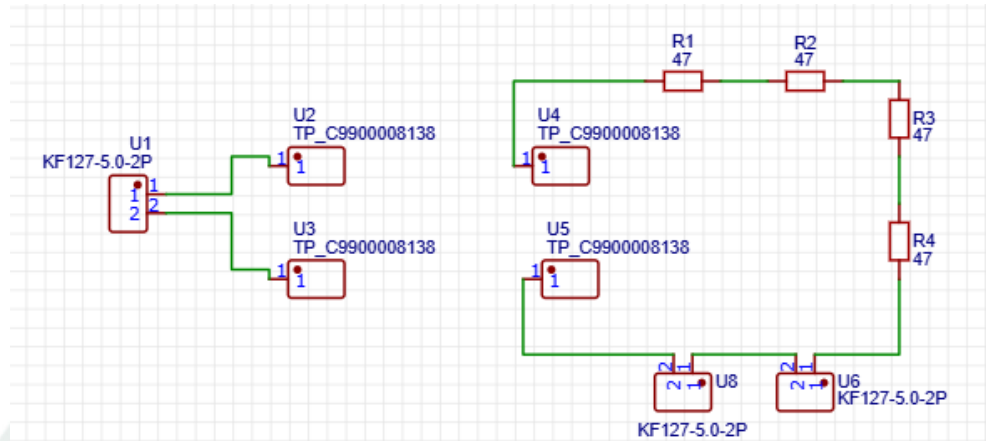
El circuito estuvo compuesto por los siguientes elementos:

- Adaptador AC – DC de 24 V a 2 V.
- Módulo reductor de voltaje LM2596.
- Banco de resistencias en serie.
- Potenciómetro 1k.
- Cuatro resistencias de 47 Ω .

3) Diseño de la Placa

El diseño del circuito se realizó mediante la herramienta de automatización de diseño electrónico EasyEDA, la cual permitió desarrollar el esquemático y el modelo tridimensional del sistema, facilitando su posterior implementación física.

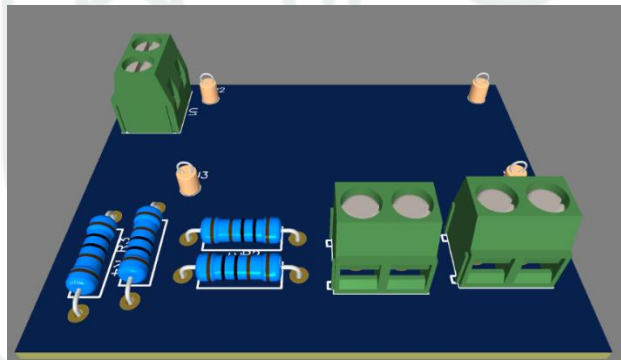
Figura 67 Esquema eléctrico del circuito de control



Nota. Diagrama esquemático del circuito de alimentación y control de corriente diseñado en EasyEDA, que incluye el módulo LM2596, el banco de resistencias y el potenciómetro.

Elaboración propia.

Figura 68 Modelo 3D del circuito de alimentación diseñado para el control de corriente



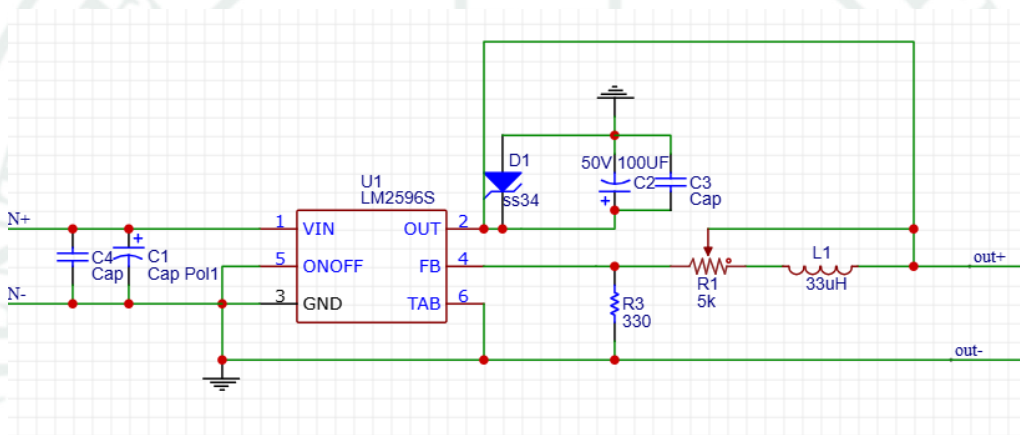
Nota. Representación 3D del circuito de alimentación implementado, incluyendo los elementos de regulación de voltaje y control de corriente, diseñado para su montaje físico en el sistema experimental. Elaboración propia.

4) Módulo LM2596

Es un regulador de voltaje, diseñado para lograr la reducción de voltaje que es suministrado por la entrada, con una frecuencia de conmutación de 150 kHz.

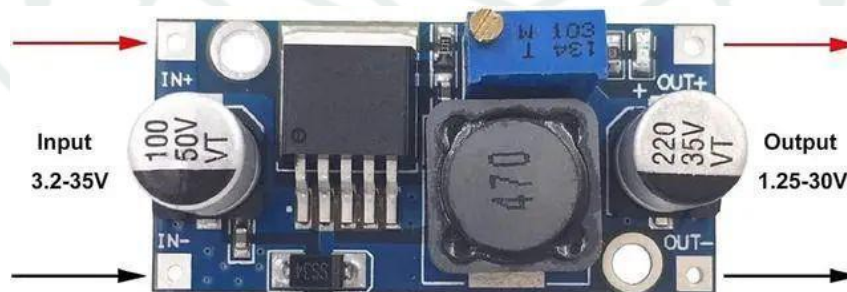
- Rango de voltaje de entrada: 3.2 – 35 V.
- Rango de salida regulable: 1.25 – 30 V.
- Corriente máxima: 3 A.
- Eficiencia máxima: hasta 92 – 96 %.

Figura 69 Esquemático del módulo LM2596



Nota. Diagrama interno del módulo LM2596 utilizado para la regulación del voltaje en el sistema de alimentación. Elaboración propia.

Figura 70 Módulo regulador de voltaje LM2596 utilizado en el sistema de alimentación.



Nota. Módulo regulador de voltaje LM2596, empleado para reducir y ajustar el voltaje de entrada a valores adecuados para el control de corriente en las probetas de concreto. Elaboración propia.

El diseño implementado garantiza un control estable del voltaje y la corriente, permitiendo reproducir condiciones experimentales adecuadas para el estudio de la corrosión en probetas de concreto.

Figura 71 Rectificador



Fuente: Elaboración propia.

4.11.4. Esquema de circuitos diseñado para protección catódica por corriente impresa

Se dispusieron un total de 36 probetas de concreto armado que serán protegidas por este método, las cuales fueron organizadas en tres grupos experimentales, cada uno conformado por 12 probetas. A cada grupo se le aplicaron condiciones electroquímicas diferenciadas, mediante la variación controlada de corriente y voltaje, con el propósito de evaluar el comportamiento del acero embebido bajo distintos niveles de protección o exposición.

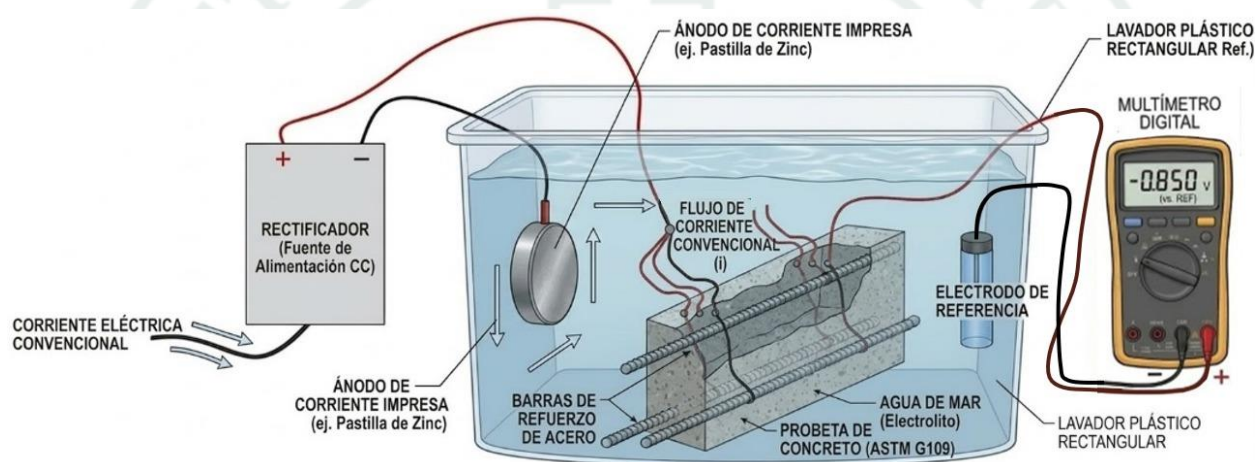
Cada conjunto de probetas fue colocado en recipientes independientes (baldes), los cuales fueron llenados con agua de mar, simulando un ambiente altamente agresivo rico en cloruros, representativo de condiciones marinas reales.

Se instaló un ánodo auxiliar o dispensor (ánodo inerte), eléctricamente conectado al polo positivo del rectificador. Dicho ánodo fue dividido del general, de modo que cada grupo operara

de manera independiente e igual, garantizando un control adecuado de las variables electroquímicas aplicadas.

El objetivo de este esquema experimental fue acelerar los procesos de corrosión y evaluar la eficacia de la protección catódica por corriente impresa bajo condiciones críticas, permitiendo analizar la respuesta del acero en función de la densidad de corriente aplicada y la concentración de agentes agresivos.

Figura 72 Esquema técnico para la medición de potenciales de corrosión en sistemas de corriente impresa



Fuente: Elaboración propia.

4.11.5. Registro de potenciales de corrosión y cuantificación de la despolarización a las 24 horas según normativa para corriente impresa.

Con base en la metodología normativa establecida en la norma ISO 12696 y ASTM C876, los siguientes cuadros consolidan las lecturas de potencial eléctrico recolectadas a lo largo de las 15 semanas de evaluación experimental.

Tabla 88 Corriente impresa C.1 semana 1

CORRIENTE IMPRESA (10mA, 3V)						
Semana 1						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	-147	-593	-548	-511	37
		-163	-612	-566	-528	38
		-151	-607	-559	-520	39
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	-158	-622	-574	-536	38
		-142	-589	-543	-505	38
		-166	-615	-568	-531	37
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	-149	-603	-556	-518	38
		-154	-598	-551	-513	38
		-160	-610	-563	-525	38
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	-247	-695	-648	-596	52
		-263	-712	-664	-613	51
		-251	-705	-658	-606	52
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	-258	-721	-673	-621	52
		-244	-698	-651	-600	51
		-269	-716	-669	-617	52
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	-252	-709	-661	-609	52
		-261	-724	-676	-624	52
		-248	-700	-653	-602	51
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	-397	-798	-751	-684	67
		-412	-815	-768	-700	68
		-404	-822	-775	-707	68
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	-418	-830	-783	-715	68
		-392	-792	-745	-678	67
		-409	-806	-759	-692	67
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	-401	-814	-767	-699	68
		-415	-825	-778	-710	68
		-398	-800	-753	-686	67
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	-497	-898	-851	-760	91
		-512	-915	-868	-777	91
		-504	-922	-875	-784	91
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	-518	-930	-883	-792	91
		-489	-892	-845	-754	91
		-506	-905	-858	-767	91
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	-499	-913	-866	-775	91
		-514	-925	-878	-787	91
		-492	-900	-853	-762	91

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 89 Corriente impresa C.1 semana 2

CORRIENTE IMPRESA (10mA, 3V)						
Semana 2						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	-147	-628	-585	-542	43
		-163	-645	-601	-557	44
		-151	-638	-594	-550	44
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	-158	-652	-608	-564	44
		-142	-622	-579	-536	43
		-166	-648	-604	-560	44
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	-149	-635	-591	-547	44
		-154	-630	-586	-542	44
		-160	-642	-598	-554	44
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	-247	-735	-689	-628	61
		-263	-752	-706	-644	62
		-251	-745	-699	-637	62
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	-258	-760	-714	-652	62
		-244	-738	-692	-631	61
		-269	-755	-709	-647	62
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	-252	-748	-702	-640	62
		-261	-762	-716	-654	62
		-248	-740	-694	-633	61
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	-397	-835	-790	-708	82
		-412	-852	-807	-724	83
		-404	-860	-815	-732	83
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	-418	-868	-823	-740	83
		-392	-828	-783	-701	82
		-409	-842	-797	-715	82
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	-401	-850	-805	-722	83
		-415	-862	-817	-734	83
		-398	-838	-793	-711	82
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	-497	-935	-890	-781	109
		-512	-952	-907	-798	109
		-504	-960	-915	-806	109
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	-518	-968	-923	-814	109
		-489	-930	-885	-776	109
		-506	-942	-897	-788	109
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	-499	-950	-905	-796	109
		-514	-962	-917	-808	109
		-492	-938	-893	-784	109

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 90 Corriente impresa C.1 semana 3

CORRIENTE IMPRESA (10mA, 3V)						
Semana 3						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	-147	-662	-620	-575	45
		-163	-678	-635	-590	45
		-151	-670	-628	-583	45
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	-158	-685	-642	-597	45
		-142	-655	-613	-568	45
		-166	-682	-639	-594	45
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	-149	-668	-626	-581	45
		-154	-660	-618	-573	45
		-160	-675	-632	-587	45
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	-247	-772	-728	-654	74
		-263	-788	-744	-670	74
		-251	-780	-736	-662	74
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	-258	-796	-752	-678	74
		-244	-774	-730	-656	74
		-269	-790	-746	-672	74
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	-252	-784	-740	-666	74
		-261	-798	-754	-680	74
		-248	-776	-732	-658	74
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	-397	-870	-828	-726	102
		-412	-888	-846	-744	102
		-404	-896	-854	-752	102
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	-418	-904	-862	-760	102
		-392	-862	-820	-718	102
		-409	-878	-836	-734	102
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	-401	-886	-844	-742	102
		-415	-898	-856	-754	102
		-398	-872	-830	-728	102
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	-497	-972	-930	-796	134
		-512	-988	-946	-812	134
		-504	-996	-954	-820	134
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	-518	-1004	-962	-828	134
		-489	-964	-922	-788	134
		-506	-978	-936	-802	134
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	-499	-986	-944	-810	134
		-514	-998	-956	-822	134
		-492	-974	-932	-798	134

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 91 Corriente impresa C.1 semana 4

CORRIENTE IMPRESA (10mA, 3V)						
Semana 4						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	-147	-695	-653	-607	46
		-163	-712	-669	-623	46
		-151	-705	-662	-616	46
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	-158	-720	-677	-631	46
		-142	-688	-646	-600	46
		-166	-715	-672	-626	46
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	-149	-700	-657	-611	46
		-154	-693	-650	-604	46
		-160	-708	-665	-619	46
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	-247	-808	-766	-684	82
		-263	-825	-783	-701	82
		-251	-818	-776	-694	82
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	-258	-832	-790	-708	82
		-244	-810	-768	-686	82
		-269	-828	-786	-704	82
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	-252	-820	-778	-696	82
		-261	-835	-793	-711	82
		-248	-812	-770	-688	82
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	-397	-905	-865	-758	107
		-412	-922	-882	-775	107
		-404	-930	-890	-783	107
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	-418	-938	-898	-791	107
		-392	-898	-858	-751	107
		-409	-915	-875	-768	107
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	-401	-923	-883	-776	107
		-415	-935	-895	-788	107
		-398	-908	-868	-761	107
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	-497	-1005	-965	-825	140
		-512	-1022	-982	-842	140
		-504	-1030	-990	-850	140
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	-518	-1038	-998	-858	140
		-489	-998	-958	-818	140
		-506	-1012	-972	-832	140
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	-499	-1020	-980	-840	140
		-514	-1032	-992	-852	140
		-492	-1008	-968	-828	140

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 92 Corriente impresa C.1 semana 5

CORRIENTE IMPRESA (10mA, 3V)						
Semana 5						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	-147	-720	-678	-628	50
		-163	-748	-703	-652	51
		-151	-705	-662	-614	48
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	-158	-760	-715	-665	50
		-142	-690	-648	-600	48
		-166	-735	-690	-640	50
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	-149	-712	-670	-622	48
		-154	-725	-682	-633	49
		-160	-742	-698	-648	50
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	-247	-865	-820	-720	100
		-263	-890	-844	-742	102
		-251	-850	-806	-708	98
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	-258	-910	-864	-762	102
		-244	-835	-790	-692	98
		-269	-882	-836	-736	100
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	-252	-860	-814	-716	98
		-261	-900	-854	-752	102
		-248	-842	-798	-700	98
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	-397	-980	-935	-800	135
		-412	-1005	-958	-825	133
		-404	-1020	-972	-840	132
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	-418	-1040	-990	-860	130
		-392	-950	-905	-770	135
		-409	-995	-948	-815	133
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	-401	-1010	-962	-830	132
		-415	-1030	-980	-850	130
		-398	-988	-942	-805	137
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	-497	-1085	-1035	-860	175
		-512	-1110	-1060	-885	175
		-504	-1130	-1080	-905	175
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	-518	-1155	-1102	-930	172
		-489	-1060	-1010	-835	175
		-506	-1100	-1050	-875	175
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	-499	-1120	-1070	-895	175
		-514	-1140	-1090	-915	175
		-492	-1095	-1045	-870	175

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 93 Corriente impresa C.1 semana 6

CORRIENTE IMPRESA (10mA, 3V)						
Semana 6						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	-147	-738	-696	-642	54
		-163	-765	-718	-662	56
		-151	-720	-676	-624	52
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	-158	-780	-732	-676	56
		-142	-705	-662	-610	52
		-166	-752	-706	-652	54
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	-149	-728	-684	-630	54
		-154	-742	-698	-644	54
		-160	-760	-714	-660	54
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	-247	-892	-846	-736	110
		-263	-920	-872	-760	112
		-251	-875	-830	-722	108
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	-258	-945	-896	-782	114
		-244	-860	-815	-708	107
		-269	-910	-862	-748	114
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	-252	-888	-842	-734	108
		-261	-930	-882	-768	114
		-248	-870	-826	-718	108
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	-397	-1020	-972	-820	152
		-412	-1050	-1000	-845	155
		-404	-1075	-1025	-870	155
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	-418	-1100	-1048	-895	153
		-392	-985	-940	-790	150
		-409	-1035	-985	-835	150
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	-401	-1060	-1010	-860	150
		-415	-1085	-1035	-885	150
		-398	-1028	-980	-828	152
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	-497	-1125	-1072	-885	187
		-512	-1155	-1100	-910	190
		-504	-1180	-1125	-935	190
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	-518	-1205	-1148	-960	188
		-489	-1100	-1048	-860	188
		-506	-1140	-1085	-900	185
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	-499	-1165	-1110	-925	185
		-514	-1190	-1135	-950	185
		-492	-1135	-1080	-895	185

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 94 Corriente impresa C.1 semana 7

CORRIENTE IMPRESA (10mA, 3V)						
Semana 7						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	-147	-755	-710	-652	58
		-163	-782	-735	-675	60
		-151	-735	-690	-632	58
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	-158	-800	-752	-692	60
		-142	-720	-675	-618	57
		-166	-770	-722	-664	58
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	-149	-748	-702	-644	58
		-154	-760	-715	-658	57
		-160	-778	-730	-672	58
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	-247	-915	-868	-745	123
		-263	-945	-896	-770	126
		-251	-900	-852	-735	117
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	-258	-970	-920	-792	128
		-244	-882	-836	-720	116
		-269	-930	-882	-760	122
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	-252	-908	-862	-742	120
		-261	-952	-904	-775	129
		-248	-890	-844	-728	116
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	-397	-1055	-1005	-835	170
		-412	-1085	-1032	-860	172
		-404	-1110	-1056	-885	171
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	-418	-1135	-1080	-910	170
		-392	-1020	-972	-805	167
		-409	-1070	-1020	-850	170
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	-401	-1095	-1042	-875	167
		-415	-1120	-1068	-900	168
		-398	-1060	-1010	-840	170
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	-497	-1155	-1100	-900	200
		-512	-1185	-1128	-925	203
		-504	-1215	-1155	-950	205
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	-518	-1245	-1182	-975	207
		-489	-1125	-1070	-875	195
		-506	-1170	-1115	-920	195
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	-499	-1200	-1140	-945	195
		-514	-1225	-1165	-970	195
		-492	-1165	-1110	-905	205

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 95 Corriente impresa C.1 semana 8

CORRIENTE IMPRESA (10mA, 3V)						
Semana 8						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	-147	-770	-725	-665	60
		-163	-798	-750	-688	62
		-151	-748	-702	-642	60
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	-158	-815	-765	-705	60
		-142	-732	-688	-628	60
		-166	-785	-738	-678	60
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	-149	-760	-715	-655	60
		-154	-775	-728	-668	60
		-160	-792	-745	-685	60
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	-247	-940	-892	-760	132
		-263	-972	-922	-785	137
		-251	-925	-878	-752	126
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	-258	-998	-946	-812	134
		-244	-905	-860	-735	125
		-269	-955	-905	-772	133
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	-252	-935	-888	-758	130
		-261	-980	-930	-798	132
		-248	-918	-872	-748	124
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	-397	-1085	-1032	-850	182
		-412	-1115	-1060	-875	185
		-404	-1140	-1085	-900	185
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	-418	-1165	-1108	-925	183
		-392	-1050	-1000	-820	180
		-409	-1100	-1045	-865	180
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	-401	-1125	-1070	-890	180
		-415	-1150	-1095	-915	180
		-398	-1090	-1038	-858	180
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	-497	-1185	-1128	-910	218
		-512	-1215	-1155	-935	220
		-504	-1245	-1185	-960	225
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	-518	-1275	-1212	-985	227
		-489	-1155	-1100	-885	215
		-506	-1200	-1145	-920	225
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	-499	-1230	-1170	-945	225
		-514	-1255	-1195	-970	225
		-492	-1195	-1138	-915	223

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 96 Corriente impresa C.1 semana 9

CORRIENTE IMPRESA (10mA, 3V)						
Semana 9						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	-147	-782	-736	-674	62
		-163	-810	-760	-698	62
		-151	-760	-714	-652	62
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	-158	-828	-776	-714	62
		-142	-742	-698	-636	62
		-166	-795	-748	-686	62
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	-149	-770	-724	-662	62
		-154	-788	-742	-680	62
		-160	-805	-758	-696	62
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	-247	-955	-905	-770	135
		-263	-988	-936	-798	138
		-251	-940	-892	-765	127
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	-258	-1015	-962	-820	142
		-244	-920	-874	-750	124
		-269	-970	-918	-785	133
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	-252	-950	-902	-772	130
		-261	-995	-942	-808	134
		-248	-932	-886	-760	126
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	-397	-1105	-1050	-865	185
		-412	-1135	-1078	-890	188
		-404	-1165	-1108	-915	193
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	-418	-1190	-1130	-940	190
		-392	-1065	-1015	-835	180
		-409	-1120	-1065	-880	185
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	-401	-1145	-1090	-905	185
		-415	-1170	-1115	-930	185
		-398	-1110	-1055	-870	185
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	-497	-1205	-1145	-920	225
		-512	-1235	-1175	-945	230
		-504	-1265	-1205	-970	235
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	-518	-1295	-1230	-995	235
		-489	-1175	-1115	-895	220
		-506	-1220	-1160	-930	230
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	-499	-1250	-1190	-955	235
		-514	-1275	-1215	-980	235
		-492	-1215	-1155	-925	230

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 97 Corriente impresa C.1 semana 10

CORRIENTE IMPRESA (10mA, 3V)						
Semana 10						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	-147	-790	-742	-678	64
		-163	-820	-770	-706	64
		-151	-768	-720	-656	64
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	-158	-838	-785	-721	64
		-142	-750	-704	-640	64
		-166	-805	-755	-691	64
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	-149	-778	-730	-666	64
		-154	-795	-748	-684	64
		-160	-812	-764	-700	64
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	-247	-968	-918	-780	138
		-263	-1002	-950	-810	140
		-251	-952	-902	-772	130
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	-258	-1030	-976	-835	141
		-244	-930	-884	-760	124
		-269	-985	-932	-800	132
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	-252	-965	-915	-785	130
		-261	-1012	-960	-820	140
		-248	-942	-895	-770	125
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	-397	-1125	-1068	-880	188
		-412	-1160	-1100	-910	190
		-404	-1190	-1130	-935	195
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	-418	-1220	-1158	-960	198
		-392	-1085	-1035	-850	185
		-409	-1145	-1090	-900	190
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	-401	-1170	-1115	-925	190
		-415	-1200	-1145	-950	195
		-398	-1135	-1080	-895	185
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	-497	-1235	-1175	-940	235
		-512	-1265	-1205	-965	240
		-504	-1295	-1235	-990	245
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	-518	-1325	-1260	-1015	245
		-489	-1200	-1140	-910	230
		-506	-1250	-1190	-950	240
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	-499	-1280	-1220	-975	245
		-514	-1310	-1250	-1000	250
		-492	-1245	-1185	-945	240

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 98 Corriente impresa C.1 semana 11

CORRIENTE IMPRESA (10mA, 3V)						
Semana 11						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	-147	-798	-748	-682	66
		-163	-828	-778	-712	66
		-151	-775	-726	-660	66
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	-158	-845	-792	-726	66
		-142	-758	-710	-644	66
		-166	-812	-762	-696	66
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	-149	-785	-738	-672	66
		-154	-802	-754	-688	66
		-160	-820	-770	-704	66
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	-247	-980	-928	-785	143
		-263	-1015	-962	-815	147
		-251	-962	-910	-780	130
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	-258	-1045	-990	-850	140
		-244	-940	-892	-765	127
		-269	-998	-945	-810	135
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	-252	-975	-925	-795	130
		-261	-1025	-972	-835	137
		-248	-955	-905	-780	125
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	-397	-1145	-1088	-895	193
		-412	-1180	-1120	-920	200
		-404	-1210	-1150	-945	205
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	-418	-1240	-1175	-970	205
		-392	-1105	-1055	-865	190
		-409	-1165	-1110	-915	195
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	-401	-1190	-1135	-940	195
		-415	-1220	-1165	-965	200
		-398	-1155	-1100	-905	195
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	-497	-1265	-1205	-955	250
		-512	-1295	-1235	-980	255
		-504	-1325	-1265	-1005	260
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	-518	-1355	-1290	-1030	260
		-489	-1230	-1170	-925	245
		-506	-1280	-1220	-965	255
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	-499	-1310	-1250	-990	260
		-514	-1340	-1280	-1015	265
		-492	-1275	-1215	-960	255

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 99 Corriente impresa C.1 semana 12

CORRIENTE IMPRESA (10mA, 3V)						
Semana 12						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	-147	-805	-755	-688	67
		-163	-835	-785	-718	67
		-151	-782	-732	-665	67
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	-158	-852	-798	-732	66
		-142	-765	-715	-648	67
		-166	-820	-770	-703	67
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	-149	-792	-745	-678	67
		-154	-810	-760	-693	67
		-160	-828	-778	-711	67
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	-247	-992	-940	-795	145
		-263	-1028	-974	-825	149
		-251	-975	-922	-792	130
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	-258	-1058	-1002	-860	142
		-244	-952	-904	-775	129
		-269	-1008	-955	-820	135
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	-252	-988	-938	-805	133
		-261	-1038	-985	-845	140
		-248	-965	-915	-790	125
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	-397	-1165	-1108	-910	198
		-412	-1200	-1140	-935	205
		-404	-1235	-1175	-960	215
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	-418	-1265	-1200	-985	215
		-392	-1125	-1075	-885	190
		-409	-1185	-1130	-935	195
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	-401	-1210	-1155	-960	195
		-415	-1245	-1185	-985	200
		-398	-1178	-1122	-928	194
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	-497	-1285	-1225	-970	255
		-512	-1315	-1255	-995	260
		-504	-1345	-1285	-1020	265
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	-518	-1375	-1310	-1045	265
		-489	-1250	-1190	-940	250
		-506	-1300	-1240	-980	260
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	-499	-1330	-1270	-1005	265
		-514	-1360	-1300	-1030	270
		-492	-1295	-1235	-975	260

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 100 Corriente impresa C.1 semana 13

CORRIENTE IMPRESA (10mA, 3V)						
Semana 13						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	-147	-810	-760	-692	68
		-163	-842	-792	-724	68
		-151	-788	-738	-670	68
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	-158	-860	-806	-738	68
		-142	-770	-720	-652	68
		-166	-828	-778	-710	68
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	-149	-800	-752	-684	68
		-154	-820	-770	-702	68
		-160	-838	-788	-720	68
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	-247	-1005	-952	-805	147
		-263	-1040	-986	-835	151
		-251	-985	-932	-802	130
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	-258	-1075	-1018	-875	143
		-244	-965	-916	-785	131
		-269	-1020	-968	-830	138
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	-252	-1000	-950	-820	130
		-261	-1050	-998	-855	143
		-248	-978	-928	-800	128
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	-397	-1185	-1128	-925	203
		-412	-1220	-1160	-950	210
		-404	-1255	-1195	-975	220
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	-418	-1285	-1220	-1000	220
		-392	-1140	-1090	-900	190
		-409	-1205	-1148	-950	198
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	-401	-1230	-1175	-975	200
		-415	-1265	-1205	-1000	205
		-398	-1198	-1140	-942	198
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	-497	-1305	-1245	-985	260
		-512	-1335	-1275	-1010	265
		-504	-1365	-1305	-1035	270
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	-518	-1395	-1330	-1060	270
		-489	-1265	-1205	-955	250
		-506	-1320	-1260	-1000	260
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	-499	-1350	-1290	-1025	265
		-514	-1380	-1320	-1050	270
		-492	-1315	-1255	-995	260

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 101 Corriente impresa C.1 semana 14

CORRIENTE IMPRESA (10mA, 3V)						
Semana 14						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	-147	-815	-765	-696	69
		-163	-848	-798	-729	69
		-151	-792	-742	-673	69
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	-158	-865	-810	-741	69
		-142	-775	-725	-656	69
		-166	-832	-782	-713	69
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	-149	-805	-757	-688	69
		-154	-825	-775	-706	69
		-160	-842	-792	-723	69
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	-247	-1015	-960	-810	150
		-263	-1055	-998	-840	158
		-251	-995	-942	-810	132
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	-258	-1090	-1032	-885	147
		-244	-975	-925	-795	130
		-269	-1030	-978	-835	143
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	-252	-1008	-958	-825	133
		-261	-1065	-1010	-865	145
		-248	-988	-938	-808	130
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	-397	-1205	-1148	-940	208
		-412	-1240	-1180	-965	215
		-404	-1280	-1220	-995	225
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	-418	-1310	-1245	-1020	225
		-392	-1155	-1105	-915	190
		-409	-1220	-1165	-965	200
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	-401	-1250	-1195	-990	205
		-415	-1285	-1225	-1015	210
		-398	-1215	-1160	-960	200
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	-497	-1325	-1265	-1005	260
		-512	-1360	-1300	-1030	270
		-504	-1395	-1335	-1055	280
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	-518	-1425	-1360	-1080	280
		-489	-1285	-1225	-975	250
		-506	-1345	-1285	-1020	265
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	-499	-1375	-1315	-1045	270
		-514	-1405	-1345	-1070	275
		-492	-1335	-1275	-1015	260

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 102 Corriente impresa C.1 semana 15

CORRIENTE IMPRESA (10mA, 3V)						
Semana 15						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	-147	-820	-770	-700	70
		-163	-855	-805	-735	70
		-151	-798	-748	-678	70
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	-158	-870	-815	-745	70
		-142	-780	-730	-660	70
		-166	-838	-788	-718	70
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	-149	-810	-760	-690	70
		-154	-830	-780	-710	70
		-160	-848	-798	-728	70
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	-247	-1025	-970	-820	150
		-263	-1065	-1008	-850	158
		-251	-1005	-952	-820	132
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	-258	-1105	-1045	-900	145
		-244	-985	-935	-805	130
		-269	-1040	-988	-845	143
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	-252	-1015	-965	-830	135
		-261	-1080	-1025	-880	145
		-248	-995	-945	-815	130
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	-397	-1225	-1168	-955	213
		-412	-1265	-1205	-980	225
		-404	-1305	-1245	-1015	230
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	-418	-1335	-1270	-1040	230
		-392	-1175	-1125	-930	195
		-409	-1240	-1185	-980	205
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	-401	-1270	-1215	-1005	210
		-415	-1305	-1245	-1030	215
		-398	-1235	-1180	-975	205
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	-497	-1345	-1285	-1020	265
		-512	-1385	-1325	-1050	275
		-504	-1425	-1365	-1080	285
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	-518	-1455	-1390	-1105	285
		-489	-1305	-1245	-990	255
		-506	-1365	-1305	-1035	270
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	-499	-1400	-1340	-1065	275
		-514	-1435	-1375	-1095	280
		-492	-1360	-1300	-1030	270

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 103 Corriente impresa C.2 semana 1

CORRIENTE IMPRESA (20mA, 6V)						
Semana 1						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	-141	-748	-690	-642	48
		-169	-865	-808	-758	50
		-152	-782	-725	-676	49
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	-158	-910	-850	-802	48
		-139	-720	-662	-615	47
		-172	-845	-788	-738	50
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	-147	-760	-705	-656	49
		-156	-830	-772	-724	48
		-164	-895	-835	-786	49
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	-242	-880	-822	-725	97
		-271	-1025	-968	-870	98
		-250	-930	-875	-780	95
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	-259	-1085	-1025	-925	100
		-241	-845	-788	-695	93
		-272	-995	-938	-840	98
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	-253	-905	-850	-755	95
		-265	-1045	-988	-890	98
		-246	-865	-810	-715	95
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	-392	-1015	-955	-825	130
		-420	-1185	-1125	-995	130
		-405	-1255	-1195	-1060	135
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	-418	-1335	-1270	-1135	135
		-388	-980	-920	-790	130
		-410	-1125	-1065	-935	130
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	-397	-1205	-1145	-1015	130
		-416	-1300	-1240	-1105	135
		-390	-1055	-995	-865	130
Prismática CI-V2-2.5-1	2.5%	-492	-1185	-1125	-940	185
		-522	-1355	-1295	-1110	185
		-505	-1455	-1395	-1205	190
Prismática CI-V2-2.5-2	2.5%	-518	-1525	-1460	-1275	185
		-485	-1125	-1065	-880	185
		-508	-1305	-1245	-1060	185
Prismática CI-V2-2.5-3	2.5%	-498	-1405	-1345	-1160	185
		-515	-1485	-1425	-1235	190
		-488	-1225	-1165	-980	185

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 104 Corriente impresa C.2 semana 2

CORRIENTE IMPRESA (20mA, 6V)						
Semana 2						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	-141	-805	-742	-690	52
		-169	-920	-858	-805	53
		-152	-835	-772	-720	52
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	-158	-965	-900	-848	52
		-139	-770	-708	-656	52
		-172	-890	-828	-775	53
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	-147	-820	-758	-706	52
		-156	-865	-802	-750	52
		-164	-935	-872	-820	52
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	-242	-945	-885	-770	115
		-271	-1105	-1045	-930	115
		-250	-1005	-945	-830	115
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	-259	-1185	-1120	-1005	115
		-241	-905	-845	-730	115
		-272	-1085	-1025	-910	115
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	-253	-980	-920	-805	115
		-265	-1145	-1085	-970	115
		-246	-925	-865	-750	115
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	-392	-1125	-1065	-900	165
		-420	-1305	-1245	-1080	165
		-405	-1385	-1325	-1160	165
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	-418	-1475	-1410	-1245	165
		-388	-1085	-1025	-860	165
		-410	-1225	-1165	-1000	165
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	-397	-1325	-1265	-1100	165
		-416	-1425	-1365	-1200	165
		-390	-1155	-1095	-930	165
Prismática CI-V2-2.5-1	2.5%	-492	-1325	-1265	-1030	235
		-522	-1525	-1460	-1225	235
		-505	-1655	-1590	-1355	235
Prismática CI-V2-2.5-2	2.5%	-518	-1755	-1685	-1450	235
		-485	-1255	-1195	-960	235
		-508	-1455	-1395	-1160	235
Prismática CI-V2-2.5-3	2.5%	-498	-1585	-1525	-1290	235
		-515	-1685	-1625	-1390	235
		-488	-1355	-1295	-1060	235

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 105 Corriente impresa C.2 semana 3

CORRIENTE IMPRESA (20mA, 6V)						
Semana 3						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	-141	-835	-770	-715	55
		-169	-960	-895	-840	55
		-152	-875	-810	-755	55
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	-158	-1025	-960	-905	55
		-139	-800	-735	-680	55
		-172	-925	-860	-805	55
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	-147	-850	-785	-730	55
		-156	-900	-835	-780	55
		-164	-985	-920	-865	55
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	-242	-980	-915	-785	130
		-271	-1155	-1090	-960	130
		-250	-1045	-980	-850	130
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	-259	-1255	-1185	-1055	130
		-241	-945	-880	-750	130
		-272	-1125	-1060	-930	130
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	-253	-1020	-955	-825	130
		-265	-1205	-1140	-1010	130
		-246	-965	-900	-770	130
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	-392	-1205	-1135	-955	180
		-420	-1415	-1345	-1165	180
		-405	-1525	-1455	-1275	180
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	-418	-1655	-1580	-1400	180
		-388	-1155	-1085	-905	180
		-410	-1325	-1255	-1075	180
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	-397	-1455	-1385	-1205	180
		-416	-1585	-1515	-1335	180
		-390	-1225	-1155	-975	180
Prismática CI-V2-2.5-1	2.5%	-492	-1425	-1355	-1065	290
		-522	-1655	-1580	-1290	290
		-505	-1825	-1750	-1460	290
Prismática CI-V2-2.5-2	2.5%	-518	-1985	-1905	-1620	285
		-485	-1325	-1255	-965	290
		-508	-1555	-1485	-1195	290
Prismática CI-V2-2.5-3	2.5%	-498	-1725	-1655	-1365	290
		-515	-1885	-1815	-1525	290
		-488	-1455	-1385	-1095	290

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 106 Corriente impresa C.2 semana 4

CORRIENTE IMPRESA (20mA, 6V)						
Semana 4						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	-141	-860	-792	-735	57
		-169	-995	-925	-868	57
		-152	-905	-838	-780	58
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	-158	-1085	-1015	-958	57
		-139	-820	-752	-695	57
		-172	-950	-882	-825	57
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	-147	-875	-808	-750	58
		-156	-930	-862	-805	57
		-164	-1015	-945	-888	57
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	-242	-1015	-945	-805	140
		-271	-1225	-1155	-1015	140
		-250	-1095	-1025	-885	140
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	-259	-1355	-1280	-1140	140
		-241	-975	-905	-765	140
		-272	-1185	-1115	-975	140
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	-253	-1065	-995	-855	140
		-265	-1305	-1235	-1095	140
		-246	-995	-925	-785	140
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	-392	-1305	-1230	-1030	200
		-420	-1555	-1480	-1280	200
		-405	-1705	-1630	-1430	200
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	-418	-1855	-1775	-1575	200
		-388	-1235	-1160	-960	200
		-410	-1425	-1350	-1150	200
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	-397	-1585	-1510	-1310	200
		-416	-1755	-1680	-1480	200
		-390	-1325	-1250	-1050	200
Prismática CI-V2-2.5-1	2.5%	-492	-1525	-1450	-1135	315
		-522	-1785	-1705	-1390	315
		-505	-1985	-1905	-1590	315
Prismática CI-V2-2.5-2	2.5%	-518	-2185	-2100	-1785	315
		-485	-1405	-1330	-1015	315
		-508	-1655	-1580	-1265	315
Prismática CI-V2-2.5-3	2.5%	-498	-1855	-1780	-1465	315
		-515	-2055	-1980	-1665	315
		-488	-1555	-1480	-1165	315

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 107 Corriente impresa C.2 semana 5

CORRIENTE IMPRESA (20mA, 6V)						
Semana 5						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	-141	-865	-792	-732	60
		-169	-1035	-960	-902	58
		-152	-915	-845	-785	60
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	-158	-1185	-1105	-1045	60
		-139	-820	-748	-690	58
		-172	-980	-905	-845	60
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	-147	-890	-818	-760	58
		-156	-955	-880	-820	60
		-164	-1105	-1030	-970	60
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	-242	-995	-920	-780	140
		-271	-1355	-1275	-1130	145
		-250	-1115	-1045	-905	140
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	-259	-1525	-1445	-1300	145
		-241	-945	-872	-735	137
		-272	-1255	-1175	-1030	145
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	-253	-1085	-1015	-875	140
		-265	-1425	-1345	-1200	145
		-246	-980	-905	-770	135
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	-392	-1325	-1248	-1030	218
		-420	-1725	-1645	-1425	220
		-405	-1955	-1875	-1655	220
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	-418	-2185	-2100	-1880	220
		-388	-1205	-1130	-915	215
		-410	-1505	-1425	-1205	220
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	-397	-1785	-1705	-1485	220
		-416	-2055	-1975	-1755	220
		-390	-1405	-1328	-1110	218
Prismática CI-V2-2.5-1	2.5%	-492	-1505	-1425	-1080	345
		-522	-2055	-1975	-1630	345
		-505	-2355	-2270	-1930	340
Prismática CI-V2-2.5-2	2.5%	-518	-2685	-2600	-2260	340
		-485	-1385	-1305	-960	345
		-508	-1855	-1775	-1430	345
Prismática CI-V2-2.5-3	2.5%	-498	-2205	-2125	-1780	345
		-515	-2525	-2445	-2100	345
		-488	-1605	-1525	-1180	345

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 108 Corriente impresa C.2 semana 6

CORRIENTE IMPRESA (20mA, 6V)						
Semana 6						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	-141	-905	-830	-768	62
		-169	-1085	-1008	-945	63
		-152	-955	-880	-818	62
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	-158	-1285	-1205	-1142	63
		-139	-855	-780	-718	62
		-172	-1025	-950	-888	62
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	-147	-925	-850	-788	62
		-156	-1005	-928	-865	63
		-164	-1185	-1108	-1045	63
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	-242	-1055	-978	-820	158
		-271	-1485	-1405	-1245	160
		-250	-1185	-1108	-950	158
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	-259	-1685	-1600	-1440	160
		-241	-985	-910	-755	155
		-272	-1325	-1245	-1085	160
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	-253	-1145	-1068	-910	158
		-265	-1565	-1485	-1325	160
		-246	-1025	-948	-790	158
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	-392	-1455	-1375	-1145	230
		-420	-1885	-1805	-1575	230
		-405	-2155	-2075	-1845	230
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	-418	-2485	-2400	-2170	230
		-388	-1325	-1248	-1018	230
		-410	-1685	-1605	-1375	230
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	-397	-1985	-1905	-1675	230
		-416	-2285	-2205	-1975	230
		-390	-1525	-1445	-1215	230
Prismática CI-V2-2.5-1	2.5%	-492	-1725	-1645	-1275	370
		-522	-2355	-2270	-1900	370
		-505	-2725	-2635	-2265	370
Prismática CI-V2-2.5-2	2.5%	-518	-3125	-3035	-2665	370
		-485	-1525	-1445	-1075	370
		-508	-2055	-1975	-1605	370
Prismática CI-V2-2.5-3	2.5%	-498	-2485	-2405	-2035	370
		-515	-2885	-2805	-2435	370
		-488	-1825	-1745	-1375	370

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 109 Corriente impresa C.2 semana 7

CORRIENTE IMPRESA (20mA, 6V)						
Semana 7						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	-141	-925	-848	-784	64
		-169	-1125	-1045	-980	65
		-152	-975	-898	-834	64
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	-158	-1355	-1270	-1205	65
		-139	-875	-800	-736	64
		-172	-1055	-978	-914	64
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	-147	-955	-878	-814	64
		-156	-1035	-958	-894	64
		-164	-1255	-1178	-1114	64
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	-242	-1085	-1005	-840	165
		-271	-1555	-1475	-1310	165
		-250	-1225	-1145	-980	165
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	-259	-1785	-1700	-1535	165
		-241	-1005	-925	-760	165
		-272	-1385	-1305	-1140	165
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	-253	-1185	-1105	-940	165
		-265	-1625	-1545	-1380	165
		-246	-1055	-975	-810	165
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	-392	-1525	-1445	-1205	240
		-420	-2055	-1970	-1730	240
		-405	-2355	-2270	-2030	240
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	-418	-2725	-2635	-2395	240
		-388	-1385	-1305	-1065	240
		-410	-1785	-1705	-1465	240
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	-397	-2125	-2045	-1805	240
		-416	-2485	-2405	-2165	240
		-390	-1605	-1525	-1285	240
Prismática CI-V2-2.5-1	2.5%	-492	-1855	-1775	-1385	390
		-522	-2585	-2495	-2105	390
		-505	-3055	-2960	-2570	390
Prismática CI-V2-2.5-2	2.5%	-518	-3555	-3460	-3070	390
		-485	-1625	-1545	-1155	390
		-508	-2255	-2175	-1785	390
Prismática CI-V2-2.5-3	2.5%	-498	-2755	-2675	-2285	390
		-515	-3255	-3175	-2785	390
		-488	-1985	-1905	-1515	390

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 110 Corriente impresa C.2 semana 8

CORRIENTE IMPRESA (20mA, 6V)						
Semana 8						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	-141	-935	-858	-792	66
		-169	-1175	-1092	-1028	64
		-152	-980	-905	-840	65
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	-158	-1485	-1400	-1332	68
		-139	-885	-810	-745	65
		-172	-1095	-1015	-950	65
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	-147	-965	-888	-822	66
		-156	-1045	-968	-902	66
		-164	-1365	-1285	-1220	65
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	-242	-1115	-1035	-865	170
		-271	-1685	-1600	-1425	175
		-250	-1255	-1175	-1015	160
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	-259	-1955	-1865	-1685	180
		-241	-1035	-955	-790	165
		-272	-1475	-1390	-1220	170
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	-253	-1215	-1135	-970	165
		-265	-1765	-1680	-1505	175
		-246	-1095	-1015	-845	170
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	-392	-1585	-1505	-1235	270
		-420	-2255	-2170	-1905	265
		-405	-2655	-2565	-2305	260
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	-418	-3155	-3060	-2800	260
		-388	-1425	-1345	-1085	260
		-410	-1985	-1900	-1635	265
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	-397	-2455	-2370	-2105	265
		-416	-2955	-2865	-2605	260
		-390	-1725	-1645	-1385	260
Prismática CI-V2-2.5-1	2.5%	-492	-1985	-1900	-1440	460
		-522	-2955	-2865	-2405	460
		-505	-3655	-3565	-3105	460
Prismática CI-V2-2.5-2	2.5%	-518	-4355	-4260	-3800	460
		-485	-1685	-1605	-1145	460
		-508	-2585	-2500	-2040	460
Prismática CI-V2-2.5-3	2.5%	-498	-3255	-3170	-2710	460
		-515	-3955	-3865	-3405	460
		-488	-2155	-2070	-1610	460

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 111 Corriente impresa C.2 semana 9

CORRIENTE IMPRESA (20mA, 6V)						
Semana 9						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	-141	-955	-872	-806	66
		-169	-1225	-1138	-1072	66
		-152	-1005	-925	-858	67
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	-158	-1585	-1495	-1428	67
		-139	-905	-825	-758	67
		-172	-1125	-1045	-978	67
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	-147	-985	-905	-838	67
		-156	-1085	-1005	-938	67
		-164	-1455	-1375	-1308	67
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	-242	-1155	-1072	-900	172
		-271	-1755	-1668	-1495	173
		-250	-1295	-1210	-1040	170
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	-259	-2085	-1995	-1815	180
		-241	-1065	-985	-820	165
		-272	-1525	-1440	-1270	170
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	-253	-1255	-1175	-1005	170
		-265	-1855	-1768	-1595	173
		-246	-1125	-1040	-870	170
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	-392	-1685	-1595	-1315	280
		-420	-2455	-2365	-2085	280
		-405	-2885	-2795	-2515	280
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	-418	-3455	-3360	-3080	280
		-388	-1485	-1400	-1120	280
		-410	-2155	-2065	-1785	280
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	-397	-2685	-2595	-2315	280
		-416	-3255	-3160	-2880	280
		-390	-1825	-1735	-1455	280
Prismática CI-V2-2.5-1	2.5%	-492	-2185	-2095	-1605	490
		-522	-3255	-3160	-2670	490
		-505	-4055	-3960	-3470	490
Prismática CI-V2-2.5-2	2.5%	-518	-4855	-4755	-4265	490
		-485	-1855	-1765	-1275	490
		-508	-2855	-2765	-2275	490
Prismática CI-V2-2.5-3	2.5%	-498	-3655	-3565	-3075	490
		-515	-4455	-4365	-3875	490
		-488	-2355	-2265	-1775	490

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 112 Corriente impresa C.2 semana 10

CORRIENTE IMPRESA (20mA, 6V)						
Semana 10						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	-141	-963	-879	-812	67
		-169	-1217	-1129	-1063	66
		-152	-998	-918	-851	67
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	-158	-1573	-1486	-1418	68
		-139	-892	-814	-748	66
		-172	-1109	-1032	-965	67
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	-147	-987	-909	-843	66
		-156	-1078	-999	-932	67
		-164	-1446	-1368	-1301	67
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	-242	-1173	-1087	-908	179
		-271	-1862	-1774	-1596	178
		-250	-1314	-1227	-1053	174
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	-259	-2238	-2146	-1963	183
		-241	-1084	-1003	-836	167
		-272	-1597	-1509	-1332	177
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	-253	-1268	-1181	-1007	174
		-265	-1993	-1904	-1725	179
		-246	-1148	-1061	-883	178
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	-392	-1796	-1705	-1404	301
		-420	-2667	-2572	-2273	299
		-405	-3074	-2979	-2678	301
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	-418	-3768	-3669	-3370	299
		-388	-1578	-1486	-1184	302
		-410	-2364	-2271	-1970	301
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	-397	-2873	-2778	-2479	299
		-416	-3567	-3468	-3170	298
		-390	-1964	-1873	-1572	301
Prismática CI-V2-2.5-1	2.5%	-492	-2398	-2304	-1789	515
		-522	-3569	-3471	-2958	513
		-505	-4478	-4379	-3865	514
Prismática CI-V2-2.5-2	2.5%	-518	-5486	-5385	-4872	513
		-485	-2063	-1971	-1458	513
		-508	-3168	-3073	-2559	514
Prismática CI-V2-2.5-3	2.5%	-498	-4076	-3978	-3464	514
		-515	-5079	-4980	-4468	512
		-488	-2664	-2571	-2056	515

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 113 Corriente impresa C.2 semana 11

CORRIENTE IMPRESA (20mA, 6V)						
Semana 11						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	-141	-972	-888	-821	67
		-169	-1238	-1149	-1083	66
		-152	-1006	-925	-859	66
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	-158	-1598	-1509	-1442	67
		-139	-905	-825	-759	66
		-172	-1126	-1047	-981	66
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	-147	-998	-919	-853	66
		-156	-1092	-1012	-946	66
		-164	-1462	-1383	-1317	66
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	-242	-1194	-1107	-927	180
		-271	-1886	-1796	-1618	178
		-250	-1335	-1248	-1074	174
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	-259	-2264	-2171	-1987	184
		-241	-1103	-1021	-854	167
		-272	-1623	-1534	-1357	177
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	-253	-1292	-1205	-1030	175
		-265	-2017	-1926	-1747	179
		-246	-1167	-1080	-902	178
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	-392	-1824	-1732	-1430	302
		-420	-2698	-2602	-2301	301
		-405	-3108	-3011	-2710	301
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	-418	-3812	-3713	-3412	301
		-388	-1605	-1512	-1210	302
		-410	-2396	-2302	-2001	301
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	-397	-2907	-2811	-2510	301
		-416	-3604	-3505	-3205	300
		-390	-1996	-1904	-1603	301
Prismática CI-V2-2.5-1	2.5%	-492	-2426	-2331	-1816	515
		-522	-3604	-3506	-2993	513
		-505	-4520	-4419	-3906	513
Prismática CI-V2-2.5-2	2.5%	-518	-5538	-5435	-4922	513
		-485	-2090	-1996	-1483	513
		-508	-3196	-3100	-2587	513
Prismática CI-V2-2.5-3	2.5%	-498	-4108	-4011	-3498	513
		-515	-5116	-5018	-4505	513
		-488	-2692	-2597	-2084	513

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 114 Corriente impresa C.2 semana 12

CORRIENTE IMPRESA (20mA, 6V)						
Semana 12						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	-141	-978	-892	-825	67
		-169	-1254	-1164	-1098	66
		-152	-1015	-934	-868	66
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	-158	-1615	-1524	-1457	67
		-139	-915	-834	-768	66
		-172	-1138	-1058	-992	66
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	-147	-1005	-924	-858	66
		-156	-1102	-1021	-955	66
		-164	-1478	-1397	-1331	66
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	-242	-1210	-1122	-942	180
		-271	-1905	-1813	-1635	178
		-250	-1352	-1264	-1090	174
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	-259	-2288	-2194	-2010	184
		-241	-1115	-1032	-865	167
		-272	-1642	-1552	-1375	177
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	-253	-1310	-1222	-1047	175
		-265	-2038	-1946	-1767	179
		-246	-1182	-1094	-916	178
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	-392	-1845	-1752	-1449	303
		-420	-2725	-2628	-2326	302
		-405	-3138	-3040	-2738	302
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	-418	-3850	-3749	-3447	302
		-388	-1624	-1530	-1227	303
		-410	-2422	-2327	-2025	302
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	-397	-2935	-2838	-2536	302
		-416	-3638	-3539	-3238	301
		-390	-2015	-1922	-1619	303
Prismática CI-V2-2.5-1	2.5%	-492	-2448	-2352	-1837	515
		-522	-3632	-3532	-3019	513
		-505	-4558	-4456	-3944	512
Prismática CI-V2-2.5-2	2.5%	-518	-5585	-5482	-4970	512
		-485	-2110	-2015	-1502	513
		-508	-3218	-3121	-2609	512
Prismática CI-V2-2.5-3	2.5%	-498	-4135	-4036	-3523	513
		-515	-5142	-5043	-4530	513
		-488	-2715	-2619	-2107	512

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 115 Corriente impresa C.2 semana 13

CORRIENTE IMPRESA (20mA, 6V)						
Semana 13						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	-141	-984	-898	-832	66
		-169	-1268	-1177	-1112	65
		-152	-1023	-941	-875	66
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	-158	-1635	-1543	-1476	67
		-139	-922	-840	-774	66
		-172	-1148	-1067	-1001	66
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	-147	-1012	-930	-864	66
		-156	-1110	-1028	-962	66
		-164	-1492	-1410	-1345	65
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	-242	-1224	-1135	-953	182
		-271	-1925	-1832	-1655	177
		-250	-1368	-1279	-1104	175
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	-259	-2310	-2216	-2032	184
		-241	-1128	-1044	-878	166
		-272	-1660	-1569	-1392	177
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	-253	-1328	-1239	-1063	176
		-265	-2058	-1966	-1789	177
		-246	-1196	-1107	-930	177
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	-392	-1868	-1774	-1470	304
		-420	-2752	-2655	-2351	304
		-405	-3168	-3069	-2766	303
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	-418	-3885	-3783	-3480	303
		-388	-1642	-1547	-1244	303
		-410	-2448	-2352	-2049	303
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	-397	-2965	-2867	-2564	303
		-416	-3668	-3568	-3265	303
		-390	-2036	-1942	-1638	304
Prismática CI-V2-2.5-1	2.5%	-492	-2470	-2373	-1858	515
		-522	-3662	-3561	-3048	513
		-505	-4590	-4487	-3975	512
Prismática CI-V2-2.5-2	2.5%	-518	-5620	-5516	-5005	511
		-485	-2132	-2036	-1522	514
		-508	-3245	-3147	-2635	512
Prismática CI-V2-2.5-3	2.5%	-498	-4168	-4068	-3555	513
		-515	-5175	-5075	-4563	512
		-488	-2738	-2640	-2127	513

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 116 Corriente impresa C.2 semana 14

CORRIENTE IMPRESA (20mA, 6V)						
Semana 14						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	-141	-990	-904	-837	67
		-169	-1282	-1190	-1124	66
		-152	-1031	-948	-882	66
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	-158	-1652	-1559	-1492	67
		-139	-928	-846	-780	66
		-172	-1158	-1076	-1010	66
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	-147	-1020	-937	-871	66
		-156	-1118	-1035	-969	66
		-164	-1508	-1425	-1359	66
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	-242	-1238	-1148	-966	182
		-271	-1942	-1848	-1670	178
		-250	-1385	-1295	-1119	176
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	-259	-2332	-2237	-2053	184
		-241	-1142	-1057	-890	167
		-272	-1678	-1586	-1409	177
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	-253	-1345	-1255	-1079	176
		-265	-2078	-1985	-1807	178
		-246	-1208	-1118	-942	176
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	-392	-1888	-1793	-1488	305
		-420	-2780	-2682	-2378	304
		-405	-3198	-3098	-2795	303
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	-418	-3915	-3813	-3509	304
		-388	-1660	-1564	-1260	304
		-410	-2475	-2378	-2075	303
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	-397	-2995	-2896	-2593	303
		-416	-3698	-3597	-3294	303
		-390	-2055	-1959	-1656	303
Prismática CI-V2-2.5-1	2.5%	-492	-2495	-2397	-1881	516
		-522	-3692	-3590	-3077	513
		-505	-4622	-4518	-4005	513
Prismática CI-V2-2.5-2	2.5%	-518	-5655	-5550	-5038	512
		-485	-2155	-2058	-1544	514
		-508	-3270	-3171	-2659	512
Prismática CI-V2-2.5-3	2.5%	-498	-4198	-4097	-3584	513
		-515	-5205	-5104	-4591	513
		-488	-2762	-2664	-2150	514

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 117 Corriente impresa C.2 semana 15

CORRIENTE IMPRESA (20mA, 6V)						
Semana 15						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	-141	-996	-909	-842	67
		-169	-1305	-1211	-1145	66
		-152	-1035	-952	-886	66
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	-158	-1685	-1589	-1522	67
		-139	-940	-857	-791	66
		-172	-1175	-1091	-1025	66
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	-147	-1028	-945	-879	66
		-156	-1135	-1051	-985	66
		-164	-1532	-1447	-1381	66
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	-242	-1258	-1166	-984	182
		-271	-1985	-1890	-1710	180
		-250	-1408	-1317	-1142	175
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	-259	-2385	-2288	-2102	186
		-241	-1162	-1076	-908	168
		-272	-1705	-1612	-1434	178
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	-253	-1368	-1277	-1101	176
		-265	-2125	-2030	-1850	180
		-246	-1230	-1139	-960	179
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	-392	-1925	-1828	-1523	305
		-420	-2835	-2736	-2432	304
		-405	-3265	-3164	-2860	304
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	-418	-3995	-3891	-3587	304
		-388	-1692	-1595	-1291	304
		-410	-2525	-2426	-2122	304
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	-397	-3045	-2945	-2641	304
		-416	-3765	-3663	-3360	303
		-390	-2092	-1995	-1691	304
Prismática CI-V2-2.5-1	2.5%	-492	-2538	-2438	-1919	519
		-522	-3745	-3641	-3128	513
		-505	-4685	-4579	-4067	512
Prismática CI-V2-2.5-2	2.5%	-518	-5735	-5628	-5116	512
		-485	-2195	-2096	-1584	512
		-508	-3325	-3224	-2712	512
Prismática CI-V2-2.5-3	2.5%	-498	-4265	-4162	-3650	512
		-515	-5275	-5172	-4660	512
		-488	-2815	-2716	-2204	512

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 118 Corriente impresa C.3 semana 1

CORRIENTE IMPRESA (50mA, 15V)						
Semana 1						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	-142	-618	-547	-499	48
		-168	-739	-664	-617	47
		-151	-653	-581	-533	48
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	-159	-907	-829	-781	48
		-138	-602	-528	-481	47
		-171	-721	-647	-599	48
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	-146	-648	-574	-527	47
		-155	-702	-627	-579	48
		-163	-837	-761	-714	47
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	-241	-893	-814	-699	115
		-269	-1097	-1014	-897	117
		-252	-973	-895	-782	113
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	-258	-1347	-1259	-1142	117
		-243	-852	-776	-661	115
		-271	-1193	-1111	-994	117
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	-254	-1008	-928	-812	116
		-266	-1263	-1180	-1063	117
		-247	-917	-838	-721	117
Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	-392	-1138	-1056	-883	173
		-418	-1397	-1310	-1137	173
		-406	-1598	-1511	-1337	174
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	-420	-1847	-1755	-1582	173
		-389	-1063	-983	-809	174
		-411	-1297	-1214	-1041	173
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	-398	-1506	-1419	-1246	173
		-417	-1707	-1620	-1447	173
		-391	-1196	-1114	-941	173
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	-492	-1397	-1310	-1087	223
		-520	-1703	-1609	-1386	223
		-506	-1947	-1853	-1629	224
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	-518	-2186	-2090	-1867	223
		-486	-1237	-1154	-931	223
		-507	-1539	-1446	-1223	223
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	-499	-1796	-1702	-1479	223
		-514	-2068	-1974	-1751	223
		-487	-1438	-1344	-1121	223

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 119 Corriente impresa C.3 semana 2

CORRIENTE IMPRESA (50mA, 15V)						
Semana 2						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	-142	-655	-582	-532	50
		-168	-782	-706	-656	50
		-151	-692	-618	-568	50
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	-159	-945	-865	-814	51
		-138	-635	-561	-511	50
		-171	-758	-684	-634	50
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	-146	-683	-609	-559	50
		-155	-735	-660	-610	50
		-163	-875	-798	-748	50
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	-241	-935	-852	-735	117
		-269	-1158	-1072	-953	119
		-252	-1035	-955	-835	120
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	-258	-1428	-1336	-1217	119
		-243	-905	-825	-706	119
		-271	-1268	-1183	-1065	118
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	-254	-1087	-1003	-884	119
		-266	-1348	-1260	-1141	119
		-247	-968	-885	-765	120
Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	-392	-1255	-1168	-980	188
		-418	-1528	-1437	-1249	188
		-406	-1742	-1648	-1460	188
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	-420	-2015	-1918	-1730	188
		-389	-1188	-1105	-918	187
		-411	-1417	-1328	-1140	188
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	-398	-1635	-1544	-1356	188
		-417	-1848	-1756	-1568	188
		-391	-1325	-1238	-1050	188
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	-492	-1558	-1464	-1220	244
		-520	-1897	-1798	-1554	244
		-506	-2165	-2065	-1821	244
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	-518	-2438	-2335	-2090	245
		-486	-1385	-1298	-1054	244
		-507	-1705	-1608	-1364	244
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	-499	-1986	-1888	-1644	244
		-514	-2268	-2170	-1926	244
		-487	-1595	-1498	-1254	244

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 120 Corriente impresa C.3 semana 3

CORRIENTE IMPRESA (50mA, 15V)						
Semana 3						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	-142	-702	-625	-573	52
		-168	-845	-765	-712	53
		-151	-735	-658	-605	53
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	-159	-1005	-920	-866	54
		-138	-675	-598	-546	52
		-171	-805	-728	-675	53
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	-146	-728	-651	-599	52
		-155	-782	-704	-652	52
		-163	-935	-855	-802	53
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	-241	-995	-908	-783	125
		-269	-1245	-1155	-1030	125
		-252	-1128	-1045	-920	125
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	-258	-1555	-1462	-1335	127
		-243	-958	-875	-750	125
		-271	-1355	-1265	-1140	125
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	-254	-1185	-1095	-970	125
		-266	-1455	-1365	-1238	127
		-247	-1035	-950	-825	125
Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	-392	-1385	-1295	-1088	207
		-418	-1685	-1588	-1380	208
		-406	-1925	-1825	-1618	207
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	-420	-2255	-2155	-1948	207
		-389	-1305	-1215	-1008	207
		-411	-1585	-1495	-1288	207
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	-398	-1825	-1725	-1518	207
		-417	-2085	-1985	-1778	207
		-391	-1455	-1365	-1158	207
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	-492	-1725	-1625	-1345	280
		-520	-2085	-1975	-1695	280
		-506	-2385	-2275	-1995	280
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	-518	-2685	-2575	-2295	280
		-486	-1525	-1425	-1145	280
		-507	-1885	-1775	-1495	280
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	-499	-2185	-2075	-1795	280
		-514	-2485	-2375	-2095	280
		-487	-1785	-1675	-1395	280

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 121 Corriente impresa C.3 semana 4

CORRIENTE IMPRESA (50mA, 15V)						
Semana 4						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	-142	-736	-658	-604	54
		-168	-889	-807	-752	55
		-151	-768	-688	-634	54
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	-159	-1048	-960	-904	56
		-138	-708	-628	-574	54
		-171	-838	-758	-704	54
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	-146	-758	-678	-624	54
		-155	-812	-732	-678	54
		-163	-978	-896	-842	54
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	-241	-1046	-958	-828	130
		-269	-1328	-1234	-1104	130
		-252	-1186	-1104	-974	130
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	-258	-1634	-1538	-1406	132
		-243	-1008	-924	-794	130
		-271	-1426	-1334	-1204	130
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	-254	-1238	-1146	-1016	130
		-265	-1528	-1434	-1302	132
		-247	-1086	-998	-868	130
Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	-392	-1486	-1394	-1176	218
		-418	-1788	-1692	-1474	218
		-406	-2036	-1936	-1718	218
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	-420	-2384	-2282	-2064	218
		-389	-1384	-1294	-1076	218
		-411	-1686	-1594	-1376	218
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	-398	-1934	-1836	-1618	218
		-417	-2198	-2098	-1880	218
		-391	-1564	-1474	-1256	218
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	-492	-1888	-1786	-1498	288
		-520	-2246	-2138	-1850	288
		-506	-2548	-2438	-2148	290
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	-518	-2864	-2752	-2464	288
		-486	-1666	-1564	-1276	288
		-507	-2048	-1938	-1650	288
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	-499	-2346	-2236	-1948	288
		-514	-2688	-2576	-2288	288
		-487	-1966	-1856	-1568	288

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 122 Corriente impresa C.3 semana 5

CORRIENTE IMPRESA (50mA, 15V)						
Semana 5						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	-142	-768	-689	-634	55
		-168	-915	-831	-775	56
		-151	-792	-711	-656	55
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	-159	-1082	-991	-935	56
		-138	-735	-653	-598	55
		-171	-865	-783	-728	55
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	-146	-785	-703	-648	55
		-155	-842	-759	-703	56
		-163	-1015	-931	-875	56
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	-241	-1085	-994	-862	132
		-269	-1372	-1275	-1140	135
		-252	-1225	-1138	-1005	133
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	-258	-1685	-1588	-1450	138
		-243	-1042	-956	-825	131
		-271	-1475	-1378	-1245	133
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	-253	-1285	-1195	-1062	133
		-265	-1575	-1478	-1340	138
		-246	-1125	-1034	-902	132
Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	-392	-1565	-1470	-1238	232
		-418	-1885	-1785	-1552	233
		-406	-2145	-2042	-1808	234
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	-420	-2525	-2420	-2185	235
		-389	-1455	-1362	-1128	234
		-411	-1785	-1688	-1454	234
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	-398	-2045	-1942	-1708	234
		-417	-2325	-2220	-1986	234
		-391	-1665	-1572	-1338	234
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	-492	-2055	-1950	-1655	295
		-520	-2445	-2335	-2040	295
		-506	-2765	-2655	-2360	295
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	-518	-3095	-2980	-2685	295
		-486	-1825	-1720	-1425	295
		-507	-2235	-2125	-1830	295
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	-499	-2555	-2445	-2150	295
		-514	-2895	-2785	-2490	295
		-487	-2145	-2035	-1740	295

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 123 Corriente impresa C.3 semana 6

CORRIENTE IMPRESA (50mA, 15V)						
Semana 6						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	-142	-802	-722	-666	56
		-168	-948	-862	-806	56
		-151	-826	-744	-688	56
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	-159	-1125	-1032	-976	56
		-138	-765	-683	-627	56
		-171	-895	-813	-757	56
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	-146	-815	-733	-677	56
		-155	-875	-792	-736	56
		-163	-1048	-962	-906	56
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	-241	-1128	-1035	-902	133
		-269	-1425	-1325	-1188	137
		-252	-1278	-1185	-1052	133
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	-258	-1762	-1662	-1520	142
		-243	-1085	-995	-862	133
		-271	-1545	-1445	-1312	133
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	-253	-1355	-1262	-1128	134
		-265	-1655	-1555	-1415	140
		-246	-1185	-1092	-960	132
Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	-392	-1655	-1555	-1310	245
		-418	-1995	-1890	-1645	245
		-406	-2265	-2160	-1915	245
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	-420	-2665	-2558	-2312	246
		-389	-1525	-1425	-1180	245
		-411	-1885	-1785	-1540	245
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	-398	-2145	-2040	-1795	245
		-417	-2445	-2338	-2092	246
		-391	-1765	-1665	-1420	245
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	-492	-2255	-2145	-1830	315
		-520	-2665	-2550	-2235	315
		-506	-2995	-2880	-2565	315
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	-518	-3345	-3228	-2912	316
		-486	-1965	-1855	-1540	315
		-507	-2385	-2270	-1955	315
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	-499	-2725	-2610	-2295	315
		-514	-3085	-2970	-2655	315
		-487	-2345	-2230	-1915	315

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 124 Corriente impresa C.3 semana 7

CORRIENTE IMPRESA (50mA, 15V)						
Semana 7						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	-142	-835	-752	-695	57
		-168	-985	-895	-838	57
		-151	-858	-776	-719	57
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	-159	-1188	-1088	-1030	58
		-138	-792	-709	-652	57
		-171	-925	-842	-785	57
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	-146	-845	-762	-705	57
		-155	-905	-822	-765	57
		-163	-1085	-995	-938	57
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	-241	-1165	-1068	-930	138
		-269	-1485	-1378	-1235	143
		-252	-1325	-1230	-1092	138
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	-258	-1865	-1755	-1605	150
		-243	-1125	-1032	-895	137
		-271	-1625	-1515	-1375	140
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	-253	-1425	-1325	-1188	137
		-265	-1755	-1645	-1498	147
		-246	-1235	-1138	-1000	138
Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	-392	-1785	-1675	-1415	260
		-418	-2145	-2035	-1775	260
		-406	-2455	-2340	-2080	260
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	-420	-2885	-2770	-2510	260
		-389	-1645	-1535	-1275	260
		-411	-2015	-1905	-1645	260
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	-398	-2295	-2180	-1920	260
		-417	-2625	-2510	-2250	260
		-391	-1885	-1775	-1515	260
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	-492	-2455	-2340	-1990	350
		-520	-2895	-2775	-2425	350
		-506	-3245	-3120	-2770	350
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	-518	-3685	-3555	-3205	350
		-486	-2125	-2010	-1660	350
		-507	-2585	-2465	-2115	350
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	-499	-2965	-2845	-2495	350
		-514	-3355	-3235	-2885	350
		-487	-2625	-2505	-2155	350

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 125 Corriente impresa C.3 semana 8

CORRIENTE IMPRESA (50mA, 15V)						
Semana 8						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	-142	-865	-780	-722	58
		-168	-1015	-922	-865	57
		-151	-885	-800	-742	58
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	-159	-1225	-1120	-1062	58
		-138	-812	-728	-670	58
		-171	-952	-868	-810	58
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	-146	-872	-788	-730	58
		-155	-932	-848	-790	58
		-163	-1125	-1030	-972	58
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	-241	-1185	-1085	-940	145
		-269	-1525	-1410	-1260	150
		-252	-1365	-1265	-1120	145
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	-258	-1955	-1835	-1680	155
		-243	-1145	-1048	-905	143
		-271	-1685	-1565	-1420	145
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	-253	-1475	-1365	-1220	145
		-265	-1855	-1735	-1580	155
		-246	-1265	-1165	-1020	145
Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	-392	-1885	-1765	-1495	270
		-418	-2285	-2155	-1880	275
		-406	-2625	-2495	-2215	280
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	-420	-3085	-2950	-2675	275
		-389	-1725	-1605	-1335	270
		-411	-2125	-2000	-1730	270
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	-398	-2425	-2295	-2020	275
		-417	-2785	-2655	-2380	275
		-391	-1985	-1865	-1595	270
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	-492	-2655	-2525	-2125	400
		-520	-3155	-3020	-2615	405
		-506	-3555	-3415	-3010	405
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	-518	-4055	-3910	-3505	405
		-486	-2255	-2125	-1725	400
		-507	-2785	-2655	-2255	400
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	-499	-3255	-3115	-2715	400
		-514	-3755	-3615	-3215	400
		-487	-2985	-2855	-2455	400

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 126 Corriente impresa C.3 semana 9

CORRIENTE IMPRESA (50mA, 15V)						
Semana 9						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	-142	-895	-808	-748	60
		-168	-1045	-948	-888	60
		-151	-915	-828	-768	60
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	-159	-1285	-1178	-1116	62
		-138	-842	-756	-696	60
		-171	-985	-898	-838	60
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	-146	-905	-818	-758	60
		-155	-965	-878	-818	60
		-163	-1165	-1068	-1008	60
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	-241	-1215	-1112	-960	152
		-269	-1585	-1465	-1310	155
		-252	-1395	-1288	-1135	153
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	-258	-2055	-1925	-1765	160
		-243	-1185	-1085	-935	150
		-271	-1755	-1630	-1478	152
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	-253	-1525	-1415	-1262	153
		-265	-1985	-1855	-1698	157
		-246	-1325	-1215	-1062	153
Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	-392	-2025	-1895	-1615	280
		-418	-2455	-2315	-2030	285
		-406	-2855	-2715	-2430	285
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	-420	-3355	-3210	-2925	285
		-389	-1855	-1725	-1445	280
		-411	-2255	-2125	-1840	285
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	-398	-2585	-2445	-2160	285
		-417	-2985	-2840	-2555	285
		-391	-2155	-2025	-1745	280
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	-492	-2855	-2715	-2295	420
		-520	-3455	-3310	-2890	420
		-506	-3955	-3805	-3385	420
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	-518	-4555	-4405	-3985	420
		-486	-2455	-2315	-1895	420
		-507	-3055	-2910	-2490	420
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	-499	-3555	-3405	-2985	420
		-514	-4155	-4005	-3585	420
		-487	-3255	-3110	-2690	420

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 127 Corriente impresa C.3 semana 10

CORRIENTE IMPRESA (50mA, 15V)						
Semana 10						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	-142	-918	-828	-766	62
		-168	-1075	-976	-914	62
		-151	-938	-848	-786	62
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	-159	-1325	-1215	-1152	63
		-138	-865	-776	-714	62
		-171	-1008	-918	-856	62
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	-146	-928	-838	-776	62
		-155	-988	-898	-836	62
		-163	-1195	-1096	-1034	62
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	-241	-1255	-1148	-990	158
		-269	-1655	-1530	-1370	160
		-252	-1455	-1340	-1185	155
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	-258	-2185	-2045	-1885	160
		-243	-1215	-1108	-950	158
		-271	-1825	-1695	-1535	160
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	-253	-1585	-1465	-1308	157
		-265	-2085	-1945	-1788	157
		-246	-1365	-1250	-1095	155
Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	-392	-2125	-1985	-1695	290
		-418	-2585	-2435	-2140	295
		-406	-3055	-2905	-2610	295
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	-420	-3585	-3435	-3140	295
		-389	-1945	-1805	-1515	290
		-411	-2385	-2245	-1950	295
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	-398	-2725	-2575	-2280	295
		-417	-3185	-3035	-2740	295
		-391	-2285	-2145	-1855	290
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	-492	-3055	-2905	-2455	450
		-520	-3685	-3535	-3085	450
		-506	-4255	-4105	-3655	450
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	-518	-4855	-4705	-4255	450
		-486	-2625	-2475	-2025	450
		-507	-3285	-3135	-2685	450
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	-499	-3855	-3705	-3255	450
		-514	-4455	-4305	-3855	450
		-487	-3555	-3405	-2955	450

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 128 Corriente impresa C.3 semana 11

CORRIENTE IMPRESA (50mA, 15V)						
Semana 11						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	-142	-935	-842	-778	64
		-168	-1125	-1018	-952	66
		-151	-955	-862	-798	64
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	-159	-1385	-1268	-1202	66
		-138	-885	-795	-732	63
		-171	-1035	-942	-878	64
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	-146	-955	-862	-798	64
		-155	-1015	-922	-858	64
		-163	-1245	-1138	-1072	66
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	-241	-1295	-1182	-1018	164
		-269	-1755	-1618	-1445	173
		-252	-1495	-1375	-1210	165
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	-258	-2325	-2175	-2000	175
		-243	-1255	-1142	-980	162
		-271	-1925	-1775	-1608	167
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	-253	-1655	-1525	-1360	165
		-265	-2185	-2035	-1870	165
		-246	-1425	-1305	-1140	165
Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	-392	-2255	-2105	-1795	310
		-418	-2755	-2595	-2285	310
		-406	-3255	-3095	-2785	310
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	-420	-3825	-3655	-3345	310
		-389	-2055	-1905	-1595	310
		-411	-2555	-2395	-2085	310
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	-398	-2955	-2795	-2485	310
		-417	-3525	-3355	-3045	310
		-391	-2455	-2305	-1995	310
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	-492	-3255	-3095	-2595	500
		-520	-3955	-3795	-3295	500
		-506	-4555	-4395	-3895	500
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	-518	-5255	-5095	-4595	500
		-486	-2825	-2665	-2165	500
		-507	-3555	-3395	-2895	500
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	-499	-4155	-3995	-3495	500
		-514	-4855	-4695	-4195	500
		-487	-3755	-3595	-3095	500

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 129 Corriente impresa C.3 semana 12

CORRIENTE IMPRESA (50mA, 15V)						
Semana 12						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	-142	-948	-855	-790	65
		-168	-1142	-1032	-965	67
		-151	-968	-875	-810	65
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	-159	-1415	-1295	-1228	67
		-138	-898	-805	-740	65
		-171	-1048	-955	-890	65
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	-146	-968	-875	-810	65
		-155	-1028	-935	-870	65
		-163	-1268	-1158	-1092	66
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	-241	-1318	-1202	-1035	167
		-269	-1785	-1645	-1472	173
		-252	-1528	-1405	-1238	167
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	-258	-2365	-2210	-2035	175
		-243	-1278	-1162	-998	164
		-271	-1965	-1805	-1635	170
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	-253	-1685	-1555	-1388	167
		-265	-2225	-2075	-1905	170
		-246	-1455	-1335	-1168	167
Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	-392	-2285	-2130	-1815	315
		-418	-2785	-2625	-2310	315
		-406	-3295	-3135	-2820	315
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	-420	-3865	-3695	-3380	315
		-389	-2085	-1935	-1620	315
		-411	-2585	-2425	-2110	315
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	-398	-2995	-2835	-2520	315
		-417	-3565	-3395	-3080	315
		-391	-2485	-2335	-2020	315
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	-492	-3285	-3125	-2620	505
		-520	-3985	-3825	-3320	505
		-506	-4585	-4425	-3920	505
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	-518	-5285	-5125	-4620	505
		-486	-2855	-2695	-2190	505
		-507	-3585	-3425	-2920	505
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	-499	-4185	-4025	-3520	505
		-514	-4885	-4725	-4220	505
		-487	-3785	-3625	-3120	505

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 130 Corriente impresa C.3 semana 13

CORRIENTE IMPRESA (50mA, 15V)						
Semana 13						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	-142	-955	-862	-796	66
		-168	-1155	-1042	-975	67
		-151	-975	-882	-816	66
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	-159	-1425	-1302	-1235	67
		-138	-905	-812	-746	66
		-171	-1055	-962	-896	66
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	-146	-975	-882	-816	66
		-155	-1035	-942	-876	66
		-163	-1275	-1162	-1096	66
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	-241	-1325	-1208	-1040	168
		-269	-1795	-1652	-1478	174
		-252	-1535	-1410	-1242	168
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	-258	-2375	-2218	-2042	176
		-243	-1285	-1168	-1002	166
		-271	-1975	-1810	-1642	168
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	-253	-1695	-1562	-1395	167
		-265	-2235	-2085	-1915	170
		-246	-1465	-1340	-1172	168
Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	-392	-2295	-2138	-1822	316
		-418	-2795	-2635	-2318	317
		-406	-3305	-3145	-2828	317
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	-420	-3875	-3705	-3388	317
		-389	-2095	-1942	-1626	316
		-411	-2595	-2435	-2118	317
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	-398	-3005	-2845	-2528	317
		-417	-3575	-3405	-3088	317
		-391	-2495	-2342	-2026	316
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	-492	-3295	-3135	-2628	507
		-520	-3995	-3835	-3328	507
		-506	-4595	-4435	-3928	507
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	-518	-5295	-5135	-4628	507
		-486	-2865	-2705	-2200	505
		-507	-3595	-3435	-2930	505
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	-499	-4195	-4035	-3530	505
		-514	-4895	-4735	-4230	505
		-487	-3795	-3635	-3130	505

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 131 Corriente impresa C.3 semana 14

CORRIENTE IMPRESA (50mA, 15V)						
Semana 14						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	-142	-962	-868	-802	66
		-168	-1165	-1050	-982	68
		-151	-982	-888	-822	66
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	-159	-1435	-1312	-1244	68
		-138	-912	-818	-752	66
		-171	-1062	-968	-902	66
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	-146	-982	-888	-822	66
		-155	-1042	-948	-882	66
		-163	-1285	-1172	-1104	68
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	-241	-1335	-1215	-1045	170
		-269	-1815	-1670	-1495	175
		-252	-1545	-1418	-1248	170
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	-258	-2395	-2235	-2060	175
		-243	-1295	-1175	-1005	170
		-271	-1995	-1835	-1660	175
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	-253	-1715	-1580	-1410	170
		-265	-2255	-2095	-1920	175
		-246	-1475	-1355	-1185	170
Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	-392	-2305	-2145	-1828	317
		-418	-2815	-2655	-2338	317
		-406	-3325	-3165	-2848	317
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	-420	-3895	-3725	-3408	317
		-389	-2105	-1950	-1635	315
		-411	-2615	-2455	-2138	317
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	-398	-3025	-2865	-2548	317
		-417	-3595	-3425	-3108	317
		-391	-2515	-2360	-2045	315
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	-492	-3315	-3155	-2645	510
		-520	-4015	-3855	-3345	510
		-506	-4615	-4455	-3945	510
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	-518	-5315	-5155	-4645	510
		-486	-2885	-2725	-2215	510
		-507	-3615	-3455	-2945	510
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	-499	-4215	-4055	-3545	510
		-514	-4915	-4755	-4245	510
		-487	-3815	-3655	-3145	510

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 132 Corriente impresa C.3 semana 15

CORRIENTE IMPRESA (50mA, 15V)						
Semana 15						
Ítem	% NaCl	Potencial Inicial (mV)	ON (mV)	Instant OFF (mV)	24h (mV)	ΔE (mV)
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	-142	-968	-874	-808	66
		-168	-1175	-1060	-990	70
		-151	-988	-894	-828	66
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	-159	-1445	-1322	-1254	68
		-138	-918	-824	-758	66
		-171	-1068	-974	-908	66
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	-146	-988	-894	-828	66
		-155	-1048	-954	-888	66
		-163	-1295	-1182	-1112	70
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	-241	-1345	-1222	-1050	172
		-269	-1835	-1685	-1505	180
		-252	-1555	-1428	-1255	173
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	-258	-2415	-2255	-2080	175
		-243	-1305	-1182	-1010	172
		-271	-2015	-1855	-1675	180
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	-253	-1735	-1598	-1425	173
		-265	-2275	-2115	-1940	175
		-246	-1485	-1362	-1190	172
Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	-392	-2315	-2155	-1835	320
		-418	-2835	-2675	-2355	320
		-406	-3345	-3185	-2865	320
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	-420	-3915	-3745	-3425	320
		-389	-2115	-1960	-1640	320
		-411	-2635	-2475	-2155	320
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	-398	-3045	-2885	-2565	320
		-417	-3615	-3445	-3125	320
		-391	-2535	-2380	-2060	320
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	-492	-3335	-3175	-2665	510
		-520	-4035	-3875	-3365	510
		-506	-4635	-4475	-3965	510
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	-518	-5335	-5175	-4665	510
		-486	-2905	-2745	-2235	510
		-507	-3635	-3475	-2965	510
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	-499	-4235	-4075	-3565	510
		-514	-4935	-4775	-4265	510
		-487	-3835	-3675	-3165	510

Fuente: Elaboración propia.

4.11.6. Resultados de la prueba de despolarización (ΔE) empleando corriente impresa.

Tabla 133 Resumen de prueba de polarización (ΔE) de los aceros sometidos a protección catódica por corriente impresa (mV) 10mA 3V

Resumen de prueba de polarización (ΔE) de los aceros sometidos a protección catódica por corriente impresa (mV) 10mA 3V																
Ítem	% NaCl	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
Prismática CI-V1-0.0-1	0.0%	37	43	45	46	50	54	58	60	62	64	66	67	68	69	70
		38	44	45	46	51	56	60	62	62	64	66	67	68	69	70
		39	44	45	46	48	52	58	60	62	64	66	67	68	69	70
Prismática CI-V1-0.0-2	0.0%	38	44	45	46	50	56	60	60	62	64	66	66	68	69	70
		38	43	45	46	48	52	57	60	62	64	66	67	68	69	70
		37	44	45	46	50	54	58	60	62	64	66	67	68	69	70
Prismática CI-V1-0.0-3	0.0%	38	44	45	46	48	54	58	60	62	64	66	67	68	69	70
		38	44	45	46	49	54	57	60	62	64	66	67	68	69	70
		38	44	45	46	50	54	58	60	62	64	66	67	68	69	70
Promedio		38	44	45	46	49	54	58	60	62	64	66	67	68	69	70
Prismática CI-V1-0.5-1	0.5%	52	61	74	82	100	110	123	132	135	138	143	145	147	150	150
		51	62	74	82	102	112	126	137	138	140	147	149	151	158	158
		52	62	74	82	98	108	117	126	127	130	130	130	130	132	132
Prismática CI-V1-0.5-2	0.5%	52	62	74	82	102	114	128	134	142	141	140	142	143	147	145
		51	61	74	82	98	107	116	125	124	124	127	129	131	130	130
		52	62	74	82	100	114	122	133	133	132	135	135	138	143	143
Prismática CI-V1-0.5-3	0.5%	52	62	74	82	98	108	120	130	130	130	130	133	130	133	135
		52	62	74	82	102	114	129	132	134	140	137	140	143	145	145
		51	61	74	82	98	108	116	124	126	125	125	125	128	130	130
Promedio		52	62	74	82	100	111	122	130	132	133	135	136	138	141	141
Prismática CI-V1-1.5-1	1.5%	67	82	102	107	135	152	170	182	185	188	193	198	203	208	213
		68	83	102	107	133	155	172	185	188	190	200	205	210	215	225
		68	83	102	107	132	155	171	185	193	195	205	215	220	225	230
Prismática CI-V1-1.5-2	1.5%	68	83	102	107	130	153	170	183	190	198	205	215	220	225	230
		67	82	102	107	135	150	167	180	180	185	190	190	190	190	195
		67	82	102	107	133	150	170	180	185	190	195	195	198	200	205
Prismática CI-V1-1.5-3	1.5%	68	83	102	107	132	150	167	180	185	190	195	195	200	205	210
		68	83	102	107	130	150	168	180	185	195	200	200	205	210	215
		67	82	102	107	137	152	170	180	185	185	195	194	198	200	205
Promedio		68	83	102	107	133	152	169	182	186	191	198	201	205	209	214
Prismática CI-V1-2.5-1	2.5%	91	109	134	140	175	187	200	218	225	235	250	255	260	260	265
		91	109	134	140	175	190	203	220	230	240	255	260	265	270	275
		91	109	134	140	175	190	205	225	235	245	260	265	270	280	285
Prismática CI-V1-2.5-2	2.5%	91	109	134	140	172	188	207	227	235	245	260	265	270	280	285
		91	109	134	140	175	188	195	215	220	230	245	250	250	250	255
		91	109	134	140	175	185	195	225	230	240	255	260	260	265	270
Prismática CI-V1-2.5-3	2.5%	91	109	134	140	175	185	195	225	235	245	260	265	265	270	275
		91	109	134	140	175	185	195	225	235	250	265	270	270	275	280
		91	109	134	140	175	185	205	223	230	240	255	260	260	260	270
Promedio		91	109	134	140	175	187	200	223	231	241	256	261	263	268	273

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 134 Resumen de prueba de polarización (ΔE) de los aceros sometidos a protección catódica por corriente impresa (mV) 20mA 6V

Resumen de prueba de polarización (ΔE) de los aceros sometidos a protección catódica por corriente impresa (mV) 20mA 6V																
Ítem	% NaCl	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
Prismática CI-V2-0.0-1	0.0%	48	52	55	57	60	62	64	66	66	67	67	67	66	67	67
		50	53	55	57	58	63	65	64	66	66	66	66	65	66	66
		49	52	55	58	60	62	64	65	67	67	66	66	66	66	66
Prismática CI-V2-0.0-2	0.0%	48	52	55	57	60	63	65	68	67	68	67	67	67	67	67
		47	52	55	57	58	62	64	65	67	66	66	66	66	66	66
		50	53	55	57	60	62	64	65	67	67	66	66	66	66	66
Prismática CI-V2-0.0-3	0.0%	49	52	55	58	58	62	64	66	67	66	66	66	66	66	66
		48	52	55	57	60	63	64	66	67	67	66	66	66	66	66
		49	52	55	57	60	63	64	65	67	67	66	66	65	66	66
Promedio		49	52	55	57	59	62	64	66	67	67	66	66	66	66	66
Prismática CI-V2-0.5-1	0.5%	97	115	130	140	140	158	165	170	172	179	180	180	182	182	182
		98	115	130	140	145	160	165	175	173	178	178	178	177	178	180
		95	115	130	140	140	158	165	160	170	174	174	174	175	176	175
Prismática CI-V2-0.5-2	0.5%	100	115	130	140	145	160	165	180	180	183	184	184	184	184	186
		93	115	130	140	137	155	165	165	165	167	167	167	166	167	168
		98	115	130	140	145	160	165	170	170	177	177	177	177	177	178
Prismática CI-V2-0.5-3	0.5%	95	115	130	140	140	158	165	165	170	174	175	175	176	176	176
		98	115	130	140	145	160	165	175	173	179	179	179	177	178	180
		95	115	130	140	135	158	165	170	170	178	178	178	177	176	179
Promedio		97	115	130	140	141	159	165	170	171	177	177	177	177	177	178
Prismática CI-V2-1.5-1	1.5%	130	165	180	200	218	230	240	270	280	301	302	303	304	305	305
		130	165	180	200	220	230	240	265	280	299	301	302	304	304	304
		135	165	180	200	220	230	240	260	280	301	301	302	303	303	304
Prismática CI-V2-1.5-2	1.5%	135	165	180	200	220	230	240	260	280	299	301	302	303	304	304
		130	165	180	200	215	230	240	260	280	302	302	303	303	304	304
		130	165	180	200	220	230	240	265	280	301	301	302	303	303	304
Prismática CI-V2-1.5-3	1.5%	130	165	180	200	220	230	240	265	280	299	301	302	303	303	304
		135	165	180	200	220	230	240	260	280	298	300	301	303	303	303
		130	165	180	200	218	230	240	260	280	301	301	303	304	303	304
Promedio		132	165	180	200	219	230	240	263	280	300	301	302	303	304	304
	2.5%	185	235	290	315	345	370	390	460	490	515	515	515	515	516	519

Prismática		185	235	290	315	345	370	390	460	490	513	513	513	513	513
CI-V2-2.5-1		190	235	290	315	340	370	390	460	490	514	513	512	512	513
Prismática	2.5%	185	235	285	315	340	370	390	460	490	513	513	512	511	512
CI-V2-2.5-2		185	235	290	315	345	370	390	460	490	513	513	513	514	514
		185	235	290	315	345	370	390	460	490	514	513	512	512	512
Prismática	2.5%	185	235	290	315	345	370	390	460	490	514	513	513	513	513
CI-V2-2.5-3		190	235	290	315	345	370	390	460	490	512	513	513	512	513
		185	235	290	315	345	370	390	460	490	515	513	512	513	514
Promedio		186	235	289	315	344	370	390	460	490	514	513	513	513	513

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 135 Resumen de prueba de polarización (ΔE) de los aceros sometidos a protección catódica por corriente impresa (mV) 50mA 15V

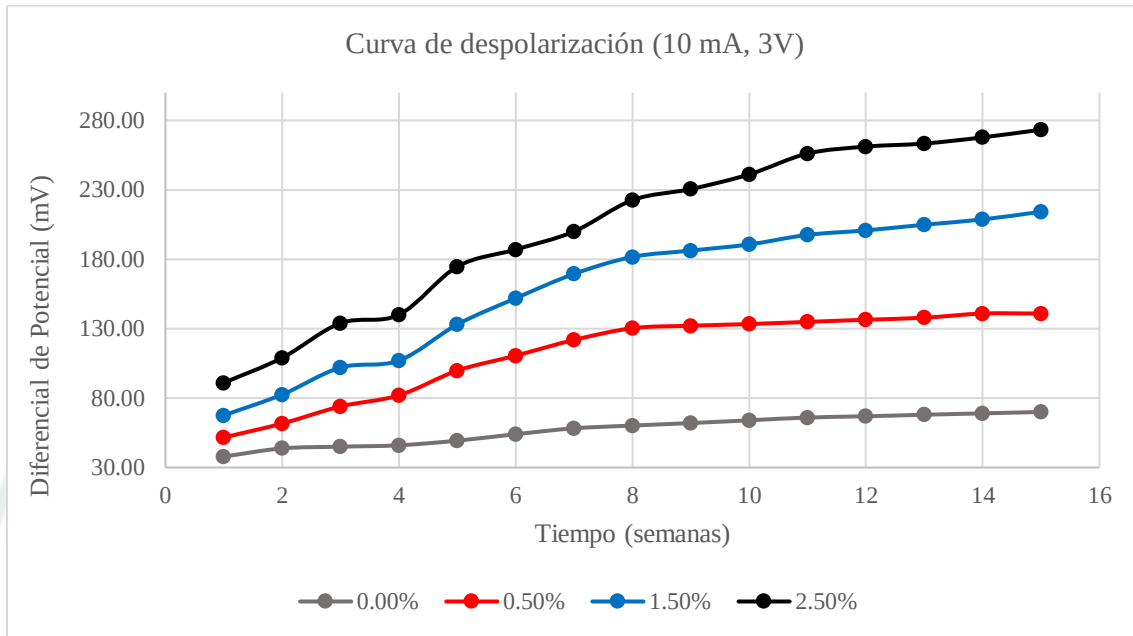
Resumen de prueba de polarización (ΔE) de los aceros sometidos a protección catódica por corriente impresa (mV) 50mA 15V																
Ítem	% NaCl	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
Prismática CI-V3-0.0-1	0.0%	48	50	52	54	55	56	57	58	60	62	64	65	66	66	66
		47	50	53	55	56	56	57	57	60	62	66	67	67	68	70
		48	50	53	54	55	56	57	58	60	62	64	65	66	66	66
Prismática CI-V3-0.0-2	0.0%	48	51	54	56	56	56	58	58	62	63	66	67	67	68	68
		47	50	52	54	55	56	57	58	60	62	63	65	66	66	66
		48	50	53	54	55	56	57	58	60	62	64	65	66	66	66
Prismática CI-V3-0.0-3	0.0%	47	50	52	54	55	56	57	58	60	62	64	65	66	66	66
		48	50	52	54	56	56	57	58	60	62	64	65	66	66	66
		47	50	53	54	56	56	57	58	60	62	66	66	66	68	70
Promedio		48	50	53	54	55	56	57	58	60	62	65	66	66	67	67
Prismática CI-V3-0.5-1	0.5%	115	117	125	130	132	133	138	145	152	158	164	167	168	170	172
		117	119	125	130	135	137	143	150	155	160	173	173	174	175	180
		113	120	125	130	133	133	138	145	153	155	165	167	168	170	173
Prismática CI-V3-0.5-2	0.5%	117	119	127	132	138	142	150	155	160	160	175	175	176	175	175
		115	119	125	130	131	133	137	143	150	158	162	164	166	170	172
		117	118	125	130	133	133	140	145	152	160	167	170	168	175	180
Prismática CI-V3-0.5-3	0.5%	116	119	125	130	133	134	137	145	153	157	165	167	167	170	173
		117	119	127	132	138	140	147	155	157	157	165	170	170	175	175
		117	120	125	130	132	132	138	145	153	155	165	167	168	170	172
Promedio		116	119	125	130	134	135	141	148	154	158	167	169	169	172	175

Prismática CI-V3-1.5-1	1.5%	173	188	207	218	232	245	260	270	280	290	310	315	316	317	320
		173	188	208	218	233	245	260	275	285	295	310	315	317	317	320
		174	188	207	218	234	245	260	280	285	295	310	315	317	317	320
Prismática CI-V3-1.5-2	1.5%	173	188	207	218	235	246	260	275	285	295	310	315	317	317	320
		174	187	207	218	234	245	260	270	280	290	310	315	316	315	320
		173	188	207	218	234	245	260	270	285	295	310	315	317	317	320
Prismática CI-V3-1.5-3	1.5%	173	188	207	218	234	245	260	275	285	295	310	315	317	317	320
		173	188	207	218	234	246	260	275	285	295	310	315	317	317	320
		173	188	207	218	234	245	260	270	280	290	310	315	316	315	320
Promedio		173	188	207	218	234	245	260	273	283	293	310	315	317	317	320
Prismática CI-V3-2.5-1	2.5%	223	244	280	288	295	315	350	400	420	450	500	505	507	510	510
		223	244	280	288	295	315	350	405	420	450	500	505	507	510	510
		224	244	280	290	295	315	350	405	420	450	500	505	507	510	510
Prismática CI-V3-2.5-2	2.5%	223	245	280	288	295	316	350	405	420	450	500	505	507	510	510
		223	244	280	288	295	315	350	400	420	450	500	505	505	510	510
		223	244	280	288	295	315	350	400	420	450	500	505	505	510	510
Prismática CI-V3-2.5-3	2.5%	223	244	280	288	295	315	350	400	420	450	500	505	505	510	510
		223	244	280	288	295	315	350	400	420	450	500	505	505	510	510
		223	244	280	288	295	315	350	400	420	450	500	505	505	510	510
Promedio		223	244	280	288	295	315	350	402	420	450	500	505	506	510	510

Fuente: Elaboración propia.

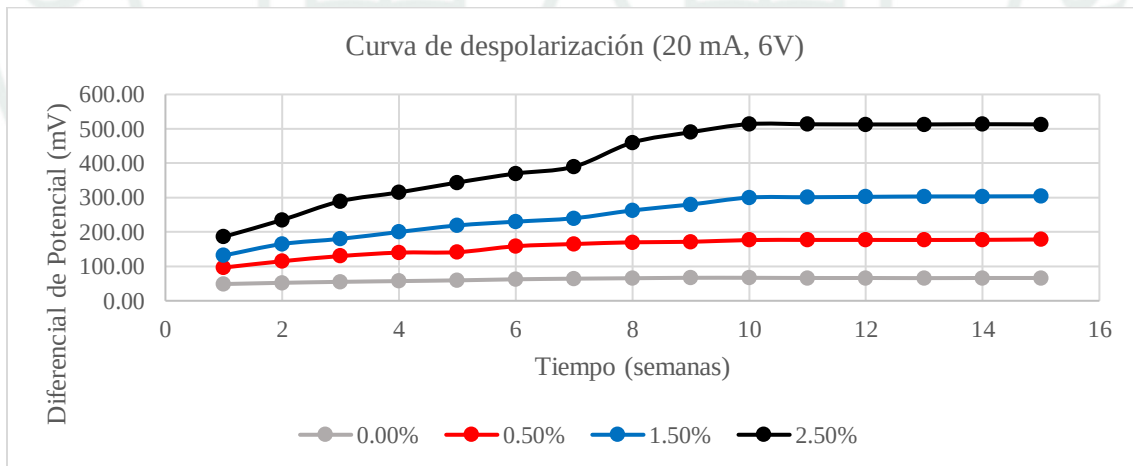
4.11.7. Efectividad de protección catódica por corriente impresa

Figura 73 Curva de despolarización bajo una configuración eléctrica de 10 mA y 3 V



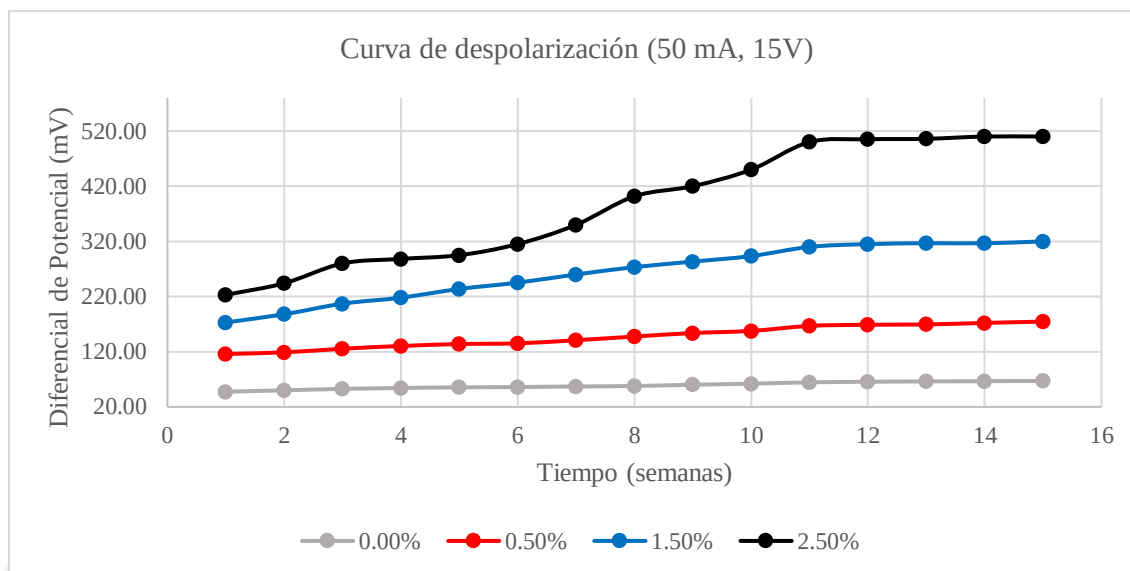
Fuente: Elaboración propia.

Figura 74 Curva de despolarización bajo una configuración eléctrica de 20 mA y 6 V



Fuente: Elaboración propia.

Figura 75 Curva de despolarización bajo una configuración eléctrica de 50 mA y 15 V



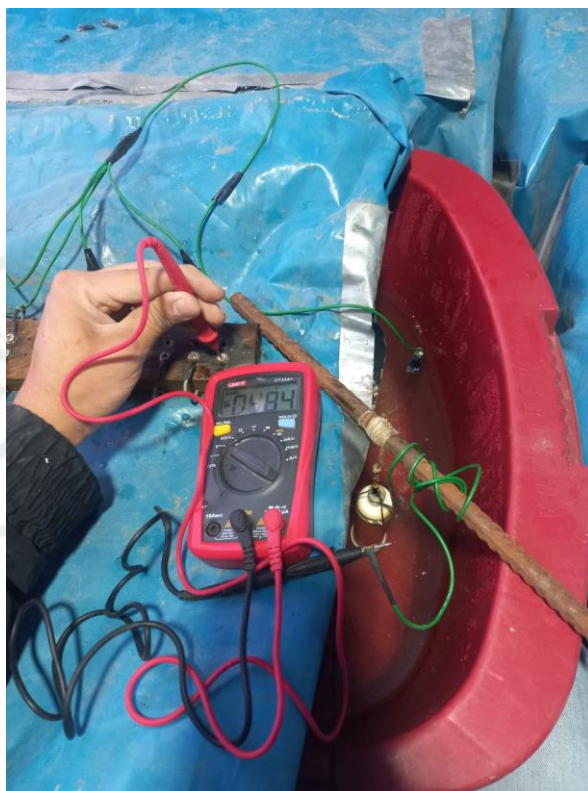
Fuente: Elaboración propia.

Figura 76 Medición de potencial ON ánodo de sacrificio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 77 Medición de potencial instantáneo OFF ánodo de sacrificio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 78 Ánodo de sacrificio medición de potencial 24 horas después



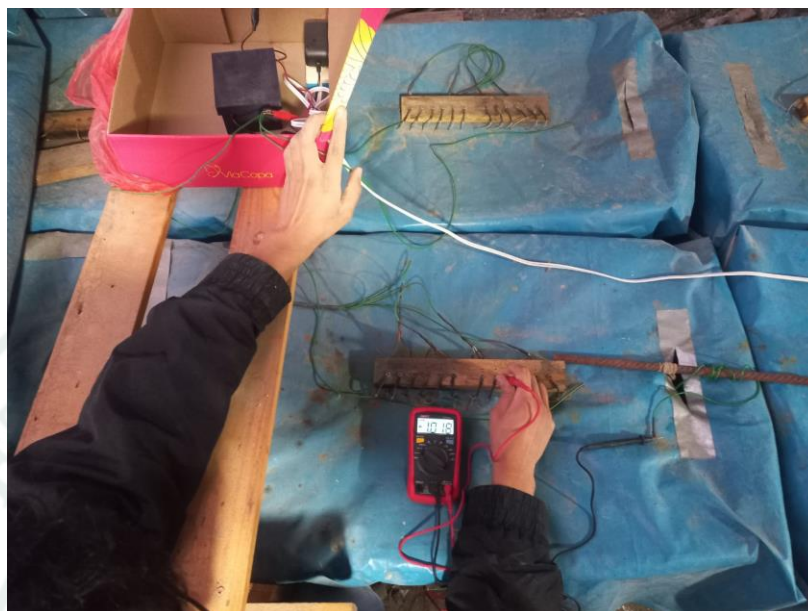
Fuente: Elaboración propia.

Figura 79 Medición del potencial ON en el sistema de protección catódica por corriente impresa



Fuente: Elaboración propia.

Figura 80 Medición del potencial Instant OFF en el sistema de corriente impresa



Fuente: Elaboración propia.

Figura 81 Medición del potencial electroquímico de despolarización tras un periodo de 24 horas



Fuente: Elaboración propia.

4.12. Velocidad de corrosión

La velocidad de corrosión obtenida permitió evaluar el grado de deterioro del acero embebido en el concreto bajo las condiciones de exposición estudiadas.

ASTM G31

Se determinó la velocidad de corrosión mediante el método de pérdida de masa, en conformidad con la norma ASTM G31 (Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals). Complementada con los lineamientos de la norma ASTM G1 para la remoción de productos de oxidación.

ASTM G1

Se calculó la tasa de corrosión mediante el método gravimétrico de pérdida de masa, en estricta conformidad con los lineamientos de la norma ASTM G1. Dicha normativa proporcionó el protocolo que estandarizó la remoción química de los productos de corrosión de las varillas de acero, garantizando la integridad del metal base antes de la cuantificación de la masa final. Para el cálculo de la velocidad de penetración, se empleó la siguiente expresión matemática.

$$CR = \frac{K \cdot W}{A \cdot t \cdot \rho} \quad Ec. (31)$$

CR = Velocidad de corrosión (mm/año).

K = Constante ($8.76 \cdot 10^4$).

W = Pérdida de masa del acero (g).

A = Área expuesta del acero (81.07 cm^2).

t = Tiempo de exposición (109 días).

ρ = Densidad del acero (7.85 g/cm^3).

Los resultados obtenidos de este cálculo se detallan en las siguientes tablas:

Tabla 136 Testigos sin protección

TESTIGO SIN PROTECCIÓN						
Ítem	% NaCl	Wi Inicial (g)	Wf Final (g)	Wi-Wf (g)	Vcorr (mm/año)	Nivel
Prismática SP-0.0-1	0.0%	362.1	361.4	0.7	0.038	BAJA
		365.1	361.6	3.5	0.183	ALTA
		365.3	365.2	0.1	0.006	MUY BAJA
Prismática SP-0.0-2	0.0%	362.3	362.0	0.3	0.014	BAJA
		363.6	361.5	2.1	0.111	ALTA
		365.0	364.9	0.1	0.005	MUY BAJA
Prismática SP-0.0-3	0.0%	365.5	361.5	3.9	0.208	ALTA
		363.6	362.1	1.4	0.075	MODERADA
		364.8	364.7	0.1	0.005	MUY BAJA
Prismática SP-0.5-1	0.5%	363.6	360.8	2.9	0.151	ALTA
		366.0	361.3	4.7	0.247	ALTA
		362.3	361.1	1.2	0.061	MODERADA
Prismática SP-0.5-2	0.5%	362.9	361.1	1.8	0.094	MODERADA
		363.0	361.4	1.6	0.085	MODERADA
		365.8	360.3	5.5	0.291	ALTA
Prismática SP-0.5-3	0.5%	362.7	360.9	1.8	0.096	MODERADA
		364.2	361.0	3.1	0.165	ALTA
		362.7	360.7	2.0	0.107	ALTA
Prismática SP-1.5-1	1.5%	364.3	360.5	3.8	0.201	ALTA
		363.2	361.0	2.2	0.115	ALTA
		364.5	361.9	2.5	0.133	ALTA
Prismática SP-1.5-2	1.5%	363.1	361.9	1.2	0.061	MODERADA
		363.9	361.0	2.9	0.152	ALTA
		363.3	361.7	1.6	0.084	MODERADA
Prismática SP-1.5-3	1.5%	362.7	360.8	1.9	0.103	ALTA
		364.9	361.2	3.8	0.198	ALTA
		365.4	361.0	4.4	0.232	ALTA
Prismática SP-2.5-1	2.5%	365.5	360.2	5.3	0.278	ALTA
		364.5	360.7	3.8	0.198	ALTA
		365.7	360.5	5.2	0.272	ALTA
Prismática SP-2.5-2	2.5%	363.7	360.7	3.0	0.157	ALTA
		364.0	361.9	2.1	0.111	ALTA
		363.6	361.1	2.6	0.135	ALTA
Prismática SP-2.5-3	2.5%	365.7	361.1	4.6	0.239	ALTA
		362.5	360.3	2.1	0.113	ALTA
		365.0	360.5	4.6	0.241	ALTA

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 137 Testigo protegido por ánodo de sacrificio magnesio

TESTIGO PROTEGIDO POR ÁNODO DE SACRIFICIO MAGNESIO						
Ítem	% NaCl	Wi Inicial (g)	Wf Final (g)	Wi-Wf (g)	Vcorr (mm/año)	Nivel
Prismática AS-MG-0.0-1	0.0%	363.2	361.7	1.5	0.080	MODERADA
		365.4	364.9	0.5	0.027	BAJA
		363.4	362.4	1.1	0.056	MODERADA
Prismática AS-MG-0.0-2	0.0%	365.6	364.8	0.8	0.043	BAJA
		363.3	362.1	1.2	0.065	MODERADA
		363.1	362.8	0.3	0.018	BAJA
Prismática AS-MG-0.0-3	0.0%	365.5	364.9	0.6	0.034	BAJA
		365.8	364.7	1.1	0.056	MODERADA
		365.4	365.0	0.4	0.020	BAJA
Prismática AS-MG-0.5-1	0.5%	365.5	364.6	0.9	0.048	BAJA
		364.8	363.9	0.9	0.049	BAJA
		364.9	362.1	2.8	0.146	ALTA
Prismática AS-MG-0.5-2	0.5%	363.7	363.1	0.6	0.034	BAJA
		364.9	364.7	0.2	0.010	BAJA
		363.9	362.0	1.9	0.102	ALTA
Prismática AS-MG-0.5-3	0.5%	363.6	363.5	0.1	0.004	MUY BAJA
		365.7	365.1	0.6	0.033	BAJA
		363.4	362.1	1.3	0.069	MODERADA
Prismática AS-MG-1.5-1	1.5%	363.8	362.0	1.9	0.099	MODERADA
		365.7	364.1	1.6	0.086	MODERADA
		363.5	362.5	1.0	0.055	MODERADA
Prismática AS-MG-1.5-2	1.5%	365.1	363.6	1.5	0.078	MODERADA
		363.3	362.2	1.1	0.055	MODERADA
		365.1	364.4	0.7	0.038	BAJA
Prismática AS-MG-1.5-3	1.5%	364.1	362.3	1.9	0.098	MODERADA
		363.2	361.9	1.3	0.069	MODERADA
		364.5	363.3	1.2	0.064	MODERADA
Prismática AS-MG-2.5-1	2.5%	363.1	362.8	0.3	0.014	BAJA
		364.1	362.6	1.5	0.077	MODERADA
		365.5	364.4	1.1	0.059	MODERADA
Prismática AS-MG-2.5-2	2.5%	363.3	362.0	1.2	0.065	MODERADA
		364.3	363.2	1.1	0.059	MODERADA
		364.6	363.0	1.6	0.083	MODERADA
Prismática AS-MG-2.5-3	2.5%	363.9	363.5	0.4	0.021	BAJA
		363.2	362.0	1.1	0.058	MODERADA
		364.3	363.2	1.1	0.059	MODERADA

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 138 Testigo protegido por ánodo de sacrificio aluminio

TESTIGO PROTEGIDO POR ÁNODO DE SACRIFICIO ALUMINIO						
Ítem	% NaCl	Wi Inicial (g)	Wf Final (g)	Wi-Wf (g)	Vcorr (mm/año)	Nivel
Prismática AS-AL-0.0-1	0.0%	364.7	362.8	1.8	0.097	MODERADA
		364.5	362.7	1.8	0.094	MODERADA
		362.3	361.4	0.9	0.048	BAJA
Prismática AS-AL-0.0-2	0.0%	362.5	361.2	1.2	0.065	MODERADA
		363.8	362.5	1.3	0.067	MODERADA
		363.1	362.3	0.7	0.039	BAJA
Prismática AS-AL-0.0-3	0.0%	363.7	362.5	1.2	0.061	MODERADA
		362.2	361.8	0.4	0.020	BAJA
		363.7	362.9	0.8	0.044	BAJA
Prismática AS-AL-0.5-1	0.5%	364.6	363.2	1.4	0.072	MODERADA
		363.9	361.7	2.2	0.114	ALTA
		363.3	361.9	1.5	0.078	MODERADA
Prismática AS-AL-0.5-2	0.5%	364.2	361.0	3.2	0.166	ALTA
		362.0	361.9	0.1	0.003	MUY BAJA
		363.9	362.5	1.3	0.071	MODERADA
Prismática AS-AL-0.5-3	0.5%	362.1	361.9	0.3	0.013	BAJA
		362.3	362.1	0.3	0.013	BAJA
		364.6	361.5	3.2	0.167	ALTA
Prismática AS-AL-1.5-1	1.5%	362.0	362.0	0.0	0.000	MUY BAJA
		364.9	363.5	1.4	0.074	MODERADA
		364.8	363.9	0.9	0.049	BAJA
Prismática AS-AL-1.5-2	1.5%	364.2	361.8	2.5	0.130	ALTA
		364.1	362.9	1.2	0.061	MODERADA
		363.3	362.5	0.8	0.044	BAJA
Prismática AS-AL-1.5-3	1.5%	363.5	362.5	1.0	0.053	MODERADA
		362.4	362.3	0.1	0.005	MUY BAJA
		364.4	362.8	1.6	0.085	MODERADA
Prismática AS-AL-2.5-1	2.5%	364.8	361.6	3.2	0.166	ALTA
		364.6	362.3	2.4	0.124	ALTA
		364.6	362.3	2.3	0.119	ALTA
Prismática AS-AL-2.5-2	2.5%	362.9	362.1	0.9	0.046	BAJA
		364.3	362.6	1.7	0.088	MODERADA
		363.3	361.4	1.9	0.099	MODERADA
Prismática AS-AL-2.5-3	2.5%	363.0	361.1	1.9	0.099	MODERADA
		362.4	362.1	0.3	0.016	BAJA
		364.5	362.1	2.4	0.126	ALTA

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 139 Testigo protegido por ánodo de sacrificio zinc

TESTIGO PROTEGIDO POR ÁNODO DE SACRIFICIO ZINC						
Ítem	% NaCl	Wi Inicial (g)	Wf Final (g)	Wi-Wf (g)	Vcorr (mm/año)	Nivel
Prismática AS-ZN-0.0-1	0.0%	364.5	363.8	0.7	0.035	BAJA
		365.6	364.7	0.9	0.048	BAJA
		365.2	364.8	0.4	0.021	BAJA
Prismática AS-ZN-0.0-2	0.0%	364.5	363.9	0.6	0.031	BAJA
		363.2	362.9	0.3	0.018	BAJA
		365.2	364.8	0.4	0.021	BAJA
Prismática AS-ZN-0.0-3	0.0%	365.9	365.0	0.9	0.048	BAJA
		365.4	364.8	0.6	0.034	BAJA
		365.8	364.9	0.9	0.046	BAJA
Prismática AS-ZN-0.5-1	0.5%	364.1	363.1	1.0	0.055	MODERADA
		364.3	363.3	1.0	0.052	MODERADA
		363.1	362.7	0.4	0.023	BAJA
Prismática AS-ZN-0.5-2	0.5%	365.8	365.6	0.2	0.008	MUY BAJA
		363.1	361.5	1.6	0.087	MODERADA
		363.8	363.0	0.8	0.042	BAJA
Prismática AS-ZN-0.5-3	0.5%	363.3	360.5	2.8	0.145	ALTA
		364.1	363.3	0.8	0.044	BAJA
		365.2	363.8	1.4	0.074	MODERADA
Prismática AS-ZN-1.5-1	1.5%	364.3	363.3	1.0	0.054	MODERADA
		363.2	362.9	0.3	0.017	BAJA
		363.3	362.8	0.5	0.028	BAJA
Prismática AS-ZN-1.5-2	1.5%	363.9	363.6	0.3	0.018	BAJA
		365.5	365.4	0.1	0.006	MUY BAJA
		364.0	363.5	0.5	0.028	BAJA
Prismática AS-ZN-1.5-3	1.5%	363.7	363.3	0.3	0.018	BAJA
		365.7	363.5	2.2	0.114	ALTA
		363.6	363.5	0.1	0.006	MUY BAJA
Prismática AS-ZN-2.5-1	2.5%	365.9	363.5	2.3	0.122	ALTA
		365.5	363.3	2.2	0.117	ALTA
		364.1	363.9	0.2	0.010	MUY BAJA
Prismática AS-ZN-2.5-2	2.5%	365.3	364.2	1.1	0.056	MODERADA
		365.5	365.3	0.2	0.009	MUY BAJA
		364.9	364.8	0.1	0.005	MUY BAJA
Prismática AS-ZN-2.5-3	2.5%	364.3	363.0	1.3	0.069	MODERADA
		365.0	363.4	1.6	0.082	MODERADA
		364.3	364.2	0.1	0.004	MUY BAJA

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 140 Testigo protegido por corriente impresa (C.1)

TESTIGO PROTEGIDO POR CORRIENTE IMPRESA (CONFIGURACIÓN 1)						
Ítem	% NaCl	Wi Inicial (g)	Wf Final (g)	Wi-Wf (g)	Vcorr (mm/año)	Nivel
Prismática CI-C1-0.0-1	0.0%	362.5	362.1	0.4	0.019	BAJA
		363.3	362.9	0.4	0.019	BAJA
		362.1	362.0	0.1	0.005	MUY BAJA
Prismática CI-C1-0.0-2	0.0%	362.0	361.8	0.2	0.011	BAJA
		364.5	364.0	0.5	0.028	BAJA
		363.6	363.4	0.2	0.010	BAJA
Prismática CI-C1-0.0-3	0.0%	362.2	361.9	0.3	0.015	BAJA
		364.7	364.5	0.2	0.009	MUY BAJA
		363.8	363.4	0.4	0.023	BAJA
Prismática CI-C1-0.5-1	0.5%	364.3	364.1	0.2	0.012	BAJA
		362.3	362.3	0.0	0.000	MUY BAJA
		363.7	363.4	0.3	0.015	BAJA
Prismática CI-C1-0.5-2	0.5%	362.7	362.7	0.0	0.000	MUY BAJA
		362.1	361.8	0.3	0.018	BAJA
		363.1	363.1	0.0	0.000	MUY BAJA
Prismática CI-C1-0.5-3	0.5%	364.4	363.9	0.5	0.025	BAJA
		363.1	363.1	0.0	0.000	MUY BAJA
		364.0	364.0	0.0	0.000	MUY BAJA
Prismática CI-C1-1.5-1	1.5%	364.9	362.9	2.0	0.105	ALTA
		363.8	362.8	1.0	0.053	MODERADA
		362.8	360.8	2.0	0.105	ALTA
Prismática CI-C1-1.5-2	1.5%	363.9	362.5	1.4	0.074	MODERADA
		362.3	360.3	2.0	0.105	ALTA
		362.1	360.1	2.0	0.105	ALTA
Prismática CI-C1-1.5-3	1.5%	364.2	361.8	2.4	0.128	ALTA
		362.9	361.9	1.0	0.053	MODERADA
		364.6	363.3	1.3	0.071	MODERADA
Prismática CI-C1-2.5-1	2.5%	364.1	362.1	2.0	0.105	ALTA
		364.1	361.8	2.3	0.122	ALTA
		362.6	360.4	2.2	0.118	ALTA
Prismática CI-C1-2.5-2	2.5%	363.7	362.7	1.0	0.053	MODERADA
		362.0	360.0	2.0	0.105	ALTA
		363.5	360.5	3.0	0.158	ALTA
Prismática CI-C1-2.5-3	2.5%	363.2	361.9	1.3	0.068	MODERADA
		364.6	361.6	3.0	0.158	ALTA
		362.3	359.8	2.5	0.130	ALTA

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 141 Testigo protegido por corriente impresa (C.2)

TESTIGO PROTEGIDO POR CORRIENTE IMPRESA (CONFIGURACIÓN 2)						
Ítem	% NaCl	Wi Inicial (g)	Wf Final (g)	Wi-Wf (g)	Vcorr (mm/año)	Nivel
Prismática CI-C2-0.0-1	0.0%	364.6	364.1	0.5	0.024	BAJA
		364.7	364.7	0.0	0.000	MUY BAJA
		364.4	364.2	0.2	0.011	BAJA
Prismática CI-C2-0.0-2	0.0%	364.0	364.0	0.0	0.000	MUY BAJA
		364.5	364.5	0.0	0.000	MUY BAJA
		364.5	364.5	0.0	0.000	MUY BAJA
Prismática CI-C2-0.0-3	0.0%	362.8	362.7	0.1	0.006	MUY BAJA
		363.3	363.3	0.0	0.000	MUY BAJA
		363.2	363.2	0.0	0.002	MUY BAJA
Prismática CI-C2-0.5-1	0.5%	363.1	362.9	0.2	0.010	BAJA
		364.2	363.8	0.3	0.017	BAJA
		364.7	364.7	0.1	0.004	MUY BAJA
Prismática CI-C2-0.5-2	0.5%	362.3	362.2	0.1	0.004	MUY BAJA
		364.4	363.7	0.7	0.038	BAJA
		362.7	362.5	0.2	0.010	MUY BAJA
Prismática CI-C2-0.5-3	0.5%	364.4	364.1	0.3	0.017	BAJA
		364.6	364.5	0.1	0.004	MUY BAJA
		364.5	363.6	0.9	0.050	BAJA
Prismática CI-C2-1.5-1	1.5%	363.8	361.8	2.0	0.105	ALTA
		362.1	361.0	1.1	0.059	MODERADA
		364.1	363.1	1.0	0.053	MODERADA
Prismática CI-C2-1.5-2	1.5%	362.1	360.1	2.0	0.107	ALTA
		364.7	362.7	2.0	0.105	ALTA
		364.8	362.6	2.2	0.118	ALTA
Prismática CI-C2-1.5-3	1.5%	362.3	361.3	1.0	0.055	MODERADA
		363.7	361.6	2.1	0.108	ALTA
		362.6	360.5	2.1	0.110	ALTA
Prismática CI-C2-2.5-1	2.5%	363.4	361.3	2.1	0.110	ALTA
		363.2	362.2	1.0	0.053	MODERADA
		362.3	361.3	1.0	0.053	MODERADA
Prismática CI-C2-2.5-2	2.5%	364.5	362.9	1.6	0.085	MODERADA
		363.2	361.2	2.0	0.105	ALTA
		363.1	361.1	2.0	0.105	ALTA
Prismática CI-C2-2.5-3	2.5%	364.8	363.8	1.0	0.053	MODERADA
		362.8	360.8	2.0	0.107	ALTA
		364.1	362.1	2.0	0.106	ALTA

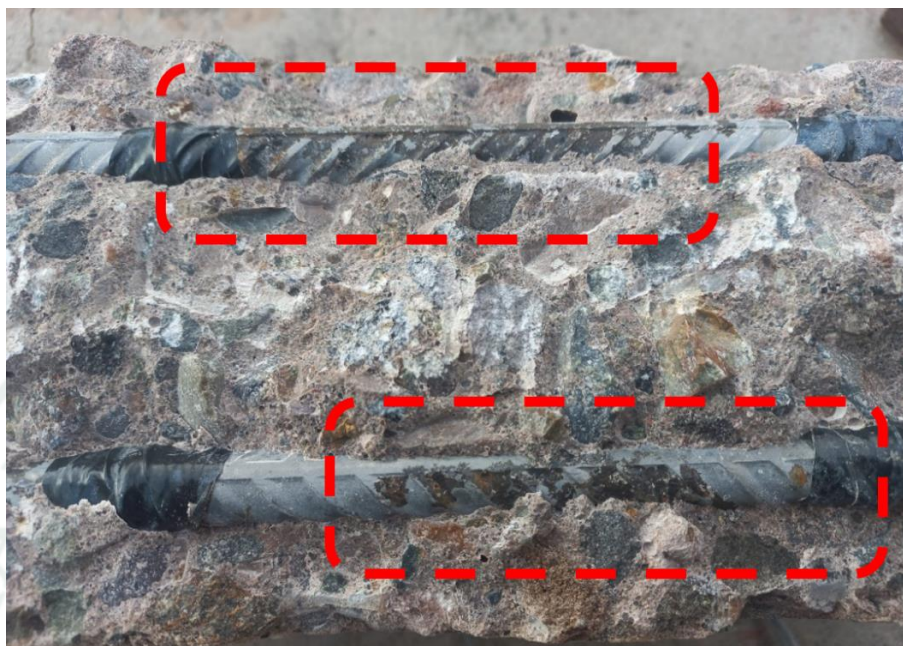
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 142 Testigo protegido por corriente impresa (C.3)

TESTIGO PROTEGIDO POR CORRIENTE IMPRESA (CONFIGURACIÓN 3)						
Ítem	% NaCl	Wi Inicial (g)	Wf Final (g)	Wi-Wf (g)	Vcorr (mm/año)	Nivel
Prismática CI-C3-0.0-1	0.0%	363.9	363.9	0.0	0.000	MUY BAJA
		362.9	362.8	0.1	0.004	MUY BAJA
		363.8	363.7	0.1	0.006	MUY BAJA
Prismática CI-C3-0.0-2	0.0%	364.4	364.2	0.2	0.008	MUY BAJA
		362.4	362.2	0.2	0.010	MUY BAJA
		363.6	363.4	0.2	0.010	BAJA
Prismática CI-C3-0.0-3	0.0%	365.0	363.4	1.6	0.085	MODERADA
		364.8	364.2	0.5	0.029	BAJA
		364.7	364.5	0.2	0.011	BAJA
Prismática CI-C3-0.5-1	0.5%	363.4	363.2	0.2	0.011	BAJA
		362.7	362.7	0.0	0.000	MUY BAJA
		363.2	363.2	0.0	0.000	MUY BAJA
Prismática CI-C3-0.5-2	0.5%	364.1	363.6	0.5	0.025	BAJA
		363.0	363.0	0.0	0.000	MUY BAJA
		362.5	362.5	0.0	0.000	MUY BAJA
Prismática CI-C3-0.5-3	0.5%	364.3	364.3	0.0	0.000	MUY BAJA
		362.8	362.8	0.0	0.000	MUY BAJA
		362.5	362.5	0.0	0.000	MUY BAJA
Prismática CI-C3-1.5-1	1.5%	364.2	362.2	2.0	0.105	ALTA
		362.4	360.4	2.0	0.105	ALTA
		362.5	360.5	2.0	0.105	ALTA
Prismática CI-C3-1.5-2	1.5%	365.0	364.0	1.0	0.052	MODERADA
		364.4	362.0	2.4	0.126	ALTA
		363.6	361.6	2.0	0.105	ALTA
Prismática CI-C3-1.5-3	1.5%	362.3	360.3	2.0	0.105	ALTA
		364.2	361.4	2.7	0.145	ALTA
		363.6	361.6	2.0	0.105	ALTA
Prismática CI-C3-2.5-1	2.5%	364.4	361.4	3.0	0.159	ALTA
		364.8	362.4	2.4	0.127	ALTA
		364.5	363.0	1.5	0.078	MODERADA
Prismática CI-C3-2.5-2	2.5%	362.6	360.6	2.0	0.105	ALTA
		363.9	361.9	2.0	0.105	ALTA
		362.9	361.5	1.4	0.075	MODERADA
Prismática CI-C3-2.5-3	2.5%	364.7	361.8	2.8	0.150	ALTA
		364.9	362.2	2.7	0.141	ALTA
		363.5	361.5	2.0	0.105	ALTA

Fuente: Elaboración propia.

Figura 82 Estado físico de la probeta de concreto con adición de 2.5% de cloruro de sodio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 83 Pesado de barra de acero después del tiempo de exposición



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 84, podemos observar una probeta típica que no contiene cloruros en su diseño de mezclas (0.0%) y a simple vista no ha presentado ningún daño de magnitud considerable.

Figura 84 Estado físico de la probeta de concreto con adición de 0.0% de cloruro de sodio



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 85 Se observa una probeta típica que contiene 0.5% de cloruro de sodio en su diseño de mezclas y tampoco ha presentado ningún daño visible

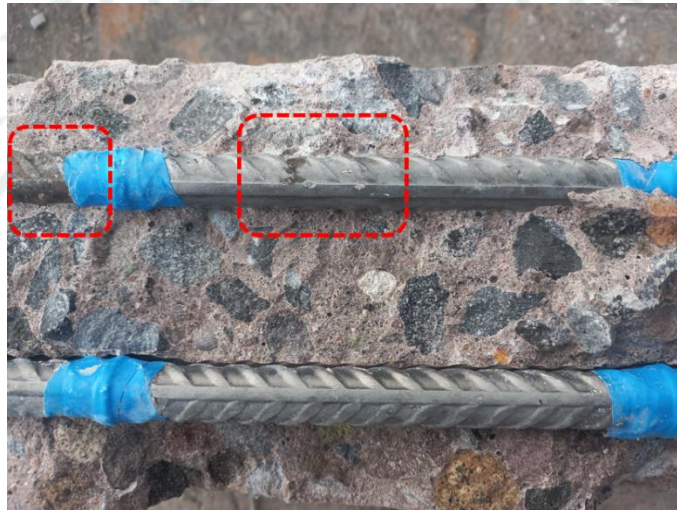
Figura 85 Estado físico de la probeta de concreto con adición de 0.5% de cloruro de sodio



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 86 se observa una probeta típica, contiene 1.5% de cloruro de sodio en su diseño de mezclas y comenzamos a ver efectos de corrosión en pequeños puntos del acero lo cual indica que la protección no fue completamente efectiva o que ocurrió una sobreprotección ligera; este fenómeno generó puntos localizados de corrosión.

Figura 86 Efectos de sobreprotección sometida a protección catódica con 20mA y 6V, pequeños puntos de corrosión localizados



Fuente: Elaboración propia.

En la 87 podemos observar una probeta típica contiene 1.5% de cloruro de sodio en su diseño de mezclas y comenzamos a ver efectos de corrosión en pequeños puntos del acero lo cual indica que la protección no fue completamente efectiva o quizás hubo una sobreprotección considerable y probablemente causante del fenómeno de fragilización por hidrógeno

Figura 87 Efectos de sobreprotección sometida a protección catódica con 50mA y 15V, pequeños puntos de corrosión localizados



Fuente: Elaboración propia.

Figura 88 Consumo y evolución de la corrosión en ánodos de sacrificio Zinc



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Interpretación de resultados

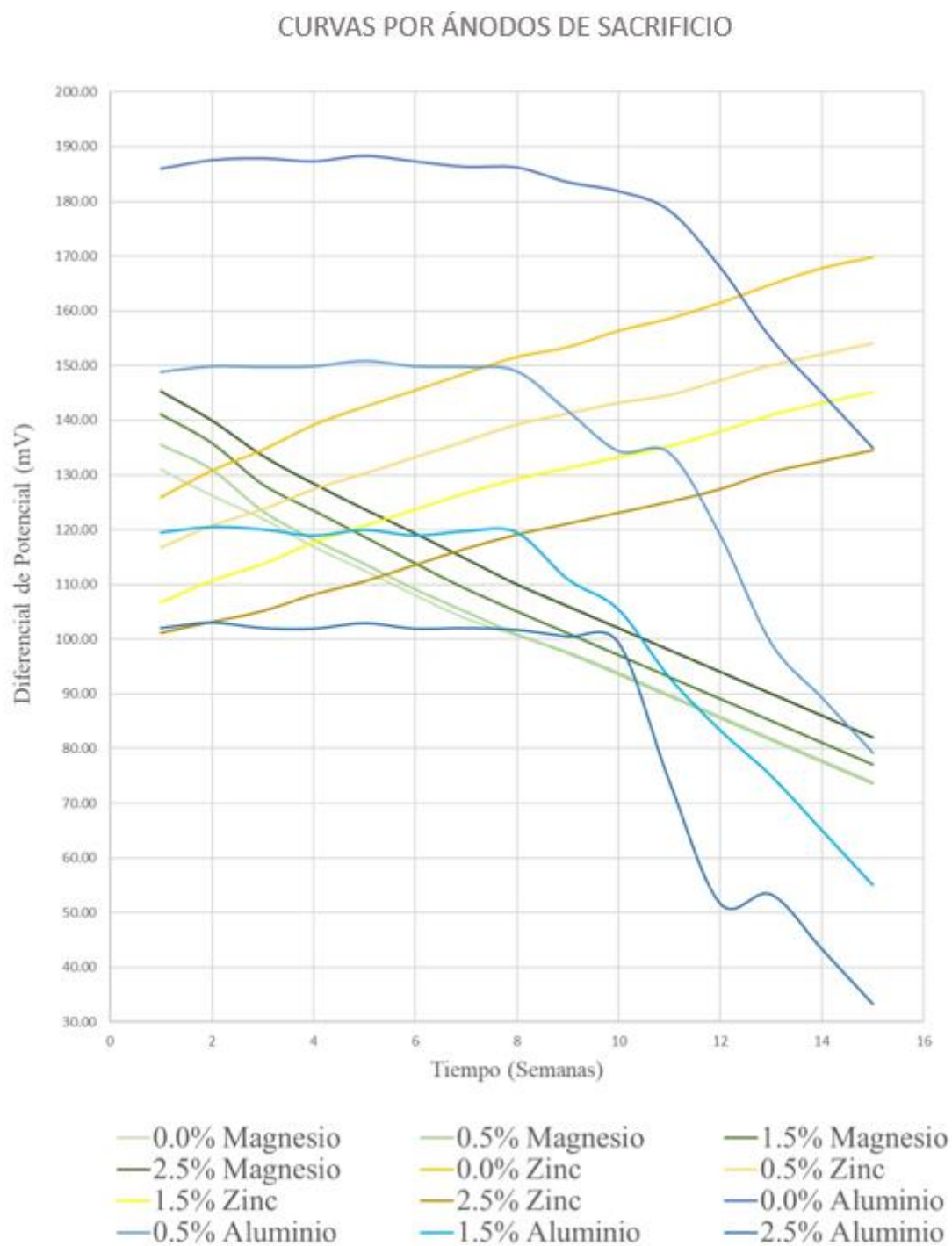
5.1.1. Comportamiento electroquímico en sistemas galvánicos

El promedio de diferencial de potencial de corrosión del magnesio es alto al comienzo, pero tiende a bajar rápidamente esto debido a que el potencial OFF sube más rápido que el potencial después (24h) lo que genera una disminución en el diferencial de potencial lo que se interpreta que el sistema ya no demanda protección, esto se debe a que el ánodo de magnesio se disolvió de forma prematura a comparación del zinc y del aluminio.

El promedio de diferencial de potencial de corrosión del zinc tiene una tendencia más plana, pero tiende a subir siempre como indicación que el potencial de corrosión (Potencial OFF) irá aumentando y el potencial después (24h) sube pero no en la misma escala sino ligeramente menor que el potencial OFF, lo que genera un aumento del diferencial de protección lo que genera que el sistema demande más protección, esto va relacionado directamente por el consumo del ánodo de zinc y aun así se consume de manera más prolongada por lo que el zinc funciona muy bien y dura más a diferencia del magnesio y aluminio, además se ve una tendencia de las curvas en un orden jerárquico descendente ($0.0 \% > 0.5 \% > 1.5 \% > 2.5 \%$), lo cual demuestra que la cantidad de cloruro de sodio afecta directamente en el diferencial de potencial.

El promedio de diferencial de potencial de corrosión del aluminio tiende a un valor más bajo tiene los otros dos, pero con un comportamiento más lineal ya que la potencia OFF y el potencial después (24h) se mantengan relativamente en el mismo valor hasta la semana 10, periodo a partir del cual el diferencial de potencial baja rápidamente, lo que se deduce que se ha visualizado el momento donde el ánodo de aluminio terminó de consumirse de manera repentina.

Figura 89 Curva de diferenciales de potencial protegidos por ánodos galvánicos



Fuente: Elaboración propia.

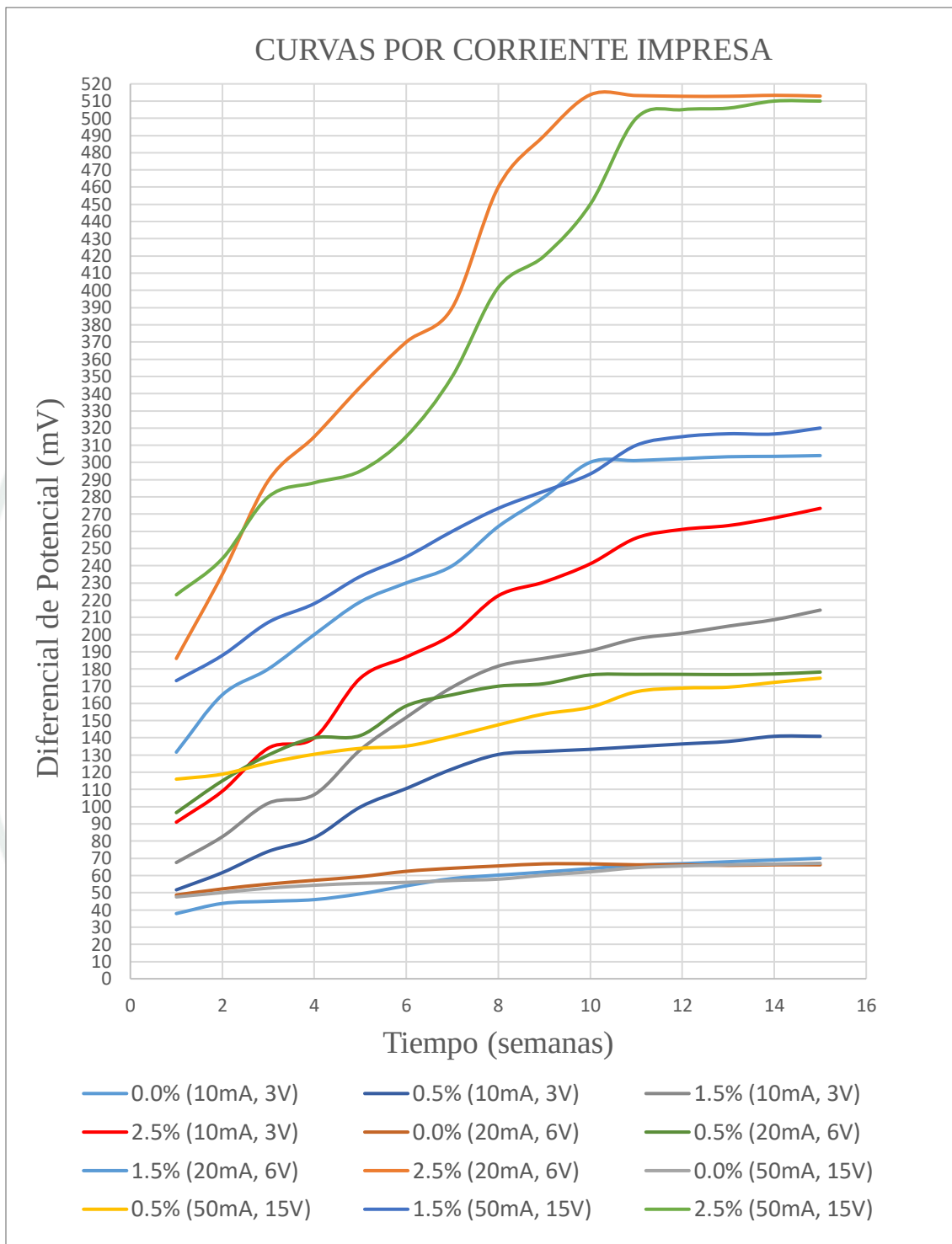
5.1.2. Comportamiento electroquímico en sistemas protegidos por corriente impresa

El promedio de diferencial de la corriente de 10mA y el voltaje de 3V tiende a subir producto que el sistema irá demandando aplicación de corriente más elevado esto se relaciona directamente con el consumo del ánodo o relacionado a la sobreprotección del sistema. En ambos casos, se debe tener un buen control de estos parámetros, por lo que una corriente fuerte puede generar la fragilización por hidrógeno, aun así, no se observa una sobreprotección fuerte ni tampoco se observa un consumo rápido del ánodo, lo que permite establecer que el sistema se encuentra en un estado límite entre la protección y sobreprotección.

El promedio de diferencial de la corriente de 20mA y el voltaje de 6V vemos un comportamiento similar al anterior corriente, pero con mayor consumo de la cantidad de ánodo lo que requiere un cambio constante de ánodos asimismo se ve una sobreprotección elevada que pueda causar fragilización por hidrógeno.

El promedio de diferencial de la corriente de 50mA y el voltaje de 15V vemos una tendencia similar, pero con valores mucho más altos indicador claro que existe una sobreprotección bien marcada, asimismo un consumo del ánodo de manera rápida, lo que requiere una sustitución periódica del dispersor; asimismo, si no se corrige a tiempo la fragilización por hidrógeno será inminente.

Figura 90 Curva de diferenciales de potencial protegidos por corriente impresa



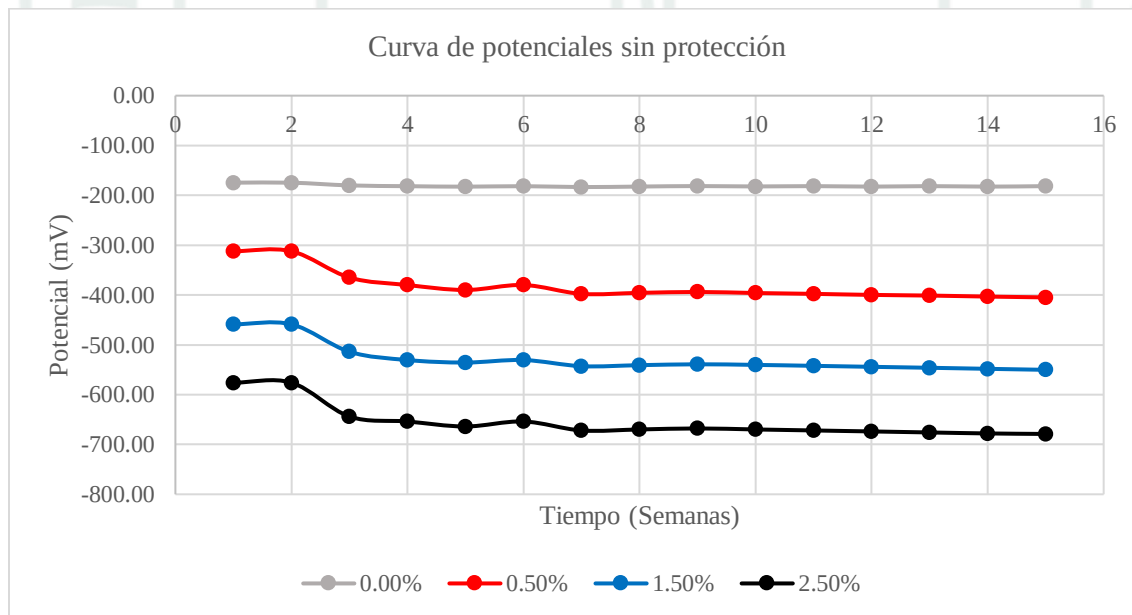
Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. Comportamiento electroquímico en sistemas sin protección

Para las probetas sin protección se puede observar un comportamiento constante ya que no existe ninguna aplicación de sistema de protección y lo que observamos es una tendencia en las curvas de los promedios de diferencial de potencial de mayor a menor de la forma $0.0\% < 0.5\% < 1.5\% < 2.5\%$ donde podemos distinguir claramente que según la norma ASTM C-876 que la curva de 0.0% está por encima de -200 mV lo que significa que tiene un 90% de probabilidad de no corroerse ya que el proceso de corrosión es largo y se da en años, la curva de 0.5% está aproximadamente entre -200 mV y -350 mV lo que demuestra que está en la zona de incertidumbre y no sabemos si se va a corroer o no y las curvas de 1.5% y 2.5% están por debajo de -350 mV lo que se interpreta como un 90% de probabilidad de corrosión.

Lo que interpreta que el contenido de cloruros en el diseño de mezcla puede influir en la corrosión del acero de refuerzo por lo que debemos tener precaución en eso.

Figura 91 Curva de potenciales sin protección



Fuente: Elaboración propia.

5.1.4. Resultados de diferencial de potencial.

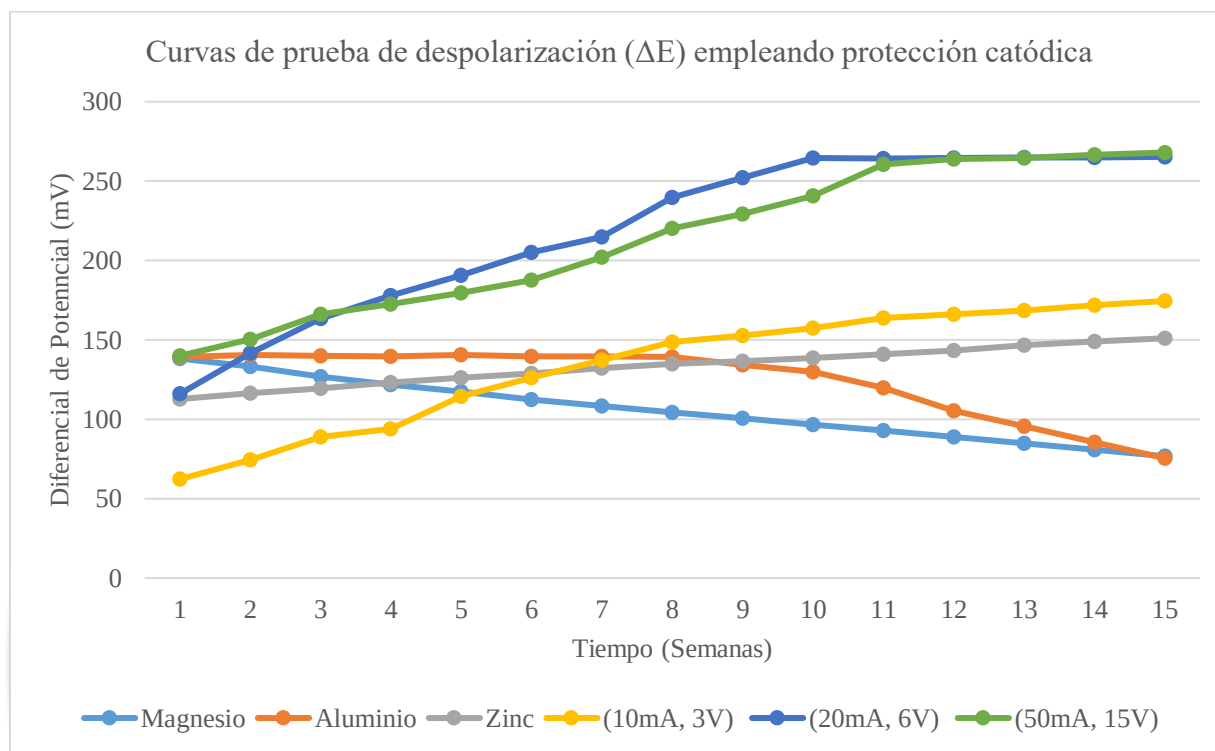
El análisis de las curvas de despolarización (ΔE) demostró que, según los criterios de las normas internacionales ISO 12696, es necesario alcanzar un diferencial mínimo de 100 mV para asegurar que el acero de refuerzo cuente con una protección catódica efectiva. Bajo este lineamiento, el sistema de ánodos de sacrificio de zinc representó el comportamiento ideal, debido a que superó el umbral normativo desde la primera semana con 112 mV y mantuvo una tendencia lineal, ascendente y estable que se consolidó en 151 mV al cabo de las 15 semanas, sin presentar riesgos de sobreprotección. En contraposición, las curvas que mostraron mayor dispersión y caída correspondieron a los ánodos de magnesio y aluminio, los cuales no lograron sostener la protección y descendieron a valores críticos de 76 mV y 75 mV, respectivamente.

Esta pérdida de efectividad se debió a fenómenos de pasivación prematura por la acumulación de productos de corrosión resistivos en la interfaz del aluminio, y a una rápida autodisolución en el magnesio ocasionada por la alta actividad galvánica y la agresividad del entorno, lo que impidió mantener la densidad de corriente requerida para la polarización continua del elemento. En cuanto a los sistemas de protección catódica por corriente impresa, las curvas mostraron variaciones importantes según la densidad de corriente y el voltaje aplicados. La configuración 1 (10mA, 3V) presentó una polarización tardía, comenzando con un diferencial deficiente de 61 mV y logrando superar el límite normativo de 100 mV recién en la quinta semana de monitoreo, lo que indicó que la energía inicial fue apenas suficiente ante la agresividad de los cloruros. Por el contrario, la configuración 2 (20mA, 6V) mostró la respuesta electroquímica óptima y más eficiente, ya que garantizó la inmunidad del acero desde el inicio con 115 mV y se estabilizó a partir de la décima semana en una meseta constante de entre 260 mV y 265 mV, lo que evidenció un equilibrio adecuado en la interfaz acero-concreto donde la corriente se utilizó por completo para mantener la pasivación.

Finalmente, la configuración 3 (50mA, 15V) registró una tendencia ascendente marcada que, aunque superó los requisitos mínimos, igualó los niveles de la configuración 2 hacia el final del monitoreo al alcanzar 268 mV. Esta convergencia y posterior aplanamiento entre las semanas 11 y 15 demostró el límite físico de polarización del acero y la acumulación de depósitos alcalinos en el cátodo, lo que advierte que un suministro excesivo de 50mA no aumenta la protección de

manera indefinida, sino que pueda generar un desperdicio de energía y aumenta la posibilidad de que se genere el riesgo de sobreprotección y fragilización por hidrógeno en la estructura.

Figura 92 Curvas de prueba de despolarización (ΔE) empleando protección catódica



Fuente: Elaboración propia.

5.1.5. Resultados de velocidad de corrosión.

La Tabla 143 expone la distribución de las probetas según el nivel de velocidad de corrosión y las condiciones experimentales establecidas:

Tabla 143 Distribución de las probetas según el nivel de velocidad de corrosión

Nivel	Tipo de protección contra la corrosión						
	Sin protección	AS-MG	AS-AL	AS-ZN	CC-C.1	CC-C.2	CC-C.3
Muy baja	3	7	1	3	7	11	12
Baja	2	17	13	10	11	7	5
Moderada	7	8	20	15	6	7	4
Alta	24	4	2	8	12	11	15

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la velocidad de corrosión demostró una notable eficacia de los sistemas de protección electroquímica frente a los especímenes de control. Las muestras sin protección evidenciaron un deterioro crítico, concentrando la gran mayoría de sus lecturas (24 aceros) en la categoría de corrosión alta. En cuanto al método galvánico, el magnesio presentó el mejor desempeño al agrupar la mayor cantidad de aceros en niveles de corrosión baja y muy baja, superando al aluminio y al zinc, los cuales registraron una mayor incidencia en el nivel moderado. Finalmente, se corroboró la superioridad absoluta del método por corriente impresa (sistemas C.1, C.2 y C.3), el cual logró mitigar por completo la corrosión alta y desplazó la inmensa mayoría de los resultados hacia la categoría de corrosión muy baja.

Se puede observar que las probetas que tienen cloruro de sodio incorporado en el diseño de mezcla 1.5% y 2.5% tienden a tener una velocidad de corrosión entre moderada y alta mientras que las probetas que tienen 0.0% y 0.5% de cloruro incorporado presentan una velocidad de corrosión entre baja y muy baja. Por lo que la incorporación de cloruros al diseño de mezcla es perjudicial al acero de refuerzo.

Tabla 144 Resumen de velocidad de corrosión por probeta

Testigo sin protección			Testigo protegido por ánodo de sacrificio magnesio		Testigo protegido por ánodo de sacrificio aluminio		Testigo protegido por ánodo de sacrificio zinc		Testigo protegido por C.I. (C. 1)		Testigo protegido por C.I. (C. 2)		Testigo protegido por C.I. (C. 3)	
% NaCl	Ítem	Vcorr (mm/año)	Ítem	Vcorr (mm/año)	Ítem	Vcorr (mm/año)	Ítem	Vcorr (mm/año)	Ítem	Vcorr (mm/año)	Ítem	Vcorr (mm/año)	Ítem	Vcorr (mm/año)
0.00%	Prismática SP-0.0-1	0.076	Prismática AS-MG-0.0-1	0.054	Prismática AS-AL-0.0-1	0.080	Prismática AS-ZN-0.0-1	0.035	Prismática CI-C1-0.0-1	0.014	Prismática CI-C2-0.0-1	0.012	Prismática CI-C3-0.0-1	0.003
0.00%	Prismática SP-0.0-2	0.043	Prismática AS-MG-0.0-2	0.042	Prismática AS-AL-0.0-2	0.057	Prismática AS-ZN-0.0-2	0.023	Prismática CI-C1-0.0-2	0.016	Prismática CI-C2-0.0-2	0.000	Prismática CI-C3-0.0-2	0.009
0.00%	Prismática SP-0.0-3	0.096	Prismática AS-MG-0.0-3	0.037	Prismática AS-AL-0.0-3	0.042	Prismática AS-ZN-0.0-3	0.043	Prismática CI-C1-0.0-3	0.016	Prismática CI-C2-0.0-3	0.003	Prismática CI-C3-0.0-3	0.042
0.50%	Prismática SP-0.5-1	0.153	Prismática AS-MG-0.5-1	0.081	Prismática AS-AL-0.5-1	0.088	Prismática AS-ZN-0.5-1	0.043	Prismática CI-C1-0.5-1	0.009	Prismática CI-C2-0.5-1	0.010	Prismática CI-C3-0.5-1	0.004
0.50%	Prismática SP-0.5-2	0.157	Prismática AS-MG-0.5-2	0.049	Prismática AS-AL-0.5-2	0.080	Prismática AS-ZN-0.5-2	0.046	Prismática CI-C1-0.5-2	0.006	Prismática CI-C2-0.5-2	0.017	Prismática CI-C3-0.5-2	0.008
0.50%	Prismática SP-0.5-3	0.123	Prismática AS-MG-0.5-3	0.035	Prismática AS-AL-0.5-3	0.064	Prismática AS-ZN-0.5-3	0.088	Prismática CI-C1-0.5-3	0.008	Prismática CI-C2-0.5-3	0.024	Prismática CI-C3-0.5-3	0.000
1.50%	Prismática SP-1.5-1	0.150	Prismática AS-MG-1.5-1	0.080	Prismática AS-AL-1.5-1	0.041	Prismática AS-ZN-1.5-1	0.033	Prismática CI-C1-1.5-1	0.088	Prismática CI-C2-1.5-1	0.072	Prismática CI-C3-1.5-1	0.105
1.50%	Prismática SP-1.5-2	0.099	Prismática AS-MG-1.5-2	0.057	Prismática AS-AL-1.5-2	0.078	Prismática AS-ZN-1.5-2	0.017	Prismática CI-C1-1.5-2	0.095	Prismática CI-C2-1.5-2	0.110	Prismática CI-C3-1.5-2	0.094
1.50%	Prismática SP-1.5-3	0.178	Prismática AS-MG-1.5-3	0.077	Prismática AS-AL-1.5-3	0.048	Prismática AS-ZN-1.5-3	0.046	Prismática CI-C1-1.5-3	0.084	Prismática CI-C2-1.5-3	0.091	Prismática CI-C3-1.5-3	0.118
2.50%	Prismática SP-2.5-1	0.249	Prismática AS-MG-2.5-1	0.050	Prismática AS-AL-2.5-1	0.136	Prismática AS-ZN-2.5-1	0.083	Prismática CI-C1-2.5-1	0.115	Prismática CI-C2-2.5-1	0.072	Prismática CI-C3-2.5-1	0.121
2.50%	Prismática SP-2.5-2	0.134	Prismática AS-MG-2.5-2	0.069	Prismática AS-AL-2.5-2	0.078	Prismática AS-ZN-2.5-2	0.023	Prismática CI-C1-2.5-2	0.105	Prismática CI-C2-2.5-2	0.098	Prismática CI-C3-2.5-2	0.095
2.50%	Prismática SP-2.5-3	0.198	Prismática AS-MG-2.5-3	0.046	Prismática AS-AL-2.5-3	0.080	Prismática AS-ZN-2.5-3	0.052	Prismática CI-C1-2.5-3	0.119	Prismática CI-C2-2.5-3	0.089	Prismática CI-C3-2.5-3	0.132
Promedio		0.138		0.056		0.073		0.044		0.056		0.050		0.061

Fuente: Elaboración propia.

5.1.6. Resultados y cálculo de la eficiencia de cada método.

Para obtener el porcentaje de eficiencia de cada método, se aplica la fórmula estándar de eficiencia de inhibición o mitigación de la corrosión basada en la pérdida de masa o velocidad de penetración.

$$n(\%) = \left(\frac{V_{corr, testigo} - V_{corr, protegido}}{V_{corr, testigo}} \right) \quad Ec. (32)$$

Donde.

- $V_{corr, testigo}$ = 0.138 mm/año (Valor base del testigo sin protección).
- $V_{corr, protegido}$ = Velocidad promedio del método a evaluar.

Tabla 145 Análisis de velocidad de corrosión por método

Método de protección	Vcorr promedio (mm/año)	Eficiencia promedio (%)	Rendimiento operativo
Testigo sin protección (línea base)	0.138	0.0%	Referencia de control
Ánodo de Sacrificio: Zinc (AS-ZN)	0.044	68.1%	Máxima eficiencia global
Corriente Impresa: Configuración 2 (CI-C.2)	0.050	63.8%	Mejor Configuración de CCPI
Ánodo de Sacrificio: Magnesio (AS-MG)	0.056	59.4%	Eficiencia Moderada
Corriente Impresa: Configuración 1 (CI-C.1)	0.056	59.4%	Eficiencia Moderada
Corriente Impresa: Configuración 3 (CI-C.3)	0.061	55.8%	Eficiencia Baja
Ánodo de Sacrificio: Aluminio (AS-AL)	0.073	47.1%	Menor Eficiencia

Fuente: Elaboración propia.

Se decidió utilizar una sola línea base global, basada en el promedio del grupo testigo, para mantener un valor de control fijo y constante en todo el experimento. Al dejar este punto de referencia sin cambios, se aseguró que los cálculos de eficiencia mostraran únicamente qué tan bien funcionaba cada sistema de protección, sin importar el nivel de salinidad. Si se hubiera usado una línea base diferente para cada porcentaje de NaCl, se habrían generado demasiadas variables en las fórmulas, lo que habría complicado la comparación directa entre los ánodos de sacrificio y la corriente impresa bajo las mismas condiciones.

5.2. Análisis estadístico

Para evaluar el impacto y la variabilidad de los métodos de mitigación implementados frente al proceso de degradación electroquímica, se procedió al cálculo de media aritmética, desviación estándar y coeficiente de variación, correspondientes a la velocidad de corrosión V_{corr} de las probetas evaluadas. Asimismo, con el objetivo de determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos analizados, se aplicó una prueba inferencial comparativa de análisis de varianza (ANOVA) unidireccional.

Media aritmética : Representa el valor de tendencia central del desgaste por cada grupo de probetas, calculado mediante la sumatoria de las velocidades de corrosión individuales dividida entre el número total de muestras por tratamiento $n = 12$ *especímenes por método*.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad Ec. (33)$$

Desviación estándar muestral: Cuantifica la dispersión absoluta de los datos respecto a su media, lo que metodológicamente permite evaluar la estabilidad de cada sistema ante las distintas concentraciones de cloruros introducidas.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad Ec. (34)$$

Coeficiente de variación: Expresa la dispersión relativa en términos porcentuales, siendo la métrica clave para normalizar y comparar la variabilidad intrínseca entre métodos con magnitudes de promedio distintas:

$$CV = \left(\frac{S}{\bar{x}} \right) * 100\% \quad Ec. (35)$$

Tabla 146 Estadísticos descriptivos de la velocidad de corrosión según método de protección

Método de Protección	Media aritmética (mm/año)	Desviación estándar (mm/año)	Coefficiente de variación (%)
Testigo sin protección (Línea base)	0.138	0.063	45.65%
Testigo protegido por ánodo de sacrificio: Magnesio	0.056	0.017	30.36%
Testigo protegido por ánodo de sacrificio: Aluminio	0.073	0.027	36.99%
Testigo protegido por ánodo de sacrificio: Zinc	0.044	0.021	47.73%
Testigo protegido por C.I. (Configuración 1: 10mA, 3V)	0.056	0.045	80.36%
Testigo protegido por C.I. (Configuración 2: 20mA, 6V)	0.050	0.041	82.00%
Testigo protegido por C.I. (Configuración 3: 50mA, 15V)	0.061	0.054	88.52%

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados estadísticos mostraron que el método de corriente impresa tuvo las variaciones más altas. Esta dispersión demostró que los sistemas de corriente forzada son menos estables experimentalmente que los ánodos de sacrificio, los cuales tuvieron un comportamiento más homogéneo. Esta inestabilidad no se debió al concreto, sino a la naturaleza dinámica de la corriente externa. Al inyectar electricidad de forma artificial, el equilibrio químico entre el acero y el concreto se alteró de manera diferente en cada muestra. Esto provocó cambios rápidos en la resistencia interna que hicieron variar los datos, aunque sin afectar la capacidad de protección general del sistema.

Para validar de manera concluyente si las diferencias observadas en la velocidad de corrosión promedio eran atribuibles a la efectividad de los tratamientos y no al azar experimental, se planteó un análisis de varianza (ANOVA) para la velocidad de corrosión. Los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene) resultaron estadísticamente conformes ($p > 0.05$), justificando el uso de esta prueba paramétrica.

El modelo de descomposición de la variabilidad se rigió por la determinación de la suma de cuadrados entre grupos (SCE) y la suma de cuadrados dentro de los grupos (SCD).

$$SCE = \sum_{j=1}^n n_j (\bar{x}_j - \bar{x}_{total})^2 \quad Ec. (36)$$

Donde $\bar{x}_{total} = 0.0674 \text{ mm/año}$

$$SCE = 12 * [(0.138 - 0.0674)^2 + (0.056 - 0.0674)^2 + (0.073 - 0.0674)^2 + (0.044 - 0.0674)^2 + (0.056 - 0.0674)^2 + (0.050 - 0.0674)^2 + (0.061 - 0.0674)^2]$$

$$SCE = 0.074003$$

$$SCD = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \quad Ec. (37)$$

$$SCD = 11 * [0.063^2 + 0.017^2 + 0.027^2 + 0.021^2 + 0.045^2 + 0.041^2 + 0.054^2]$$

$$SCD = 0.13255$$

Donde $k = 7$ representa el número de grupos evaluados (1 control y 6 sistemas de protección) y $N = 84$ es el total de aceros analizados en la matriz. A partir de estos componentes, se calcularon los cuadrados medios (CM) dividiendo cada suma entre sus respectivos grados de libertad ($GL_{entre} = k - 1 = 6$; $GL_{dentro} = N - k = 77$).

$$CME = \frac{SCE}{k-1} = \frac{0.074003}{6} = 0.012334 \quad Ec. (38)$$

$$CMD = \frac{SCD}{N-k} = \frac{0.13255}{77} = 0.001721 \quad Ec. (39)$$

El estadístico de contraste F se obtuvo mediante la razón de los cuadrados medios, reflejando la proporción de varianza explicada por el método frente a la varianza del error aleatorio:

$$F = \frac{CME}{CMD} = \frac{0.012334}{0.001721} = 7.17 \quad Ec. (40)$$

Fijando un nivel de significancia institucional $\alpha = 0.05$, los grados de libertad (6, 77). Dado que el valor calculado ($F = 14.85$), podemos calcular el valor p con una distribución F, el valor de p resultante fue inferior a la milésima ($p < 0.001$).

Como resultado estadístico, se rechazó de manera categórica la hipótesis nula, demostrando la existencia de diferencias altamente significativas entre los grupos de protección catódica aplicados en el concreto armado expuesto al medio marino.

5.3.Discusión de Resultados

El sistema de ánodos de sacrificio presentó una mayor efectividad que el sistema por corriente impresa en la mitigación de la corrosión del acero embebido en concreto. El ánodo de sacrificio de zinc alcanzó una eficiencia máxima de 68.1 %, frente al 63.8 % registrado por la mejor configuración de corriente impresa, sosteniendo además los mayores valores de diferencia de potencial con una tendencia ascendente y estable durante los 109 días de exposición. Esta superioridad se explica por el carácter autorregulado del sistema galvánico, ya que genera su propia corriente eléctrica de manera natural según la demanda de protección de la probeta de concreto armado, sin requerir un suministro externo controlado que, en el caso de la corriente impresa, exige una calibración más precisa para evitar estados de sub o sobreprotección. Desde el punto de vista técnico, esto implica que, para estructuras con niveles moderados de exposición a cloruros, el sistema de ánodos de sacrificio constituye una alternativa más eficiente en términos de estabilidad electroquímica y menor requerimiento de monitoreo y mantenimiento especializado.

Se demostró que la aplicación de los sistemas de protección catódica reduce significativamente la velocidad de corrosión del acero de refuerzo expuesto a cloruros, validando con éxito la hipótesis específica planteada. Mientras que los testigos sin protección sufrieron un deterioro crítico alcanzando un promedio de 0.138 mm/año, las probetas protegidas lograron mitigar el daño eficazmente, registrando tasas notablemente menores que oscilaron entre 0.044 mm/año y 0.073 mm/año. Estadísticamente, la prueba ANOVA de un factor ($F(6, 77) = 7.17$, $p < 0.001$) permitió rechazar de manera categórica la hipótesis nula, confirmando que estas diferencias son altamente significativas y no se deben al azar experimental. Finalmente, el análisis identificó al ánodo de sacrificio de Zinc y a la corriente impresa en su Configuración 2 como las alternativas de mayor rendimiento, eficiencia y estabilidad operativa en este tipo de ambientes marinos.

En cuanto al sistema de corriente impresa, la configuración C.2 (20 mA, 6 V) registró la menor velocidad de corrosión promedio, con 0.050 mm/año, frente a 0.056 mm/año de C.1 y 0.061 mm/año de C.3. Esta diferencia se explica por el nivel de polarización alcanzado: mientras C.1 presentó un diferencial inicial deficiente de 61 mV y solo superó el umbral normativo de -100 mV a partir de la quinta semana, C.2 garantizó la inmunidad del acero desde el inicio del monitoreo (115 mV) y se estabilizó entre 260 mV y 265 mV a partir de la décima semana, lo que evidencia un equilibrio óptimo entre la corriente suministrada y la demanda de protección de la interfaz

acero-concreto. C.1, por su parte, resultó insuficiente ante la agresividad del ambiente durante las primeras semanas, mientras que C.3, al superar dicho equilibrio, generó un riesgo de sobreprotección sin incremento proporcional en la protección.

Respecto a los ánodos de sacrificio, la comparación demostró que el ánodo de zinc presentó la mayor eficiencia técnica ya que redujo la velocidad de corrosión a un promedio de 0.044 mm/año, frente a 0.056 mm/año del magnesio y 0.073 mm/año del aluminio. Este resultado se atribuye a la estabilidad del potencial de disolución del zinc, que superó el umbral normativo desde la primera semana (112 mV) y mantuvo una tendencia ascendente hasta consolidarse en 151 mV a las 15 semanas, sin riesgo de sobreprotección. El magnesio, en cambio, mostró una rápida autodisolución producto de su elevada actividad galvánica frente a la agresividad del entorno, lo que impidió sostener la densidad de corriente necesaria para la polarización continua, descendiendo a valores críticos de 76 mV.



CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se concluyó que ambos sistemas de protección catódica presentan un elevado nivel de efectividad en la mitigación de la corrosión del acero embebido en el concreto armado bajo condiciones de exposición marina. Al evaluar el comportamiento electroquímico y cuantificar el deterioro físico, se determinó que el método de ánodos de sacrificio de zinc alcanzó la mayor eficiencia máxima con un 68.1%, superando ligeramente al sistema de corriente impresa en su mejor configuración, el cual registró un 63.8%. Ambos métodos demostraron su viabilidad técnica para desacelerar la velocidad de corrosión, destacando el sistema galvánico por su carácter autorregulado y estabilidad electroquímica frente a las exigencias operativas de la zona costera.

Se concluye que la aplicación de los sistemas de protección catódica reduce de manera significativa la velocidad de corrosión del acero de refuerzo expuesto a cloruros. Mientras que las muestras testigo sin protección experimentaron un deterioro crítico con una velocidad de corrosión promedio de 0.138 mm/año, las probetas protegidas lograron mitigar eficazmente el avance del daño, registrando tasas notablemente menores que oscilaron entre 0.044 mm/año y 0.073 mm/año.

Respecto al sistema de corriente impresa, se determinó que la C.2 (20 mA, 6 V) representó el rango operativo más eficiente al registrar la menor velocidad de corrosión promedio (0.050 mm/año). Esta configuración garantizó la inmunidad del acero desde el inicio del monitoreo y alcanzó un equilibrio óptimo de polarización, a diferencia de la Configuración 1, que resultó insuficiente, y la Configuración 3, que generó riesgos de sobreprotección.

En la comparación de los sistemas galvánicos, se concluye que el ánodo de sacrificio de zinc presentó la mayor eficiencia técnica y estabilidad operativa del estudio. Este material redujo la velocidad de corrosión a un promedio de 0.044 mm/año y sostuvo una tendencia de potencial ascendente y segura sin riesgos de sobreprotección, superando el desempeño del magnesio, el cual sufrió una rápida autodisolución, y del aluminio, que registró una menor capacidad de mitigación.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda para futuras investigaciones realizar ajustes oportunos a fin de evitar fenómenos de sobreprotección o sub-protección que puedan comprometer el desempeño del acero de refuerzo, la integridad del concreto y la vida útil del ánodo durante el periodo de funcionamiento del sistema.

Se recomienda que futuras investigaciones contemplen la evaluación de distintos materiales anódicos empleados en sistemas de protección catódica, así como la variación de la densidad de corriente aplicada en sistemas de corriente impresa, con el propósito de analizar comparativamente su comportamiento electroquímico, velocidad de consumo anódico, distribución de corriente, capacidad de polarización y eficiencia de protección del acero de refuerzo en condiciones de exposición similares a la de este estudio.

Se recomienda que el sistema de protección catódica por corriente impresa sea aplicado y controlado rigurosamente, manteniendo parámetros adecuados de densidad de corriente y potencial de protección, a fin de evitar fenómenos de sobreprotección. Una corriente excesiva puede ocasionar un consumo acelerado del ánodo, disminuyendo significativamente su vida útil, además de generar efectos adversos sobre el acero de refuerzo y el concreto circundante, comprometiendo la eficiencia y estabilidad del sistema de protección.

Se recomienda complementar la evaluación electroquímica mediante la ejecución de ensayos físico-mecánicos y caracterizaciones microestructurales del concreto, tales como resistencia a la compresión, permeabilidad, absorción, porosidad y determinación de la profundidad de penetración de cloruros, con la finalidad de evaluar el comportamiento corrosivo del acero de refuerzo y el nivel de deterioro integral del concreto armado expuesto a ambientes agresivos.

Se recomienda ampliar el periodo de evaluación del acero corrugado embebido en concreto, con el fin de obtener resultados más confiables y representativos respecto al comportamiento electroquímico y la eficiencia de los sistemas de protección catódica. Un mayor tiempo de monitoreo permitiría analizar con mayor precisión la evolución de la corrosión y la estabilidad de protección del acero bajo condiciones de exposición marina.

REFERENCIAS

- Aceros Arequipa. (2019). *Manual del Maestro Constructor* (Aceros Arequipa, Ed.). Aceros Arequipa. <https://www.acerosarequipa.com/manuales/pdf/manual-del-maestro-constructor.pdf>
- Ancori Torobeo, L. S., & Tenorio Palomino, M. G. (2021). *Estudio de la efectividad de tres tipos de inhibidores de corrosión para la protección de estructuras de concreto armado*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ASTM C 876-22b. (2017a). Standard Test Method for corrosion potentials of uncoated reinforcing steel in concrete. *American Society for Testing and Materials*, 1–8. <https://doi.org/10.1520/C0876-15.2>
- ASTM C 876-22b. (2017b). Standard Test Method for corrosion potentials of uncoated reinforcing steel in concrete. *American Society for Testing and Materials*, 1–8. <https://doi.org/10.1520/C0876-15.2>
- Atienza Boronat, M. J., Herrero Villén, M. A., Noguera Murray, P., Tortajada Genaro, L. A., & Morais Ezquerro, S. B. (2016). *Celdas galvánicas o voltaicas*. Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/handle/10251/68314>
- Bermúdez Odriozola, M. Á. (2007a). *Corrosión de las armaduras del hormigón armado en ambiente marino: Zona de carrera de mareas y zona sumergida*. https://oa.upm.es/885/1/MIGUEL_ANGEL_BERMUDEZ_ODRIOZOLA.pdf
- Bermúdez Odriozola, M. Á. (2007b). *Corrosión de las armaduras del hormigón armado en ambiente marino: Zona de carrera de mareas y zona sumergida*.
- Broomfield, J. P. (2011). Corrosion of Steel in Concrete. In *Uhlig's Corrosion Handbook: Third Edition*. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470872864.CH49>
- Brueckner, R., Cobbs, R., & Atkins, C. (2022). A review of developments in cathodic protection systems for reinforced concrete structures. *MATEC Web of Conferences*, 361, 02001. <https://doi.org/10.1051/matecconf/202236102001>

- Castillo Pinillos, G. M., & Ortiz Esquivel, R. A. (2018). *Influencia del aditivo inhibidor de corrosión SIKA® CNI en la velocidad de corrosión de acero embebido en concreto, expuesto en ambientes marinos de la zona costera de Trujillo, 2018.*
- Cedrón, J. C., Landa, V., & Robles, J. (2011). *Celdas Galvánicas o celdas voltaicas* . Química General. <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/42-celdas-galvanicas-o-celdas-voltaicas.html>
- Chiriboga Chiriboga, C., Maldonado Noboa, J., & Chiriboga Zuñiga, B. (2022). Influencia de la corrosión en varillas de acero de refuerzo, y sus efectos en la resistencia estructural de edificaciones. *MQRInvestigar*, 6(4), 396–419. <https://doi.org/10.56048/mqr20225.6.4.2022.396-419>
- Dalmora, G. P. V., Borges Filho, E. P., Maraschin Conterato, A. A., Roso, W. S., Pereira, C. E., & Dettmer, A. (2025). Methods of corrosion prevention for steel in marine environments: A review. *Results in Surfaces and Interfaces*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.rsufi.2025.100430>
- De Damborenea, J. J. (2022, April 29). Óxido fue y en óxido se convirtió: la importancia de la corrosión en nuestra vida - LA NACION. *The Conversation*. <https://www.lanacion.com.ar/el-mundo/oxido-y-antioxido-la-importancia-de-la-corrosion-en-nuestra-vida-nid29042022/>
- Dubuit, J., Laurens, S., Bertron, A., Garcia, D., Etcheverry, L., Deby, F., & Erable, B. (2023). Biogalvanic cathodic protection of reinforced concrete structures in marine environments. *Construction and Building Materials*, 403. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133180>
- Fandiño, R., Puerto, J., & García, J. (2005a). Protección catódica por corriente impresa. Diseño y construcción de un prototipo. *Tekhnê*, 4, 14–19.
- Fandiño, R., Puerto, J., & García, J. (2005b). Protección catódica por corriente impresa. Diseño y construcción de un prototipo | Tekhnê. *Tekhnê*, 4, 14–19.
- Fernanda Ortiz Gonzalez, M., & Solarte Hernández, L. P. (2021). *Estudio de la oxidación y la corrosión de los metales : una construcción fenomenológica sobre la transformación de las sustancias*. [Universidad Pedagógica Nacional]. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/16814>

- Fernández, T. (2024). *Películas formadas en presencia de iones silicato para mitigar la corrosión del acero de construcción en presencia de iones nitrito* [Universidad Nacional de Mar del Plata]. <https://rinfi.fi.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/1025>
- Garcés Terradillos, P., Troconis de Rincón, O., Baltazar Zamora, M. A., Castro Borges, P., & Andrade Perdrix, C. (2020). Recomendaciones sobre Potenciales de Corrosión. *Recomendaciones Técnicas*, 2. <https://doi.org/10.21041/AlconpatInternacional/RecTec/2020-02-potencialdecorrosion>
- Garcés Terradillos, P., Troconis de Rincón, O., Maldonado Bandala, E. E., Castro Borges, P., & Andrade Perdrix, C. (2020). Recomendaciones sobre Velocidad de Corrosión. *Recomendaciones Técnicas*, 3. <https://doi.org/10.21041/AlconpatInternacional/RecTec/2020-03-velocidaddecorrosion>
- Giudice, C. A., & Pereyra, A. M. (2013). *PROTECCIÓN CATÓDICA CON ÁNODOS GALVÁNICOS*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL.
- GONZALEZ ISABEL, G. (1993). *HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA* (segunda). <https://www.casadellibro.com/libro-hormigon-de-alta-resistencia/9788487892134/604804?srsId=AfmBOopoU98h6S1vyEdqmw5P3nzu91mJ1ALYmc4GcYtaphIf17h8tMDI>
- Guo, Z., Xiao, Z., Chen, H., Zhou, X., Wang, P., Luo, J., Gao, Y., & Shang, H. (2024). Review of Cathodic Protection Technology for Steel Rebars in Concrete Structures in Marine Environments. *Applied Sciences* 2024, Vol. 14, 14(19). <https://doi.org/10.3390/app14199062>
- Ha, J. M., Jeong, J. A., & Jin, C. (2024). Development of Conductive Mortar for Efficient Sacrificial Anode Cathodic Protection of Reinforced Concrete Structures—Part 2: Four-Year Performance Evaluation in Bridges. *Applied Sciences* 2024, Vol. 14, 14(5). <https://doi.org/10.3390/app14051797>
- Hernández Castañeda, O., & Mendoza Escobedo, C. J. (2006). Durabilidad e infraestructura: retos e impacto socioeconómico. *Ingeniería. Investigación y Tecnología*, 7(1), 57–70. <https://www.redalyc.org/pdf/404/40470105.pdf>

- Hernández Sampieri, Roberto., & Mendoza Torres, C. Paulina. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
<https://bellasartes.upn.edu.co/wp-content/uploads/2024/11/METODOLOGIA-DE-LA-INVESTIGACION-Sampieri-Mendoza-2018.pdf>
- Hu, J. Y., Liu, Y. J., Dong, Z., & Zhang, S. S. (2024). Advancing the assessment of ICCP efficiency for steel reinforcement: A novel electrochemical investigation. *Journal of Building Engineering*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.110736>
- Kouevidjin, A. B., Adessina, A., Barthélémy, J. F., Carpio-Perez, J., Ben Fraj, A., & Pavoine, A. (2024a). Efficiency of the Impressed Current Cathodic Protection (ICCP) in reinforced concretes: Experimental and numerical investigation. *Electrochimica Acta*, 480, 143923. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2024.143923>
- Kouevidjin, A. B., Adessina, A., Barthélémy, J. F., Carpio-Perez, J., Ben Fraj, A., & Pavoine, A. (2024b). Efficiency of the Impressed Current Cathodic Protection (ICCP) in reinforced concretes: Experimental and numerical investigation. *Electrochimica Acta*, 480, 143923. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2024.143923>
- Laforest López, M. E. (2025). *Análisis del ciclo de vida de estructuras de hormigón armado con diversas estrategias de mantenimiento frente a daños por corrosión*.
- Lee, F., Andrés, O., Torres, A., Jorge, A., Guillén, T., & Madrid, M. M. (2006). CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA DE REFUERZO-PROTECCIÓN EN ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO DAÑADOS POR CORROSIÓN, UTILIZANDO COMPUESTOS BASE FIBRAS DE CARBÓN. *Publicacion Tecnica*, 295.
- Martínez Hernández, E. A. (2008). *Corrosion en Estructuras de Concreto Reforzado con Acero* (J. C. Rubio Avalos, Ed.).
- Muñoz Leoz, B., & Ruiz Ojeda, P. (2011). Electroquímica. In *Fundamentos Químicos de la Ingeniería*.
https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/53551/mod_resource/content/1/TEMA_9._REDOX/Tema_9_Electroquimica.pdf

NRMCA. (2020). *CIP 25-Corrosión del acero en el concreto ¿Qué es la corrosión del acero?*
www.nrmca.org.

Orozco-Cruz, R., Martínez, E. A., & Galván-Martínez, R. (2007). Ánodos galvánicos para la protección de estructuras inmersas en agua de mar. *REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA*, 1, 27–34.
https://www.researchgate.net/publication/346142701_Anodos_galvanicos_para_la_proteccion_de_estructuras_inmersas_en_agua_de_mar

Pérez Méndez, L. R. (2010a). “*VIDA ÚTIL RESIDUAL DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO AFECTADAS POR CORROSIÓN*” AUTOR: LETICIA RAFAELINA PÉREZ MÉNDEZ Ing. Civil [Universidad Politecnica de Madrid].
https://oa.upm.es/5753/1/TESIS_MASTER_LETICIA_RAFAELINA_PEREZ_MENDEZ.pdf

Pérez Méndez, L. R. (2010b). “*VIDA ÚTIL RESIDUAL DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO AFECTADAS POR CORROSIÓN*” AUTOR: LETICIA RAFAELINA PÉREZ MÉNDEZ Ing. Civil. Universidad Politecnica de Madrid.

Pontificia Universidad Catolica del Peru. (n.d.). *Celdas Galvánicas o celdas voltaicas*. Retrieved May 12, 2026, from <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/42-celdas-galvanicas-o-celdas-voltaicas.html>

Quinchia Espinosa, D., & Liso Ferrando, J. R. (2025). *Implementación de Protección Catódica en la Rehabilitación de Tanques de Agua Potable en Colombia: Análisis de Ánodos de Sacrificio*. <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/19ebe601-751e-48fa-9a84-0370ecb30183/content>

Ramírez Vásquez, A. C., & Castillo Benavides, M. N. (2024). *PROCESO DE CARBONATACIÓN EN CONCRETOS HIDRAULICOS EXPUESTOS A AMBIENTES MARINOS* [UNIVERSIDAD DE CARTAGENA].
<https://repositorio.unicartagena.edu.co/server/api/core/bitstreams/6e094553-60a0-4d47-b468-8eecd4598d41/content>

- Rendón Belmonte, M., Pérez Quiroz, J. T., Martínez Madrid, M., & Torres Acosta, A. (2013). *Aplicación de corriente catódica como sistema de protección contra la corrosión de estructuras de concreto reforzado*.
- Revie, R. W., & Uhlig, H. H. (2008a). *CORROSION AND CORROSION CONTROL An Introduction to Corrosion Science and Engineering FOURTH EDITION*.
- Revie, R. W., & Uhlig, H. H. (2008b). Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering: Fourth Edition. *Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering: Fourth Edition*, 1–490. <https://doi.org/10.1002/9780470277270>
- Sánchez de Guzmán, Diego. (2011). *Durabilidad y patologia del concreto*. Asociación Colombiana de Productores de Concreto. https://books.google.com/books/about/Durabilidad_y_patolog%C3%ADa_del_concreto.html?hl=es&id=A1LRjgEACAAJ
- Tejada tovar, C. N., Villabona Ortiz, A., & Barrios Fontalvo, M. (2016). Método de perfiles de difusión de cloruros para la estimación de la corrosión en ambientes marinos. *Prospectiva*, 14(1), 27. <https://doi.org/10.15665/rp.v14i1.642>
- Torres, J., Andrade, C., & Sánchez, J. (2020). Periodo de iniciación de la corrosión por ión cloruro según la EHE 08 en elementos de hormigón fisurados ; Initiation period of corrosion by chloride ion according to EHE 08 in cracked concrete elements. *Informes de La Construcción*, 72(557). <https://doi.org/10.3989/ic.70275>
- Trinidad, J., Quiroz, P., Belmonte, M. R., Martinez, M., Andrés, M., Acosta, T., Leticia, N., Arreola, A., & Rivera, L. R. (2017). EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE ÁNODOS DE SACRIFICIO LOCALIZADOS Y EMPLEADOS EN LA REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO: RESULTADOS PRELIMINARES. *Publicacion Tecnica*, 1(501).
- Uribe Burgueño, J. A., Bernal Camacho, J. M., Burgueño Sánchez, E. O., & Alfaro Rodríguez, A. P. (2025). PROTECCIÓN CATÓDICA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO



ANEXOS

Anexo 1 Matriz de operacionalización de variables

	Variable	Dimensión	Indicador	Unidad	Técnica	Instrumento
Variable Independiente	Sistema de protección Catódica	Tipo de sistema aplicado	Tipo de protección (Sin protección / ánodos de sacrificio/ corriente impresa)	Categoría (Adimensional)	Intervención y diseño experimental	Fichas de control de probetas
Variable dependiente	Comportamiento electroquímico del acero embebido	Perdida del material en el acero	Velocidad de corrosión del acero de refuerzo	Micrómetros por año ($\mu\text{m/año}$) o pérdida de masa (g)	Medición de pérdida de peso tras la extracción y limpieza del acero	Balanza digital de precisión
		Comportamiento de los sistemas de protección	Medición de la diferencia del potencial eléctrico	Milivoltios (mV)	Monitoreo eléctrico continuo	Multímetro digital Electrodo de referencia

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2 Certificado de laboratorio



**Universidad
Católica de
Santa María**

*Sentimiento
Santamariano*

**/E.P. Ingeniería
Civil**

Campus Central
Urb. San José s/n Umacollo
Arequipa - Perú
(+54) – 382038

UCSM.EDU.PE

CONSTANCIA ID-012302

Laboratorio de Ensayo de Ingeniería Civil

Quien suscribe, Mgter. Ing. RUBEN FRANCISCO GAMARRA TUCO, Docente a tiempo completo por función específica de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - FAICA - UCSM.

HACE CONSTAR

Que el (las) Señor(es,itas) Bachiller(es) en Ingeniería Civil:

JEREMY ELIEL GOMEZ NIETO (DNI - 73099511)

MANUEL EDUARDO SALAZAR APAZA (DNI - 72859104)

Ha(n) realizado ensayos en los Laboratorios de Ingeniería Civil, correspondientes a su trabajo de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con la tesis denominada:

“ESTUDIO DE LA EFECTIVIDAD DEL MÉTODO DE PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE IMPRESA Y ÁNODOS DE SACRIFICIO EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE CAMANÁ”

Asesor de Tesis: Mgter. Rubén Francisco Gamarra Tuco.

Detallado de los ensayos efectuados en el laboratorio:

PERIODO: 05/12/2024 al 31/07/2025.

PRESUPUESTO: Ver anexo 01

DERECHO USO LABORATORIO POR TESIS: Opción “2”

TOTAL A PAGAR POR TESIS: S/ 500.00

COMPROBANTE: B017-00003586

Se expide la presente constancia para los fines convenientes.

Arequipa, 09 junio del 2026

Mgter. Rubén Francisco Gamarra Tuco.
Docente a tiempo completo por función específica.



**Universidad
Católica de
Santa María**

**Laboratorio de Ensayo
de Ingeniería Civil**
Facultad de Arquitectura e Ingenierías
Civil y del Ambiente

Campus Central
Urb. San José s/n Umacollo
Arequipa - Perú

UCSM.EDU.PE | **fine**



Universidad
Católica de
Santa María

Sentimiento
Santamariano

/E.P. Ingeniería
Civil

Campus Central
Urb. San José s/n Umacollo
Arequipa - Perú
(+54) - 382038

CONSTANCIA ID-012302
Laboratorio de Ensayo de Ingeniería Civil

ANEXO 01

ITEM	ENSAYO	CANT.	C.U. al 25%	PARCIAL S/
01	Análisis Granulométrico de Agregados Finos - Incluye Módulo de Fineza	3	10.00	30.00
02	Análisis Granulométrico de Agregado grueso	3	10.00	30.00
03	Peso Específico y Absorción de Agregado Fino	1	12.00	12.00
04	Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso	1	12.00	12.00
05	Peso Unitario del Agregado Fino (suelto y varillado)	3	13.00	39.00
06	Peso Unitario del Agregado Grueso (suelto y varillado)	3	15.00	45.00
07	Compresión de Probetas de Concreto de 4" 6"	69	3.00	207.00
08	Elaboración de Mezcla de concreto	31	8.00	248.00
09	Curado de muestras de concreto	69	1.00	69.00
10	Asentamiento del concreto de cemento portland (SLUMP)	31	1.00	31.00
11	Contenido de aire en el concreto fresco de cemento portland	2	3.00	6.00
12	Peso unitario del concreto en estado fresco	4	3.00	12.00
13	Temperatura del concreto en estado fresco	29	1.00	29.00
			TOTAL	770.00

UCSM.EDU.PE

Mgter. Rubén Francisco Gamarra Tuco.
Docente a tiempo completo por función específica.

Arequipa, 09 junio del 2026



Universidad
Católica de
Santa María

Laboratorio de Ensayo
de Ingeniería Civil
/Facultad de Arquitectura e Ingenierías
Civil y del Ambiente

Campus Central
Urb. San José s/n Umacollo
Arequipa - Perú

UCSMEDUPE | f i n o

Anexo 3 Panel fotográfico

Figura 93 Equipos de laboratorio para ensayos de agregados



Fuente: Elaboración propia.

Figura 94 Cuarteo de agregado fino y agregado grueso



Fuente: Elaboración propia.

Figura 95 Muestreo de agregado fino y grueso para ensayos de contenido de humedad y granulometría después de estar 24 horas en el horno.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 96 Zarandeo en tamizador automático



Fuente: Elaboración propia.

Figura 97 Granulometría del agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

Figura 98 Ensayo de peso unitario



Fuente: Elaboración propia.

Figura 99 Pesaje para ensayo peso unitario de agregado fino.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 100 Pesaje de agregado para ensayo de peso unitario



Fuente: Elaboración propia.

Figura 101 Ensayo de absorción para agregado grueso



Fuente: Elaboración propia.

Figura 102 Ensayo de absorción y peso específico del agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

Figura 103 Peso de agregados elaboración de probetas cilíndricas



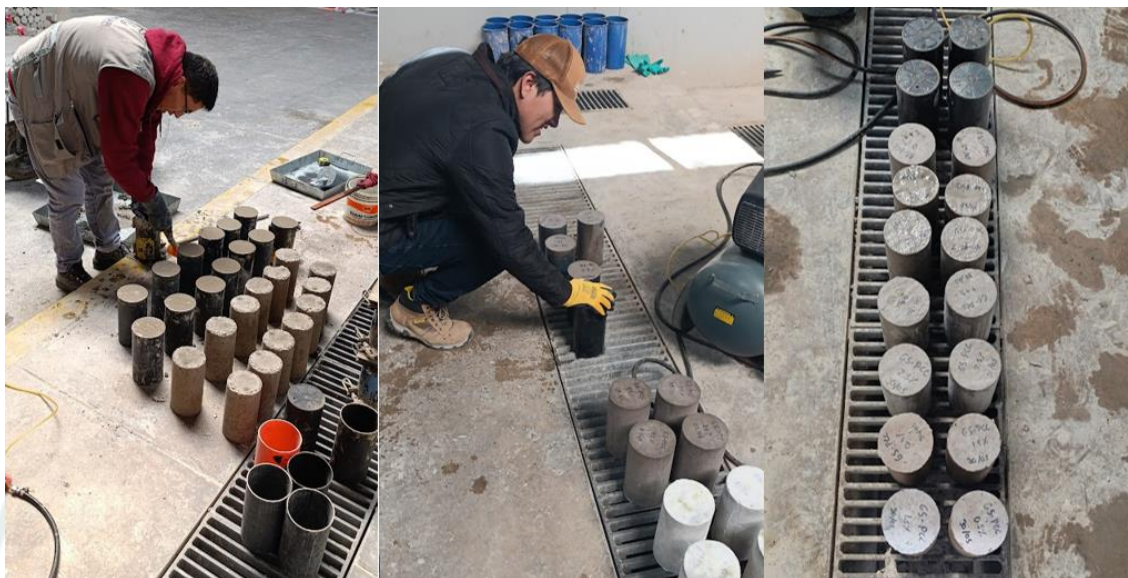
Fuente: Elaboración propia.

Figura 104 Elaboración de probetas cilíndricas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 105 Desmolde de probetas 24 horas después del vaciado



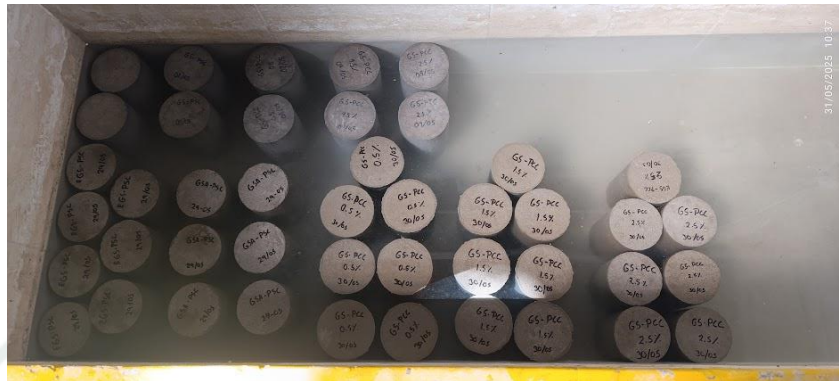
Fuente: Elaboración propia.

Figura 106 Marcado de probetas



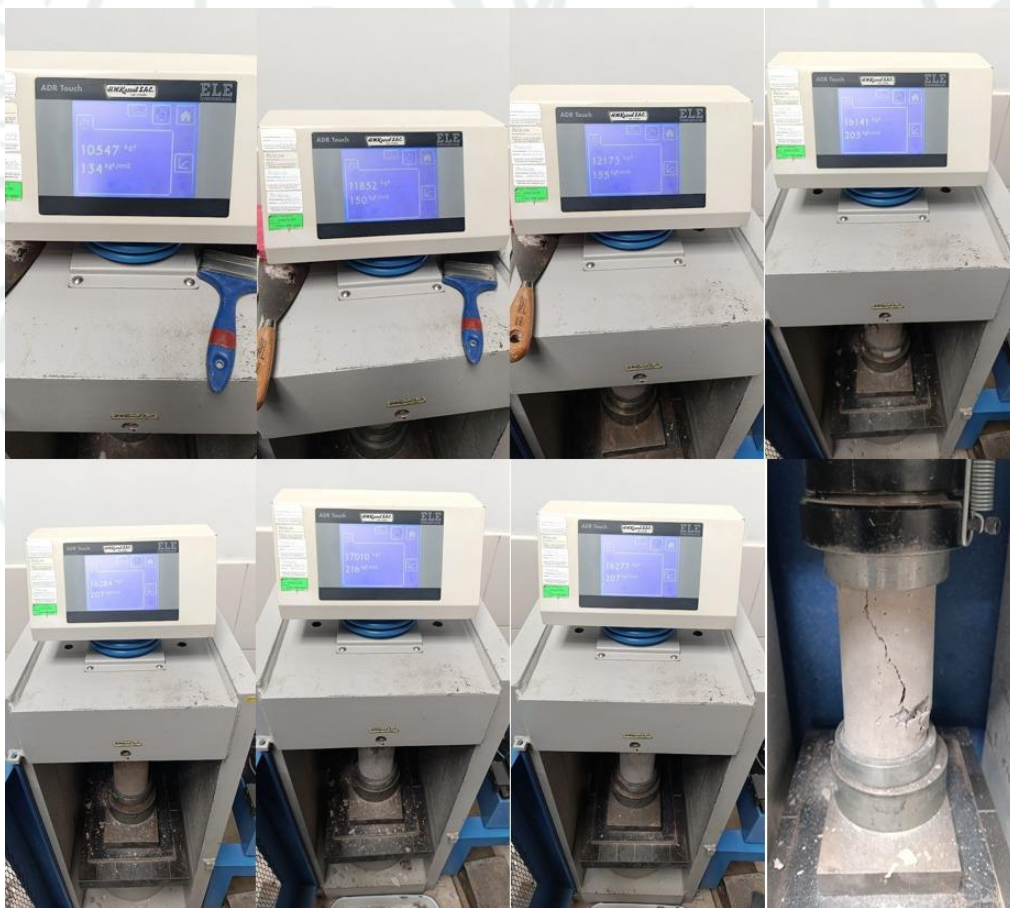
Fuente: Elaboración propia.

Figura 107 Curado de probetas cilíndricas para ensayo de compresión



Fuente: Elaboración propia.

Figura 108 Detalle de rotura de especímenes de concreto sometidos a compresión axial a los 7 días de curado



Fuente: Elaboración propia.

Figura 109 Detalle de rotura de especímenes de concreto sometidos a compresión axial a los 14 días de curado



Fuente: Elaboración propia.

Figura 110 Detalle de rotura de especímenes de concreto sometidos a compresión axial a los 28 días de curado



Fuente: Elaboración propia.

Figura 111 Detalle de rotura de probetas cilíndricas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 112 Adquisición y recepción de ánodos galvánicos



Fuente: Elaboración propia.

Figura 113 Cloruro de sodio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 114 Lijado de los aceros corrugados



Fuente: Elaboración propia.

Figura 115 Preparación de acero, colocación de manga termo retráctil



Fuente: Elaboración propia.

Figura 116 Colocación de manga termo retráctil



Fuente: Elaboración propia.

Figura 117 Preparación de cables



Fuente: Elaboración propia.

Figura 118 Colocación de cables sujeto al acero



Fuente: Elaboración propia.

Figura 119 Aceros habilitados sujetos a cables antes del vaciado



Fuente: Elaboración propia.

Figura 120 Elaboración de encofrados para probetas prismáticas



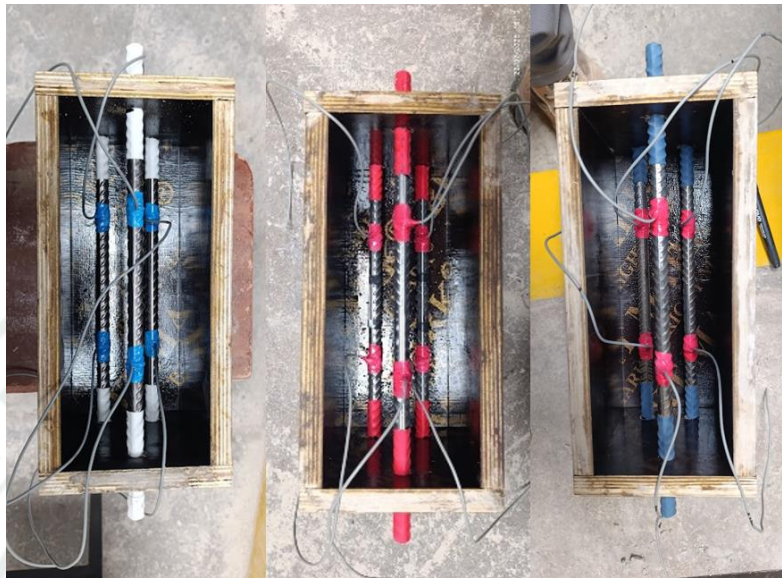
Fuente: Elaboración propia.

Figura 121 Limpieza y aplicación de desmoldante en encofrado de probetas prismáticas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 122 Detalle de encofrado antes del vaciado



Fuente: Elaboración propia.

Figura 123 Liberación de encofrado y distribución de cables y acero para vaciado de probetas prismáticas



Fuente: Elaboración propia

Figura 124 Pesaje de agregados y cemento según diseño de mezcla



Fuente: Elaboración propia.

Figura 125 Pesaje de cloruro de sodio según dosificación



Fuente: Elaboración propia.

Figura 126 Disolución de cloruro de sodio en el agua de amasado para inducir la corrosión



Fuente: Elaboración propia.

Figura 127 Procedimiento de carga y adición de componentes para la elaboración de la mezcla de concreto



Fuente: Elaboración propia.

Figura 128 Medición del asentamiento del concreto fresco mediante el cono de Abrams



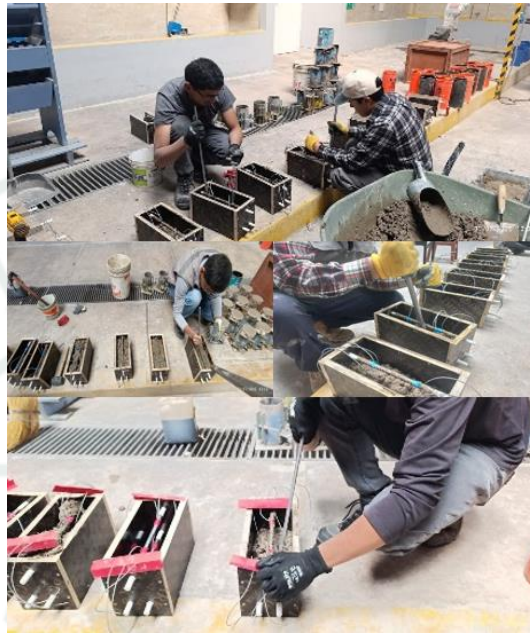
Fuente: Elaboración propia.

Figura 129 Determinación de la temperatura del concreto en estado fresco



Fuente: Elaboración propia.

Figura 130 Procedimiento estandarizado de compactación por varillado en especímenes prismáticos



Fuente: Elaboración propia.

Figura 131 Procedimiento de enrasado y acondicionamiento de las salidas eléctricas en las probetas prismáticas



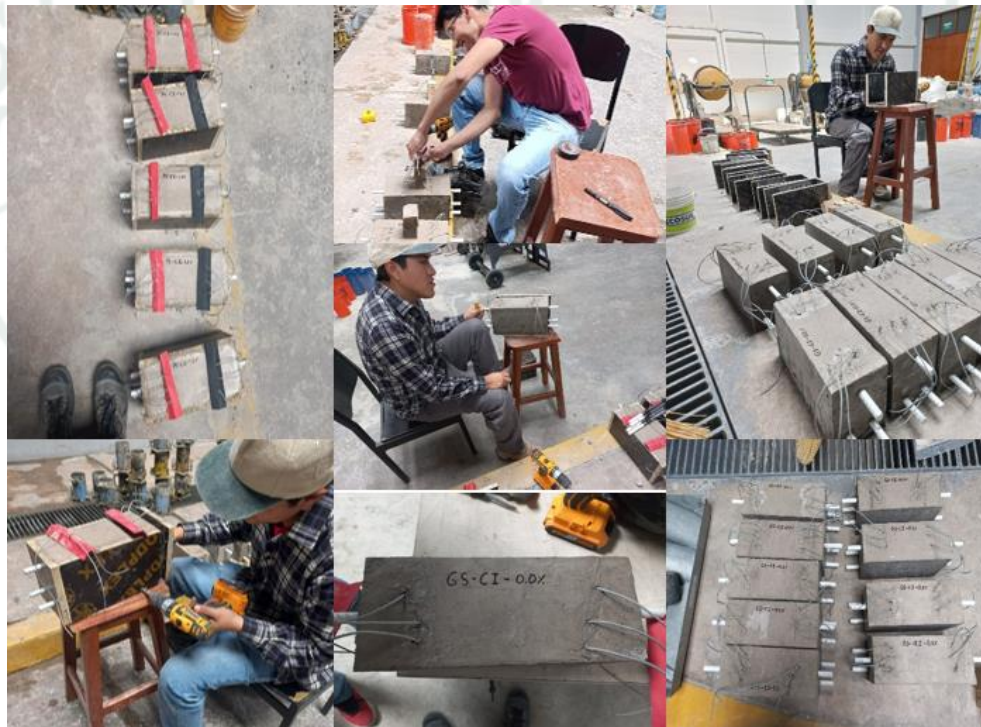
Fuente: Elaboración propia.

Figura 132 Especímenes prismáticos en etapa de fraguado inicial previo al curado por inmersión



Fuente: Elaboración propia.

Figura 133 Procedimiento de extracción cuidadosa de las probetas prismáticas de concreto armado



Fuente: Elaboración propia.

Figura 134 Acondicionamiento de los especímenes y terminales eléctricos previo al curado por inmersión



Fuente: Elaboración propia.

Figura 135 Curado por inmersión de probetas prismáticas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 136 Electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre (Cu/CuSO₄)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 137 Emplazamiento de especímenes prismáticos a entorno de estudio para la determinación de velocidad de corrosión y potencial eléctrico



Fuente: Elaboración propia.

Figura 138 Disposición del campo de pruebas y ordenamiento de las probetas prismáticas previo a su inmersión



Fuente: Elaboración propia.

Figura 139 Ubicación y acomodo de probetas prismáticas en recipientes para exposición in situ



Fuente: Elaboración propia.

Figura 140 Disposición ordenada y trazado de los conductores eléctricos sobre la malla de referencia



Fuente: Elaboración propia.

Figura 141 Vista general de la estación de pruebas habilitada para la fase de inmersión de los especímenes en agua de mar



Fuente: Elaboración propia.

Figura 142 Colocación de cubierta y armado de circuito



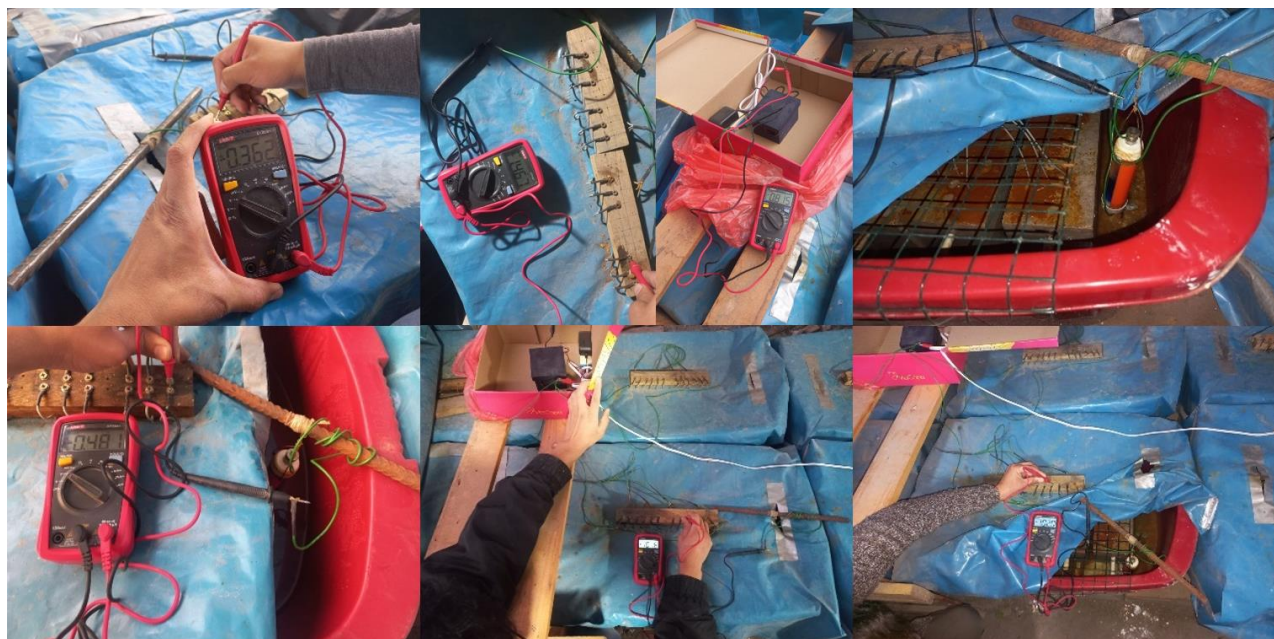
Fuente: Elaboración propia.

Figura 143 Calibración de fuentes



Fuente: Elaboración propia.

Figura 144 Toma lecturas, en el instante, apagado y 24 horas después



Fuente: Elaboración propia.

Figura 145 Corrosión y consumo de ánodos



Fuente: Elaboración propia.

Figura 146 Visualización de probeta con 0.0% de NaCl en los aceros



Fuente: Elaboración propia.

Figura 147 Visualización de probeta con 0.5% de NaCl en los aceros



Fuente: Elaboración propia.

Figura 148 Visualización de probeta con 1.5% de NaCl en los aceros



Fuente: Elaboración propia.

Figura 149 Visualización de probeta con 2.5% de NaCl en los aceros



Fuente: Elaboración propia.

Figura 150 Extracción y limpieza de los aceros



Fuente: Elaboración propia.

Figura 151 Pesaje de los aceros



Fuente: Elaboración propia.

Figura 152 Corrosión y consumo del ánodo durante el tiempo



Fuente: Elaboración propia.



Anexo 4 Lecturas de medición

 Universidad Católica de Santa María												
FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO												
Alumnos	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA							fecha:	20/09/2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR ANODOS DE SACRIFICIO								
				Magnesio			Zinc			Aluminio		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-175	-175	-175	-1076	-1012	-882	-952	-714	-583	-842	-713	-521
0.0%	-162	-162	-162	-1098	-1037	-905	-940	-702	-570	-849	-720	-534
0.0%	-186	-186	-186	-1082	-1020	-889	-963	-721	-591	-833	-704	-517
0.0%	-168	-168	-168	-1091	-1028	-896	-974	-732	-608	-856	-728	-542
0.0%	-179	-179	-179	-1070	-1009	-879	-945	-707	-582	-847	-715	-529
0.0%	-164	-164	-164	-1103	-1042	-910	-986	-742	-616	-868	-739	-550
0.0%	-191	-191	-191	-1084	-1021	-891	-933	-695	-572	-854	-722	-541
0.0%	-170	-170	-170	-1096	-1033	-901	-955	-718	-596	-845	-716	-532
0.0%	-177	-177	-177	-1073	-1011	-881	-968	-734	-614	-870	-743	-560
0.5%	-310	-310	-310	-1102	-1038	-903	-1002	-804	-684	-895	-766	-615
0.5%	-282	-282	-282	-1120	-1059	-920	-1025	-816	-695	-902	-774	-622
0.5%	-325	-325	-325	-1089	-1029	-896	-998	-792	-673	-913	-785	-631
0.5%	-300	-300	-300	-1131	-1070	-932	-1034	-827	-704	-909	-780	-633
0.5%	-335	-335	-335	-1105	-1042	-907	-1016	-808	-690	-921	-792	-645
0.5%	-318	-318	-318	-1112	-1051	-914	-1022	-812	-696	-934	-803	-658
0.5%	-295	-295	-295	-1093	-1031	-898	-995	-785	-672	-917	-788	-640
0.5%	-340	-340	-340	-1124	-1062	-926	-1004	-796	-682	-926	-799	-651
0.5%	-305	-305	-305	-1101	-1039	-905	-1012	-802	-690	-945	-816	-669
1.5%	-448	-448	-448	-1128	-1065	-921	-1072	-884	-776	-988	-849	-724
1.5%	-472	-472	-472	-1146	-1084	-944	-1085	-897	-788	-992	-853	-731
1.5%	-422	-422	-422	-1116	-1053	-914	-1060	-872	-765	-9004	-865	-742
1.5%	-485	-485	-485	-1158	-1096	-952	-1094	-902	-795	-1016	-878	-759
1.5%	-458	-458	-458	-1139	-1076	-936	-1078	-888	-760	-1023	-884	-767
1.5%	-438	-438	-438	-1121	-1059	-918	-1106	-914	-808	-1035	-897	-780
1.5%	-475	-475	-475	-1133	-1070	-929	-1055	-868	-762	-1049	-912	-794
1.5%	-442	-442	-442	-1149	-1088	-942	-1082	-892	-787	-1050	-927	-802
1.5%	-490	-490	-490	-1119	-1056	-915	-1115	-923	-819	-1077	-938	-820
2.5%	-560	-560	-560	-1158	-1095	-946	-1124	-956	-854	-1131	-992	-889
2.5%	-585	-585	-585	-1176	-1114	-968	-1138	-971	-868	-1142	-1005	-902
2.5%	-538	-538	-538	-1142	-1080	-938	-1115	-948	-847	-1153	-1014	-913
2.5%	-605	-605	-605	-1188	-1126	-982	-1142	-985	-884	-1164	-1025	-923
2.5%	-568	-568	-568	-1165	-1102	-957	-1130	-964	-862	-1175	-1036	-932
2.5%	-592	-592	-592	-1149	-1087	-942	-1154	-992	-892	-1186	-1047	-945
2.5%	-548	-548	-548	-1181	-1119	-993	-1186	-942	-831	-1197	-1058	-957
2.5%	-579	-579	-579	-1156	-1093	-948	-1145	-984	-881	-1202	-1064	-960
2.5%	-610	-610	-610	-1169	-1107	-964	-1168	-1064	-904	-1219	-1072	-971



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		...27.../...09.../...2025...			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR ANODOS DE SACRIFICIO								
	ON	Inst OFF	24h	Magnesio			Zinc			Aluminio		
				ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-178	-178	-178	-1072	-1008	-883	-964	-726	-591	-852	-723	-531
0.0%	-165	-165	-165	-1095	-1032	-904	-955	-718	-580	-860	-731	-543
0.0%	-190	-190	-190	-1078	-1015	-890	-972	-735	-602	-844	-715	-524
0.0%	-171	-171	-171	-1086	-1022	-897	-988	-749	-622	-867	-738	-549
0.0%	-183	-183	-183	-1068	-1006	-880	-960	-724	-594	-858	-726	-537
0.0%	-167	-167	-167	-1099	-1037	-909	-1002	-761	-630	-879	-749	-562
0.0%	-195	-195	-195	-1080	-1017	-892	-948	-712	-583	-865	-732	-550
0.0%	-173	-173	-173	-1092	-1029	-900	-971	-732	-604	-856	-727	-541
0.0%	-181	-181	-181	-1070	-1007	-882	-983	-747	-621	-891	-754	-570
0.5%	-335	-335	-335	-1098	-1035	-905	-1024	-832	-708	-905	-776	-624
0.5%	-305	-305	-305	-1115	-1054	-918	-1041	-848	-723	-912	-784	-631
0.5%	-355	-355	-355	-1085	-1026	-898	-1018	-819	-696	-923	-795	-640
0.5%	-325	-325	-325	-1126	-1064	-928	-1055	-862	-741	-919	-790	-642
0.5%	-365	-365	-365	-1101	-1039	-910	-1030	-839	-717	-931	-802	-654
0.5%	-342	-342	-342	-1108	-1046	-916	-1048	-855	-735	-944	-813	-669
0.5%	-318	-318	-318	-1089	-1028	-900	-1015	-808	-691	-927	-798	-649
0.5%	-372	-372	-372	-1119	-1057	-923	-1026	-821	-703	-936	-809	-660
0.5%	-330	-330	-330	-1097	-1034	-906	-1035	-833	-717	-955	-826	-678
1.5%	-478	-478	-478	-1124	-1062	-924	-1088	-912	-800	-998	-857	-733
1.5%	-505	-505	-505	-1141	-1080	-943	-1104	-928	-815	-1002	-863	-740
1.5%	-450	-450	-450	-1113	-1051	-916	-1077	-895	-784	-1014	-895	-751
1.5%	-520	-520	-520	-1152	-1090	-952	-1112	-936	-825	-1026	-888	-768
1.5%	-485	-485	-485	-1135	-1072	-938	-1093	-918	-806	-1033	-894	-776
1.5%	-468	-468	-468	-1117	-1056	-920	-1125	-947	-837	-1045	-907	-789
1.5%	-510	-510	-510	-1129	-1066	-932	-1071	-889	-779	-1059	-922	-803
1.5%	-472	-472	-472	-1144	-1083	-947	-1099	-921	-812	-1060	-931	-811
1.5%	-525	-525	-525	-1115	-1053	-918	-1134	-958	-850	-1087	-948	-829
2.5%	-605	-605	-605	-1154	-1092	-950	-1142	-978	-874	-1141	-1002	-898
2.5%	-630	-630	-630	-1170	-1109	-968	-1157	-955	-890	-1152	-1015	-911
2.5%	-580	-580	-580	-1138	-1076	-940	-1137	-964	-861	-1163	-1024	-922
2.5%	-650	-650	-650	-1182	-1120	-980	-1166	-1009	-906	-1174	-1035	-932
2.5%	-610	-610	-610	-1161	-1098	-958	-1149	-986	-882	-1185	-1046	-941
2.5%	-635	-635	-635	-1145	-1083	-945	-1176	-1018	-916	-1196	-1057	-954
2.5%	-590	-590	-590	-1176	-1114	-972	-1154	-991	-880	-1207	-1068	-966
2.5%	-620	-620	-620	-1152	-1090	-952	-1164	-1003	-900	-1212	-1071	-969
2.5%	-655	-655	-655	-1165	-1103	-960	-1182	-1023	-921	-1229	-1082	-980



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		...24../...10../...2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR ANODOS DE SACRIFICIO								
				Magnesio			Zinc			Aluminio		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-180	-180	-180	-1069	-1005	-886	-975	-738	-599	-855	-726	-534
0.0%	-167	-167	-167	-1092	-1028	-903	-963	-727	-585	-863	-734	-547
0.0%	-192	-192	-192	-1095	-1012	-892	-982	-746	-608	-849	-727	-537
0.0%	-172	-172	-172	-1083	-1019	-898	-994	-759	-628	-871	-742	-557
0.0%	-185	-185	-185	-1065	-1002	-884	-970	-735	-607	-862	-730	-541
0.0%	-169	-169	-169	-1096	-1032	-907	-1014	-773	-638	-882	-754	-566
0.0%	-198	-198	-198	-1098	-1014	-890	-958	-723	-591	-869	-736	-552
0.0%	-175	-175	-175	-1089	-1025	-899	-987	-742	-611	-859	-737	-545
0.0%	-183	-183	-183	-1067	-1003	-883	-992	-754	-625	-884	-759	-573
0.5%	-360	-360	-360	-1094	-1030	-907	-1035	-845	-718	-908	-780	-628
0.5%	-330	-330	-330	-1117	-1048	-919	-1050	-861	-733	-916	-789	-635
0.5%	-385	-385	-385	-1087	-1019	-900	-1026	-883	-707	-927	-800	-645
0.5%	-350	-350	-350	-1127	-1058	-930	-1067	-874	-750	-923	-794	-647
0.5%	-395	-395	-395	-1097	-1034	-912	-1041	-849	-724	-935	-807	-659
0.5%	-365	-365	-365	-1103	-1040	-917	-1059	-866	-743	-948	-818	-672
0.5%	-340	-340	-340	-1085	-1022	-902	-1023	-848	-699	-937	-803	-654
0.5%	-405	-405	-405	-1115	-1051	-925	-1034	-832	-711	-940	-814	-666
0.5%	-355	-355	-355	-1093	-1029	-908	-1042	-844	-725	-959	-832	-684
1.5%	-505	-505	-505	-1120	-1059	-928	-1099	-925	-810	-1001	-862	-738
1.5%	-530	-530	-530	-1137	-1074	-946	-1116	-942	-826	-1006	-868	-745
1.5%	-475	-475	-475	-1109	-1046	-919	-1086	-908	-794	-1012	-880	-756
1.5%	-545	-545	-545	-1147	-1084	-954	-1124	-950	-836	-1030	-893	-773
1.5%	-510	-510	-510	-1137	-1067	-938	-1104	-929	-814	-1037	-899	-782
1.5%	-490	-490	-490	-1174	-1057	-923	-1138	-961	-848	-1049	-912	-795
1.5%	-525	-525	-525	-1126	-1063	-934	-1081	-902	-886	-1063	-927	-809
1.5%	-495	-495	-495	-1140	-1077	-949	-1109	-933	-821	-1064	-936	-816
1.5%	-550	-550	-550	-1111	-1048	-927	-1145	-971	-860	-1091	-953	-835
2.5%	-630	-630	-630	-1150	-1087	-952	-1154	-992	-886	-1145	-1007	-904
2.5%	-655	-655	-655	-1166	-1103	-969	-1170	-1007	-900	-1156	-1020	-917
2.5%	-600	-600	-600	-1134	-1077	-940	-1142	-976	-871	-1167	-1029	-928
2.5%	-675	-675	-675	-1176	-1113	-981	-1182	-1022	-917	-1198	-1040	-938
2.5%	-635	-635	-635	-1156	-1092	-958	-1161	-998	-892	-1189	-1051	-947
2.5%	-660	-660	-660	-1140	-1076	-944	-1189	-1037	-927	-1200	-1062	-960
2.5%	-610	-610	-610	-1170	-1107	-973	-1165	-1004	-899	-1211	-1073	-972
2.5%	-645	-645	-645	-1148	-1084	-950	-1176	-1015	-911	-1216	-1076	-975
2.5%	-685	-685	-685	-1161	-1098	-962	-1195	-1035	-931	-1233	-1087	-986



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		11/10/2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR ANODOS DE SACRIFICIO								
	ON	Inst OFF	24h	Magnesio			Zinc			Aluminio		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-182	-182	-182	-1065	-1001	-888	-982	-745	-607	-859	-731	-537
0.0%	-169	-169	-169	-1089	-1026	-906	-970	-734	-587	-868	-742	-550
0.0%	-194	-194	-194	-1072	-1009	-894	-991	-753	-610	-853	-726	-536
0.0%	-174	-174	-174	-1079	-1015	-900	-1005	-768	-632	-874	-748	-562
0.0%	-187	-187	-187	-1067	-998	-885	-977	-741	-602	-867	-734	-547
0.0%	-170	-170	-170	-1093	-1030	-910	-1026	-785	-645	-889	-760	-575
0.0%	-199	-199	-199	-1074	-1010	-894	-964	-730	-594	-875	-740	-558
0.0%	-176	-176	-176	-1086	-1023	-901	-989	-750	-615	-865	-735	-551
0.0%	-184	-184	-184	-1064	-1000	-884	-1001	-762	-630	-893	-767	-587
0.5%	-375	-375	-375	-1090	-1026	-908	-1044	-856	-725	-913	-786	-632
0.5%	-345	-345	-345	-1106	-1043	-920	-1062	-874	-742	-922	-795	-641
0.5%	-400	-400	-400	-1078	-1015	-900	-1035	-842	-712	-934	-806	-650
0.5%	-365	-365	-365	-1116	-1053	-932	-1078	-886	-758	-928	-798	-651
0.5%	-410	-410	-410	-1093	-1029	-913	-1050	-859	-730	-942	-813	-665
0.5%	-380	-380	-380	-1099	-1036	-918	-1071	-879	-752	-955	-824	-679
0.5%	-355	-355	-355	-1081	-1017	-902	-1031	-828	-705	-936	-809	-660
0.5%	-420	-420	-420	-1110	-1046	-926	-1046	-845	-720	-949	-818	-670
0.5%	-370	-370	-370	-1088	-1025	-907	-1052	-855	-734	-965	-837	-690
1.5%	-520	-520	-520	-1116	-1053	-930	-1110	-988	-819	-1009	-868	-746
1.5%	-545	-545	-545	-1132	-1069	-945	-1128	-955	-835	-1013	-875	-754
1.5%	-495	-495	-495	-1105	-1042	-920	-1095	-921	-803	-1024	-886	-763
1.5%	-560	-560	-560	-1142	-1099	-958	-1137	-964	-846	-1038	-899	-778
1.5%	-525	-525	-525	-1126	-1062	-938	-1116	-942	-823	-1044	-905	-789
1.5%	-505	-505	-505	-1109	-1046	-923	-1152	-977	-860	-1057	-918	-802
1.5%	-540	-540	-540	-1121	-1058	-934	-1090	-918	-796	-1070	-931	-814
1.5%	-515	-515	-515	-1136	-1073	-949	-1121	-947	-831	-1071	-942	-825
1.5%	-570	-570	-570	-1107	-1043	-921	-1159	-985	-870	-1100	-963	-845
2.5%	-610	-610	-610	-1146	-1083	-953	-1168	-1002	-899	-1154	-1012	-909
2.5%	-665	-665	-665	-1162	-1099	-970	-1184	-1029	-913	-1167	-1025	-922
2.5%	-610	-610	-610	-1130	-1069	-940	-1155	-989	-887	-1178	-1036	-935
2.5%	-685	-685	-685	-1172	-1109	-983	-1197	-1037	-924	-1189	-1045	-944
2.5%	-645	-645	-645	-1152	-1088	-959	-1175	-1014	-905	-1200	-1056	-952
2.5%	-670	-670	-670	-1136	-1073	-945	-1205	-1048	-941	-1213	-1067	-965
2.5%	-620	-620	-620	-1166	-1102	-974	-1179	-1019	-911	-1221	-1078	-977
2.5%	-655	-655	-655	-1144	-1080	-952	-1190	-1030	-923	-1227	-1081	-980
2.5%	-695	-695	-695	-1157	-1094	-963	-1221	-1052	-945	-1242	-1094	-993



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		18./10./2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR ANODOS DE SACRIFICIO								
				Magnesio			Zinc			Aluminio		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-183	-183	-183	-1062	-998	-889	-990	-752	-605	-862	-734	-539
0.0%	-170	-190	-190	-1086	-1022	-907	-938	-741	-591	-871	-745	-552
0.0%	-193	-193	-193	-1069	-1006	-895	-1001	-760	-614	-856	-729	-538
0.0%	-175	-175	-175	-1076	-1012	-901	-1016	-776	-637	-877	-751	-564
0.0%	-188	-188	-188	-1058	-995	-886	-985	-749	-607	-870	-737	-549
0.0%	-171	-171	-171	-1090	-1026	-911	-1038	-793	-650	-892	-763	-577
0.0%	-200	-200	-200	-1097	-1003	-893	-971	-738	-598	-878	-743	-560
0.0%	-177	-177	-177	-1083	-1019	-902	-997	-758	-619	-868	-738	-553
0.0%	-185	-185	-185	-1061	-997	-885	-1010	-771	-635	-896	-770	-583
0.5%	-385	-385	-385	-1037	-1023	-909	-1055	-865	-731	-916	-787	-634
0.5%	-355	-355	-355	-1103	-1039	-927	-1072	-882	-747	-925	-798	-643
0.5%	-410	-410	-410	-1075	-1012	-901	-1044	-850	-717	-937	-809	-652
0.5%	-375	-375	-375	-1113	-1049	-933	-1089	-897	-766	-937	-801	-653
0.5%	-420	-420	-420	-1090	-1026	-914	-1061	-868	-736	-945	-816	-667
0.5%	-390	-390	-390	-1096	-1032	-919	-1080	-888	-758	-958	-827	-681
0.5%	-365	-365	-365	-1078	-1014	-903	-1040	-837	-717	-939	-812	-662
0.5%	-430	-430	-430	-1107	-1043	-927	-1056	-854	-727	-952	-821	-672
0.5%	-380	-380	-380	-1085	-1021	-908	-1063	-865	-741	-968	-840	-692
1.5%	-525	-525	-525	-1113	-1049	-937	-1122	-949	-827	-1012	-871	-748
1.5%	-550	-550	-550	-1129	-1065	-946	-1138	-965	-842	-1016	-878	-756
1.5%	-500	-500	-500	-1102	-1038	-927	-1106	-931	-810	-1027	-889	-765
1.5%	-565	-565	-565	-1139	-1075	-954	-1149	-975	-854	-1041	-902	-780
1.5%	-530	-530	-530	-1123	-1059	-939	-1128	-952	-830	-1047	-908	-791
1.5%	-510	-510	-510	-1106	-1042	-924	-1164	-988	-868	-1060	-921	-804
1.5%	-545	-545	-545	-1118	-1054	-935	-1101	-923	-803	-1073	-934	-816
1.5%	-520	-520	-520	-1133	-1069	-950	-1133	-958	-839	-1074	-945	-827
1.5%	-575	-575	-575	-1104	-1040	-922	-1132	-997	-879	-1103	-966	-847
2.5%	-650	-650	-650	-1143	-1079	-954	-1181	-1022	-910	-1157	-1015	-911
2.5%	-675	-675	-675	-1159	-1095	-971	-1198	-1037	-925	-1170	-1028	-924
2.5%	-620	-620	-620	-1127	-1063	-941	-1169	-1002	-891	-1187	-1039	-937
2.5%	-695	-695	-695	-1169	-1105	-984	-1211	-1057	-940	-1192	-1048	-946
2.5%	-655	-655	-655	-1149	-1085	-960	-1189	-1028	-916	-1203	-1059	-954
2.5%	-680	-680	-680	-1133	-1069	-946	-1220	-1062	-953	-1216	-1070	-967
2.5%	-630	-630	-630	-1163	-1099	-975	-1193	-1033	-923	-1224	-1081	-979
2.5%	-665	-665	-665	-1141	-1077	-953	-1205	-1044	-935	-1230	-1084	-982
2.5%	-705	-705	-705	-1184	-1090	-964	-1226	-1067	-958	-1245	-1097	-995



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		25./10./2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR ANODOS DE SACRIFICIO								
				Magnesio			Zinc			Aluminio		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-184	-184	-184	-1059	-995	-891	-998	-759	-609	-858	-730	-536
0.0%	-171	-171	-171	-1083	-1019	-908	-986	-748	-595	-867	-741	-549
0.0%	-196	-196	-196	-1066	-1003	-897	-1010	-767	-618	-852	-725	-536
0.0%	-176	-176	-176	-1073	-1009	-902	-1025	-784	-642	-873	-747	-561
0.0%	-189	-189	-189	-1055	-992	-888	-992	-756	-611	-866	-733	-546
0.0%	-172	-172	-172	-1087	-1023	-912	-1047	-801	-655	-888	-759	-574
0.0%	-201	-201	-201	-1068	-1004	-895	-979	-745	-602	-874	-739	-557
0.0%	-178	-178	-178	-1080	-1016	-903	-1004	-765	-623	-864	-734	-550
0.0%	-186	-186	-186	-1058	-994	-887	-1018	-779	-640	-892	-766	-580
0.5%	-392	-392	-392	-1084	-1020	-911	-1064	-874	-737	-912	-785	-631
0.5%	-360	-360	-360	-1100	-1036	-922	-1081	-891	-757	-921	-794	-640
0.5%	-415	-415	-415	-1092	-1009	-903	-1053	-852	-722	-933	-805	-649
0.5%	-300	-300	-300	-1110	-1046	-934	-1097	-906	-772	-927	-797	-650
0.5%	-425	-425	-425	-1087	-1023	-916	-1070	-897	-742	-941	-812	-664
0.5%	-395	-395	-395	-1093	-1029	-920	-1088	-896	-763	-954	-823	-678
0.5%	-370	-370	-370	-1075	-1011	-905	-1049	-845	-716	-935	-808	-659
0.5%	-435	-435	-435	-1104	-1040	-929	-1065	-862	-732	-948	-817	-669
0.5%	-385	-385	-385	-1082	-1018	-910	-1072	-874	-747	-964	-836	-689
1.5%	-530	-530	-530	-1110	-1046	-933	-1131	-959	-834	-1002	-867	-745
1.5%	-555	-555	-555	-1126	-1062	-947	-1147	-975	-849	-1012	-874	-753
1.5%	-505	-505	-505	-1099	-1035	-924	-1115	-940	-816	-1023	-885	-762
1.5%	-570	-570	-570	-1136	-1072	-956	-1158	-984	-860	-1037	-898	-777
1.5%	-535	-535	-535	-1120	-1056	-940	-1137	-961	-836	-1043	-904	-788
1.5%	-515	-515	-515	-1103	-1039	-926	-1122	-997	-874	-1056	-919	-801
1.5%	-550	-550	-550	-1115	-1051	-937	-1110	-932	-809	-1069	-930	-813
1.5%	-521	-521	-521	-1130	-1066	-951	-1142	-967	-845	-1070	-941	-824
1.5%	-580	-580	-580	-1101	-1037	-925	-1121	-1006	-885	-1099	-962	-844
2.5%	-655	-655	-655	-1140	-1076	-956	-1190	-1037	-916	-1153	-1011	-908
2.5%	-680	-680	-680	-1156	-1092	-972	-1207	-1046	-931	-1166	-1024	-927
2.5%	-625	-625	-625	-1124	-1060	-943	-1173	-1011	-897	-1177	-1035	-934
2.5%	-700	-700	-700	-1166	-1102	-985	-1220	-1060	-946	-1182	-1044	-943
2.5%	-660	-660	-660	-1146	-1082	-961	-1198	-1037	-922	-1199	-1055	-951
2.5%	-685	-685	-685	-1130	-1066	-948	-1229	-1071	-959	-1212	-1066	-964
2.5%	-635	-635	-635	-1160	-1096	-976	-1202	-1042	-929	-1230	-1097	-976
2.5%	-670	-670	-670	-1138	-1074	-954	-1214	-1053	-941	-1226	-1080	-979
2.5%	-710	-710	-710	-1151	-1087	-966	-1235	-1076	-964	-1241	-1093	-992



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		...01./...11.../2025.			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR ANODOS DE SACRIFICIO								
				Magnesio			Zinc			Aluminio		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-183	-183	-183	-1056	-992	-892	-1005	-764	-617	-854	-726	-534
0.0%	-172	-172	-172	-1080	-1016	-909	-992	-755	-598	-861	-735	-547
0.0%	-195	-195	-195	-1063	-999	-898	-1018	-772	-620	-849	-718	-528
0.0%	-177	-177	-177	-1070	-1006	-903	-1033	-790	-645	-870	-742	-557
0.0%	-188	-188	-188	-1052	-988	-889	-1001	-761	-613	-863	-729	-542
0.0%	-173	-173	-173	-1084	-1020	-913	-1055	-808	-659	-882	-754	-571
0.0%	-200	-200	-200	-1065	-1001	-896	-988	-750	-604	-868	-733	-551
0.0%	-178	-178	-178	-1077	-1013	-904	-1012	-773	-628	-859	-727	-543
0.0%	-185	-185	-185	-1055	-991	-888	-1026	-785	-643	-885	-761	-575
0.5%	-395	-395	-395	-1081	-1017	-913	-1072	-880	-740	-908	-780	-628
0.5%	-362	-395	-395	-1097	-1033	-923	-1091	-897	-756	-915	-789	-635
0.5%	-418	-418	-418	-1069	-1006	-904	-1061	-865	-726	-928	-799	-644
0.5%	-382	-382	-382	-1107	-1043	-935	-1105	-913	-776	-923	-794	-647
0.5%	-428	-428	-428	-1084	-1020	-917	-1078	-884	-746	-934	-807	-659
0.5%	-348	-348	-348	-1090	-1026	-927	-1096	-902	-766	-949	-818	-672
0.5%	-372	-372	-372	-1072	-1008	-906	-1058	-851	-719	-931	-803	-654
0.5%	-438	-372	-372	-1101	-1037	-930	-1074	-868	-735	-940	-814	-666
0.5%	-387	-372	-372	-1079	-1015	-911	-1081	-880	-750	-960	-832	-684
1.5%	-532	-532	-532	-1107	-1043	-936	-1140	-965	-837	-1004	-862	-741
1.5%	-558	-558	-558	-1123	-1059	-948	-1156	-982	-853	-1009	-868	-745
1.5%	-507	-507	-507	-1096	-1032	-926	-1124	-947	-820	-1018	-880	-756
1.5%	-573	-573	-573	-1133	-1069	-958	-1167	-991	-864	-1030	-893	-773
1.5%	-538	-538	-538	-1117	-1053	-941	-1146	-968	-840	-1037	-899	-782
1.5%	-517	-517	-517	-1100	-1036	-928	-1181	-1004	-878	-1046	-912	-795
1.5%	-552	-552	-552	-1112	-1048	-938	-1119	-939	-813	-1061	-927	-809
1.5%	-527	-527	-527	-1127	-1063	-952	-1151	-974	-849	-1064	-936	-816
1.5%	-582	-582	-582	-1098	-1034	-927	-1190	-1012	-888	-1092	-953	-835
2.5%	-656	-656	-656	-1137	-1073	-959	-1201	-1039	-927	-1149	-1007	-904
2.5%	-683	-683	-683	-1153	-1089	-979	-1218	-1054	-936	-1158	-1020	-917
2.5%	-628	-628	-628	-1121	-1057	-946	-1189	-1019	-902	-1169	-1029	-928
2.5%	-703	-703	-703	-1163	-1099	-986	-1231	-1068	-951	-1181	-1040	-938
2.5%	-668	-668	-668	-1143	-1079	-963	-1209	-1045	-927	-1174	-1051	-947
2.5%	-688	-688	-688	-1127	-1063	-949	-1240	-1079	-964	-1205	-1062	-960
2.5%	-638	-638	-638	-1157	-1093	-977	-1213	-1050	-934	-1218	-1073	-972
2.5%	-673	-673	-673	-1135	-1071	-956	-1225	-1061	-946	-1222	-1076	-975
2.5%	-713	-713	-713	-1148	-1084	-967	-1246	-1084	-969	-1237	-1087	-986



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		...08.../...11.../2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR ANODOS DE SACRIFICIO								
				Magnesio			Zinc			Aluminio		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-182	-182	-182	-1054	-990	-893	-1012	-770	-614	-850	-721	-530
0.0%	-171	-171	-171	-1078	-1014	-910	-999	-761	-601	-857	-730	-542
0.0%	-194	-194	-194	-1061	-997	-899	-1025	-779	-624	-845	-714	-521
0.0%	-176	-176	-176	-1068	-1004	-904	-1041	-797	-649	-866	-737	-550
0.0%	-187	-187	-187	-1050	-986	-809	-1008	-767	-616	-859	-726	-542
0.0%	-172	-172	-172	-1082	-1018	-914	-1063	-815	-663	-878	-749	-563
0.0%	-199	-199	-199	-1064	-1000	-897	-996	-756	-607	-864	-731	-549
0.0%	-177	-177	-177	-1075	-1011	-905	-1020	-780	-632	-855	-722	-537
0.0%	-184	-184	-184	-1053	-989	-891	-1034	-791	-646	-881	-756	-576
0.5%	-393	-393	-393	-1078	-1014	-915	-1080	-826	-743	-904	-776	-624
0.5%	-360	-360	-360	-1094	-1030	-924	-1102	-904	-759	-911	-782	-631
0.5%	-417	-417	-417	-1066	-1003	-905	-1071	-872	-730	-924	-794	-641
0.5%	-380	-380	-380	-1104	-1040	-936	-1116	-921	-781	-919	-788	-642
0.5%	-425	-425	-425	-1081	-1017	-918	-1089	-892	-751	-930	-801	-654
0.5%	-396	-396	-396	-1087	-1023	-922	-1107	-910	-771	-945	-813	-668
0.5%	-370	-370	-370	-1067	-1005	-907	-1068	-858	-724	-927	-798	-649
0.5%	-436	-436	-436	-1098	-1034	-931	-1083	-875	-739	-936	-809	-660
0.5%	-385	-385	-385	-1076	-1012	-912	-1092	-888	-755	-955	-826	-678
1.5%	-530	-530	-530	-1104	-1040	-938	-1151	-972	-841	-1000	-857	-734
1.5%	-556	-556	-556	-1120	-1056	-949	-1167	-989	-857	-1005	-862	-740
1.5%	-505	-505	-505	-1093	-1029	-928	-1135	-954	-824	-1014	-873	-752
1.5%	-571	-571	-571	-1130	-1066	-958	-1178	-998	-868	-1026	-888	-768
1.5%	-536	-536	-536	-1114	-1050	-941	-1157	-975	-844	-1033	-894	-775
1.5%	-515	-515	-515	-1097	-1033	-930	-1192	-1011	-883	-1042	-907	-790
1.5%	-550	-550	-550	-1109	-1045	-939	-1128	-946	-818	-1057	-923	-806
1.5%	-525	-525	-525	-1124	-1060	-952	-1162	-981	-854	-1060	-931	-812
1.5%	-580	-580	-580	-1095	-1031	-929	-1201	-1019	-893	-1088	-949	-831
2.5%	-656	-656	-656	-1134	-1070	-961	-1212	-1047	-926	-1145	-1004	-901
2.5%	-681	-681	-681	-1150	-1086	-974	-1229	-1062	-941	-1154	-1015	-912
2.5%	-626	-626	-626	-1118	-1054	-948	-1200	-1027	-907	-1165	-1024	-923
2.5%	-701	-701	-701	-1160	-1096	-987	-1243	-1077	-957	-1177	-1036	-934
2.5%	-661	-661	-661	-1140	-1076	-965	-1227	-1054	-933	-1190	-1046	-942
2.5%	-686	-686	-686	-1124	-1060	-951	-1252	-1088	-971	-1201	-1057	-957
2.5%	-636	-636	-636	-1154	-1090	-978	-1224	-1058	-940	-1214	-1068	-967
2.5%	-671	-671	-671	-1132	-1068	-959	-1236	-1069	-952	-1218	-1071	-970
2.5%	-711	-711	-711	-1145	-1081	-968	-1257	-1092	-975	-1233	-1082	-982



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		...15.../...11.../...2023			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR ANODOS DE SACRIFICIO								
	ON	Inst OFF	24h	Magnesio			Zinc			Aluminio		
				ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-181	-181	-181	-1052	-988	-894	-1018	-776	-618	-847	-718	-529
0.0%	-170	-170	-170	-1076	-1012	-911	-1005	-767	-605	-854	-727	-541
0.0%	-193	-193	-193	-1059	-995	-900	-1031	-785	-628	-842	-711	-524
0.0%	-175	-175	-175	-1066	-1002	-905	-1047	-803	-653	-863	-734	-551
0.0%	-186	-186	-186	-1048	-984	-891	-1014	-773	-620	-856	-723	-538
0.0%	-171	-171	-171	-1080	-1016	-915	-1069	-821	-669	-875	-746	-564
0.0%	-198	-198	-198	-1062	-998	-898	-1002	-762	-611	-861	-728	-548
0.0%	-176	-176	-176	-1073	-1009	-906	-1026	-786	-636	-852	-719	-537
0.0%	-183	-183	-183	-1051	-987	-892	-1040	-797	-650	-878	-753	-575
0.5%	-392	-392	-392	-1076	-1012	-916	-1086	-892	-747	-901	-773	-624
0.5%	-358	-358	-358	-1092	-1028	-925	-1108	-910	-763	-908	-779	-632
0.5%	-415	-415	-415	-1064	-1000	-907	-1077	-878	-734	-921	-791	-646
0.5%	-379	-379	-379	-1102	-1038	-938	-1122	-927	-785	-916	-785	-642
0.5%	-423	-423	-423	-1079	-1015	-919	-1095	-898	-775	-927	-798	-657
0.5%	-394	-394	-394	-1085	-1021	-923	-1113	-916	-775	-942	-810	-671
0.5%	-368	-368	-368	-1067	-1003	-909	-1074	-864	-728	-924	-795	-656
0.5%	-434	-434	-434	-1096	-1032	-932	-1089	-881	-743	-933	-806	-669
0.5%	-388	-388	-388	-1074	-1010	-913	-1098	-894	-759	-952	-823	-688
1.5%	-629	-629	-629	-1102	-1038	-940	-1157	-978	-895	-997	-854	-735
1.5%	-555	-555	-555	-1118	-1054	-951	-1173	-995	-861	-1002	-859	-742
1.5%	-503	-503	-503	-1091	-1027	-930	-1141	-960	-828	-1011	-870	-755
1.5%	-569	-569	-569	-1128	-1064	-960	-1184	-1004	-872	-1023	-885	-772
1.5%	-534	-534	-534	-1112	-1048	-943	-1163	-981	-848	-1030	-891	-780
1.5%	-513	-513	-513	-1095	-1031	-932	-1198	-1017	-887	-1039	-904	-795
1.5%	-548	-548	-548	-1107	-1043	-941	-1134	-952	-822	-1054	-920	-818
1.5%	-523	-523	-523	-1122	-1058	-954	-1168	-987	-858	-1057	-928	-823
1.5%	-578	-578	-578	-1093	-1029	-931	-1207	-1025	-897	-1085	-946	-843
2.5%	-654	-654	-654	-1132	-1068	-963	-1218	-1053	-930	-1142	-1001	-900
2.5%	-679	-679	-679	-1148	-1084	-976	-1235	-1068	-945	-1151	-1012	-911
2.5%	-624	-624	-624	-1116	-1052	-950	-1206	-1033	-911	-1162	-1021	-921
2.5%	-699	-699	-699	-1158	-1094	-989	-1249	-1083	-961	-1174	-1032	-932
2.5%	-659	-659	-659	-1138	-1074	-967	-1227	-1060	-939	-1187	-1043	-941
2.5%	-684	-684	-684	-1122	-1058	-953	-1258	-1094	-975	-1198	-1054	-954
2.5%	-634	-634	-634	-1152	-1088	-980	-1230	-1064	-944	-1211	-1065	-965
2.5%	-669	-669	-669	-1130	-1066	-961	-1242	-1095	-956	-1215	-1068	-968
2.5%	-709	-709	-709	-1143	-1079	-970	-1283	-1098	-999	-1230	-1099	-979



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		...22./...11./...2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR ANODOS DE SACRIFICIO								
	ON	Inst OFF	24h	Magnesio			Zinc			Aluminio		
				ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-182	-182	-182	-1050	-986	-896	-1025	-782	-621	-835	-702	-521
0.0%	-169	-169	-169	-1074	-1010	-912	-1012	-773	-608	-842	-714	-532
0.0%	-194	-194	-194	-1057	-993	-902	-1038	-791	-631	-833	-705	-516
0.0%	-176	-176	-176	-1064	-1000	-907	-1054	-809	-656	-850	-726	-543
0.0%	-187	-187	-187	-1046	-982	-893	-1021	-779	-623	-847	-719	-534
0.0%	-172	-172	-172	-1078	-1014	-916	-1076	-827	-672	-861	-730	-546
0.0%	-199	-199	-199	-1060	-996	-900	-1009	-768	-614	-852	-724	-547
0.0%	-167	-167	-167	-1071	-1007	-908	-1033	-792	-639	-848	-713	-533
0.0%	-184	-184	-184	-1047	-985	-894	-1047	-803	-653	-869	-735	-559
0.5%	-394	-394	-394	-1074	-1010	-918	-1093	-898	-751	-894	-761	-620
0.5%	-360	-360	-360	-1090	-1026	-926	-1115	-916	-767	-902	-770	-628
0.5%	-418	-418	-418	-1062	-998	-909	-1084	-884	-738	-913	-785	-642
0.5%	-381	-381	-381	-1100	-1036	-940	-1129	-933	-789	-909	-778	-643
0.5%	-425	-425	-425	-1077	-1013	-921	-1102	-904	-759	-916	-782	-648
0.5%	-396	-396	-396	-1083	-1019	-925	-1120	-922	-779	-925	-790	-660
0.5%	-370	-370	-370	-1065	-1001	-911	-1081	-870	-732	-911	-781	-652
0.5%	-436	-436	-436	-1094	-1030	-934	-1096	-887	-747	-920	-794	-666
0.5%	-785	-785	-785	-1072	-1008	-915	-1105	-900	-763	-937	-806	-679
1.5%	-530	-530	-530	-1100	-1036	-942	-1164	-984	-849	-982	-843	-732
1.5%	-557	-557	-557	-1116	-1052	-953	-1180	-1001	-865	-986	-851	-740
1.5%	-505	-505	-505	-1089	-1025	-932	-1148	-966	-832	-995	-864	-752
1.5%	-570	-570	-570	-1126	-1062	-962	-1191	-1010	-876	-1010	-878	-773
1.5%	-535	-535	-535	-1110	-1046	-945	-1170	-987	-852	-1014	-882	-778
1.5%	-514	-514	-514	-1093	-1029	-934	-1205	-1023	-891	-1023	-890	-789
1.5%	-549	-549	-549	-1105	-1041	-943	-1141	-958	-826	-1035	-906	-804
1.5%	-524	-524	-524	-1120	-1056	-956	-1175	-993	-862	-1038	-912	-811
1.5%	-579	-579	-579	-1091	-1027	-933	-1214	-1031	-901	-1050	-925	-825
2.5%	-656	-656	-656	-1130	-1066	-965	-1225	-1059	-934	-1124	-981	-881
2.5%	-681	-681	-681	-1146	-1082	-978	-1242	-1094	-949	-1130	-992	-893
2.5%	-626	-626	-626	-1114	-1050	-952	-1213	-1039	-915	-1142	-1004	-906
2.5%	-701	-701	-701	-1156	-1092	-991	-1256	-1089	-965	-1149	-1010	-911
2.5%	-661	-661	-661	-1136	-1072	-969	-1234	-1066	-941	-1164	-1023	-922
2.5%	-686	-686	-686	-1120	-1056	-955	-1265	-1100	-979	-1172	-1035	-935
2.5%	-636	-636	-636	-1150	-1086	-982	-1237	-1070	-948	-1181	-1048	-949
2.5%	-671	-671	-671	-1128	-1064	-963	-1249	-1081	-960	-1186	-1052	-954
2.5%	-711	-711	-711	-1141	-1097	-992	-1270	-1104	-983	-1195	-1067	-967



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		29./11/2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR ANODOS DE SACRIFICIO								
				Magnesio			Zinc			Aluminio		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-181	-181	-181	-1048	-984	-898	-1032	-789	-625	-822	-693	-512
0.0%	-190	-190	-190	-1072	-1008	-914	-1019	-780	-612	-834	-702	-520
0.0%	-193	-193	-193	-1055	-991	-904	-1045	-798	-635	-820	-697	-514
0.0%	-175	-175	-175	-1062	-998	-909	-1061	-816	-667	-845	-711	-537
0.0%	-186	-186	-186	-1044	-980	-895	-1028	-786	-627	-832	-707	-532
0.0%	-171	-171	-171	-1076	-1012	-918	-1083	-834	-678	-856	-720	-544
0.0%	-198	-198	-198	-1058	-994	-902	-1016	-775	-619	-843	-716	-539
0.0%	-176	-176	-176	-1069	-1005	-910	-1040	-799	-645	-839	-701	-523
0.0%	-184	-184	-184	-1047	-983	-896	-1054	-810	-658	-850	-729	-550
0.5%	-395	-395	-395	-1072	-1008	-920	-1100	-905	-756	-881	-750	-610
0.5%	-362	-362	-362	-1088	-1024	-928	-1122	-923	-772	-892	-761	-620
0.5%	-420	-420	-420	-1060	-996	-911	-1091	-891	-743	-904	-772	-630
0.5%	-382	-382	-382	-1098	-1034	-942	-1136	-940	-795	-896	-763	-630
0.5%	-427	-427	-427	-1075	-1011	-923	-1109	-911	-765	-905	-774	-640
0.5%	-398	-398	-398	-1081	-1017	-927	-1127	-929	-785	-912	-785	-650
0.5%	-372	-372	-372	-1063	-999	-913	-1088	-877	-737	-899	-776	-650
0.5%	-438	-438	-438	-1092	-1028	-936	-1103	-894	-753	-910	-787	-660
0.5%	-386	-386	-386	-1070	-1006	-917	-1112	-907	-769	-923	-798	-670
1.5%	-532	-532	-532	-1098	-1034	-944	-1171	-991	-854	-972	-831	-732
1.5%	-558	-558	-558	-1114	-1050	-955	-1187	-1008	-870	-975	-840	-740
1.5%	-507	-507	-507	-1087	-1023	-934	-1155	-973	-837	-984	-851	-750
1.5%	-572	-572	-572	-1124	-1060	-964	-1198	-1017	-881	-992	-862	-770
1.5%	-537	-537	-537	-1108	-1044	-947	-1177	-994	-857	-1003	-873	-780
1.5%	-516	-516	-516	-1091	-1027	-936	-1212	-1030	-896	-1014	-884	-790
1.5%	-551	-551	-551	-1103	-1039	-945	-1148	-965	-831	-1015	-895	-810
1.5%	-526	-526	-526	-1118	-1054	-958	-1182	-1000	-867	-1026	-906	-820
1.5%	-581	-581	-581	-1089	-1025	-935	-1221	-1038	-906	-1037	-917	-830
2.5%	-658	-658	-658	-1128	-1064	-967	-1232	-1066	-939	-1108	-960	-880
2.5%	-623	-623	-623	-1144	-1080	-980	-1249	-1081	-954	-1112	-971	-890
2.5%	-628	-628	-628	-1112	-1048	-954	-1220	-1046	-920	-1123	-982	-900
2.5%	-703	-703	-703	-1154	-1090	-993	-1263	-1096	-970	-1134	-993	-920
2.5%	-663	-663	-663	-1134	-1070	-971	-1241	-1073	-946	-1145	-1004	-930
2.5%	-688	-688	-688	-1118	-1054	-957	-1272	-1107	-984	-1156	-1015	-940
2.5%	-638	-638	-638	-1148	-1084	-984	-1244	-1077	-953	-1167	-1026	-960
2.5%	-693	-693	-693	-1126	-1062	-965	-1256	-1088	-965	-1178	-1037	-970
2.5%	-713	-713	-713	-1139	-1075	-974	-1277	-1111	-988	-1189	-1048	-980



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		...06.../...12.../...2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR ANODOS DE SACRIFICIO								
				Magnesio			Zinc			Aluminio		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-182	-182	-182	-1046	-982	-900	-1040	-795	-628	-812	-683	-511
0.0%	-171	-171	-171	-1070	-1006	-916	-1027	-786	-615	-821	-694	-523
0.0%	-194	-194	-194	-1053	-989	-906	-1052	-804	-638	-810	-685	-515
0.0%	-176	-176	-176	-1060	-996	-911	-1069	-823	-665	-836	-705	-536
0.0%	-187	-187	-187	-1042	-978	-897	-1035	-792	-630	-824	-696	-528
0.0%	-172	-172	-172	-1074	-1010	-920	-1091	-841	-683	-847	-710	-543
0.0%	-199	-199	-199	-1056	-992	-904	-1023	-781	-622	-832	-706	-540
0.0%	-177	-177	-177	-1067	-1003	-912	-1048	-805	-648	-825	-697	-532
0.0%	-185	-185	-185	-1045	-981	-898	-1062	-817	-662	-843	-718	-554
0.5%	-397	-397	-397	-1070	-1006	-922	-1109	-913	-761	-874	-743	-610
0.5%	-354	-354	-354	-1086	-1022	-930	-1130	-931	-777	-882	-751	-619
0.5%	-422	-422	-422	-1058	-994	-913	-1100	-899	-748	-895	-762	-631
0.5%	-383	-383	-383	-1096	-1032	-944	-1144	-947	-801	-880	-753	-633
0.5%	-430	-430	-430	-1093	-1009	-925	-1118	-918	-770	-891	-764	-645
0.5%	-400	-400	-400	-1099	-1015	-929	-1135	-937	-790	-902	-775	-657
0.5%	-374	-374	-374	-1061	-997	-915	-1095	-885	-742	-886	-761	-654
0.5%	-441	-441	-441	-1090	-1026	-938	-1112	-902	-758	-893	-772	-666
0.5%	-388	-388	-388	-1068	-1004	-919	-1120	-914	-773	-904	-785	-680
1.5%	-534	-534	-534	-1096	-1032	-946	-1180	-998	-858	-955	-824	-730
1.5%	-560	-560	-560	-1112	-1048	-957	-1195	-1015	-874	-963	-832	-739
1.5%	-509	-509	-509	-1085	-1021	-936	-1164	-980	-841	-971	-843	-751
1.5%	-574	-574	-574	-1122	-1058	-966	-1206	-1025	-886	-982	-850	-769
1.5%	-539	-539	-539	-1106	-1042	-949	-1186	-1001	-861	-990	-861	-781
1.5%	-518	-518	-518	-1089	-1025	-938	-1221	-1038	-902	-1004	-872	-793
1.5%	-553	-553	-553	-1101	-1037	-947	-1156	-972	-836	-1005	-886	-808
1.5%	-528	-528	-528	-1116	-1052	-960	-1190	-1007	-871	-1012	-894	-817
1.5%	-683	-683	-683	-1087	-1023	-937	-1230	-1046	-912	-1023	-905	-829
2.5%	-660	-660	-660	-1126	-1062	-969	-1241	-1074	-945	-1082	-945	-880
2.5%	-685	-685	-685	-1142	-1078	-982	-1257	-1089	-960	-1091	-954	-890
2.5%	-630	-630	-630	-1110	-1046	-956	-1229	-1055	-926	-1103	-962	-899
2.5%	-705	-705	-705	-1152	-1088	-995	-1271	-1104	-976	-1114	-991	-919
2.5%	-665	-665	-665	-1132	-1068	-973	-1250	-1082	-952	-1125	-982	-931
2.5%	-690	-690	-690	-1116	-1052	-959	-1281	-1115	-990	-1136	-990	-940
2.5%	-647	-647	-647	-1146	-1082	-986	-1253	-1085	-959	-1140	-1008	-969
2.5%	-675	-675	-675	-1124	-1060	-967	-1264	-1096	-971	-1152	-1017	-977
2.5%	-715	-715	-715	-1137	-1073	-976	-1286	-1119	-993	-1163	-1026	-987



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		13../12../2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR ANODOS DE SACRIFICIO								
				Magnesio			Zinc			Aluminio		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-181	-181	-181	-1044	-980	-902	-1048	-802	-632	-792	-663	-502
0.0%	-170	-170	-170	-1068	-1004	-918	-1034	-793	-620	-801	-674	-512
0.0%	-193	-193	-193	-1051	-987	-908	-1059	-811	-642	-790	-667	-504
0.0%	-175	-175	-175	-1058	-994	-913	-1077	-830	-688	-816	-668	-534
0.0%	-186	-186	-186	-1040	-976	-897	-1042	-799	-634	-803	-678	-523
0.0%	-171	-171	-171	-1072	-1008	-922	-1101	-848	-686	-821	-693	-537
0.0%	-198	-198	-198	-1054	-990	-906	-1030	-788	-625	-811	-681	-534
0.0%	-176	-176	-176	-1065	-1001	-914	-1055	-812	-651	-804	-675	-527
0.0%	-184	-184	-184	-1043	-979	-900	-1071	-824	-666	-823	-699	-550
0.5%	-396	-396	-396	-1068	-1004	-924	-1118	-921	-766	-852	-722	-612
0.5%	-365	-365	-365	-1084	-1020	-932	-1141	-939	-782	-861	-733	-622
0.5%	-424	-424	-424	-1056	-992	-915	-1169	-907	-753	-874	-746	-634
0.5%	-369	-369	-369	-1094	-1030	-946	-1154	-955	-806	-853	-732	-633
0.5%	-432	-432	-432	-1071	-1007	-927	-1128	-926	-775	-862	-742	-644
0.5%	-402	-402	-402	-1077	-1013	-931	-1144	-945	-795	-875	-756	-659
0.5%	-376	-376	-376	-1059	-995	-917	-1105	-893	-747	-858	-735	-647
0.5%	-443	-443	-443	-1088	-1024	-940	-1122	-910	-764	-867	-744	-655
0.5%	-589	-589	-589	-1066	-1002	-921	-1130	-921	-778	-880	-759	-669
1.5%	-536	-536	-536	-1094	-1030	-948	-1191	-1006	-863	-931	-801	-720
1.5%	-562	-562	-562	-1110	-1046	-959	-1207	-1023	-879	-942	-814	-732
1.5%	-510	-510	-510	-1083	-1019	-938	-1175	-988	-846	-935	-827	-744
1.5%	-576	-576	-576	-1120	-1056	-968	-1218	-1034	-892	-963	-832	-758
1.5%	-541	-541	-541	-1104	-1040	-951	-1197	-1010	-867	-972	-841	-766
1.5%	-520	-520	-520	-1087	-1023	-940	-1232	-1047	-908	-981	-855	-779
1.5%	-555	-555	-555	-1099	-1035	-949	-1167	-980	-841	-982	-860	-793
1.5%	-530	-530	-530	-1114	-1050	-962	-1201	-1016	-877	-991	-873	-805
1.5%	-585	-585	-585	-1085	-1021	-939	-1241	-1055	-918	-1004	-888	-819
2.5%	-662	-662	-662	-1124	-1060	-971	-1253	-1083	-951	-1081	-913	-853
2.5%	-687	-687	-687	-1140	-1076	-984	-1271	-1098	-966	-1060	-925	-864
2.5%	-632	-632	-632	-1108	-1044	-958	-1241	-1064	-932	-1071	-932	-870
2.5%	-707	-707	-707	-1150	-1086	-997	-1284	-1114	-982	-1083	-941	-882
2.5%	-667	-667	-667	-1130	-1066	-975	-1262	-1091	-958	-1094	-953	-899
2.5%	-692	-692	-692	-1114	-1050	-961	-1294	-1124	-976	-1106	-967	-912
2.5%	-642	-642	-642	-1144	-1080	-988	-1266	-1094	-965	-1112	-972	-928
2.5%	-677	-677	-677	-1122	-1058	-969	-1278	-1105	-977	-1124	-983	-938
2.5%	-717	-717	-717	-1135	-1071	-992	-1300	-1128	-999	-1137	-999	-953



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		20.../12.../2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR ANODOS DE SACRIFICIO								
	ON	Inst OFF	24h	Magnesio			Zinc			Aluminio		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-182	-182	-182	-1042	-998	-904	-1054	-808	-635	-782	-653	-502
0.0%	-171	-171	-171	-1066	-1002	-920	-1041	-799	-623	-791	-664	-512
0.0%	-194	-194	-194	-1049	-985	-910	-1066	-818	-646	-780	-657	-504
0.0%	-176	-176	-176	-1056	-992	-915	-1084	-837	-672	-806	-698	-534
0.0%	-187	-187	-187	-1038	-974	-901	-1049	-806	-638	-793	-668	-523
0.0%	-172	-172	-172	-1070	-1006	-924	-1108	-855	-690	-811	-683	-537
0.0%	-199	-199	-199	-1052	-988	-908	-1037	-795	-629	-801	-671	-534
0.0%	-177	-177	-177	-1063	-999	-916	-1062	-819	-655	-794	-665	-527
0.0%	-185	-185	-185	-1041	-977	-902	-1078	-831	-670	-813	-689	-550
0.5%	-398	-398	-398	-1066	-1002	-926	-1125	-928	-771	-842	-712	-612
0.5%	-367	-367	-367	-1082	-1018	-934	-1148	-946	-787	-851	-723	-622
0.5%	-426	-426	-426	-1054	-990	-917	-1116	-914	-758	-864	-736	-634
0.5%	-385	-385	-385	-1092	-1028	-948	-1161	-962	-811	-843	-722	-633
0.5%	-435	-435	-435	-1069	-1005	-929	-1135	-933	-780	-852	-732	-644
0.5%	-405	-405	-405	-1075	-1011	-933	-1151	-952	-800	-865	-746	-659
0.5%	-378	-378	-378	-1057	-993	-919	-1112	-900	-752	-848	-725	-647
0.5%	-445	-445	-445	-1086	-1022	-942	-1129	-917	-769	-857	-734	-655
0.5%	-390	-390	-390	-1064	-1000	-923	-1137	-928	-783	-870	-749	-669
1.5%	-538	-538	-538	-1092	-1028	-950	-1198	-1013	-867	-911	-791	-720
1.5%	-565	-565	-565	-1108	-1044	-961	-1214	-1030	-882	-922	-804	-732
1.5%	-512	-512	-512	-1081	-1017	-940	-1182	-995	-851	-935	-817	-744
1.5%	-578	-578	-578	-1118	-1054	-970	-1225	-1041	-897	-943	-822	-758
1.5%	-543	-543	-543	-1102	-1038	-953	-1204	-1017	-872	-952	-831	-766
1.5%	-522	-522	-522	-1088	-1021	-942	-1239	-1054	-913	-961	-845	-779
1.5%	-557	-557	-557	-1097	-1033	-951	-1174	-987	-846	-962	-850	-793
1.5%	-532	-532	-532	-1112	-1048	-964	-1208	-1023	-882	-971	-863	-805
1.5%	-587	-587	-587	-1083	-1019	-941	-1248	-1062	-923	-984	-878	-819
2.5%	-664	-664	-664	-1122	-1058	-973	-1260	-1090	-956	-1031	-903	-853
2.5%	-689	-689	-689	-1188	-1094	-986	-1278	-1105	-971	-1046	-915	-864
2.5%	-634	-634	-634	-1106	-1042	-960	-1248	-1091	-937	-1051	-922	-870
2.5%	-709	-709	-709	-1148	-1084	-999	-1291	-1121	-987	-1063	-931	-888
2.5%	-669	-669	-669	-1138	-1064	-977	-1269	-1098	-963	-1074	-943	-899
2.5%	-694	-694	-694	-1112	-1048	-963	-1301	-1131	-1001	-1086	-954	-912
2.5%	-644	-644	-644	-1142	-1078	-990	-1273	-1101	-970	-1092	-962	-928
2.5%	-679	-679	-679	-1120	-1056	-971	-1285	-1112	-982	-1104	-973	-938
2.5%	-719	-719	-719	-1133	-1069	-980	-1367	-1135	-1004	-1117	-989	-953



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		...27.../...12.../...2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR ANODOS DE SACRIFICIO								
	ON	Inst OFF	24h	Magnesio			Zinc			Aluminio		
				ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-181	-181	-181	-1040	-976	-906	-1061	-812	-637	-772	-643	-502
0.0%	-170	-170	-170	-1064	-1000	-922	-1048	-804	-626	-781	-654	-512
0.0%	-193	-193	-193	-1047	-983	-912	-1073	-823	-649	-770	-647	-504
0.0%	-175	-175	-175	-1054	-990	-917	-1091	-842	-675	-796	-668	-534
0.0%	-186	-186	-186	-1036	-972	-903	-1056	-811	-641	-783	-658	-523
0.0%	-171	-171	-171	-1068	-1004	-926	-1115	-860	-693	-801	-673	-537
0.0%	-198	-186	-186	-1050	-986	-910	-1044	-800	-632	-791	-661	-534
0.0%	-176	-171	-171	-1061	-997	-918	-1069	-824	-658	-784	-655	-527
0.0%	-184	-184	-184	-1039	-975	-904	-1085	-836	-673	-803	-679	-550
0.5%	-399	-399	-399	-1064	-1000	-928	-1132	-933	-774	-832	-702	-612
0.5%	-368	-368	-368	-1080	-1016	-936	-1155	-951	-790	-841	-713	-622
0.5%	-428	-428	-428	-1052	-988	-919	-1123	-919	-767	-854	-726	-634
0.5%	-306	-306	-306	-1090	-1026	-950	-1168	-967	-814	-833	-712	-633
0.5%	-437	-437	-437	-1067	-1003	-931	-1142	-938	-783	-842	-722	-644
0.5%	-407	-407	-407	-1073	-1009	-935	-1158	-957	-803	-855	-736	-659
0.5%	-380	-380	-380	-1055	-991	-921	-1119	-905	-755	-838	-715	-647
0.5%	-447	-447	-447	-1084	-1020	-944	-1136	-922	-772	-847	-724	-655
0.5%	-392	-392	-392	-1062	-998	-925	-1144	-933	-786	-860	-739	-669
1.5%	-540	-540	-540	-1090	-1026	-952	-1205	-1018	-870	-901	-781	-720
1.5%	-567	-567	-567	-1106	-1042	-963	-1221	-1035	-886	-912	-794	-732
1.5%	-514	-514	-514	-1049	-1015	-942	-1189	-1000	-854	-925	-807	-744
1.5%	-580	-580	-580	-1116	-1052	-972	-1232	-1046	-900	-933	-812	-758
1.5%	-545	-545	-545	-1100	-1036	-955	-1211	-1022	-875	-942	-821	-766
1.5%	-524	-524	-524	-1083	-1019	-944	-1246	-1059	-916	-951	-835	-779
1.5%	-559	-559	-559	-1095	-1031	-953	-1181	-992	-849	-952	-840	-793
1.5%	-534	-534	-534	-1110	-1046	-966	-1215	-1028	-885	-961	-853	-805
1.5%	-589	-589	-589	-1081	-1017	-943	-1255	-1067	-926	-974	-868	-819
2.5%	-665	-665	-665	-1120	-1056	-975	-1267	-1095	-959	-1021	-893	-853
2.5%	-690	-690	-690	-1136	-1072	-988	-1285	-1110	-974	-1030	-905	-864
2.5%	-635	-635	-635	-1104	-1040	-962	-1255	-1076	-940	-1041	-912	-870
2.5%	-710	-710	-710	-1146	-1082	-1001	-1298	-1126	-990	-1053	-921	-888
2.5%	-670	-670	-670	-1123	-1062	-979	-1276	-1103	-966	-1064	-933	-899
2.5%	-695	-695	-695	-1110	-1046	-965	-1308	-1136	-1004	-1076	-947	-912
2.5%	-645	-645	-645	-1140	-1076	-992	-1280	-1106	-973	-1082	-952	-928
2.5%	-680	-680	-680	-1118	-1054	-973	-1292	-1117	-985	-1094	-966	-938
2.5%	-720	-720	-720	-1131	-1067	-982	-1140	-1067	-1107	-979	-953	



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		20./09./2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA								
				10mA, 3V			20mA, 6V			50mA, 15V		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-175	-175	-175	-593	-548	-511	-748	-690	-642	-618	-547	-499
0.0%	-162	-162	-162	-612	-566	-528	-865	-808	-758	-739	-664	-617
0.0%	-186	-186	-186	-607	-559	-520	-782	-725	-676	-653	-581	-533
0.0%	-168	-168	-168	-622	-574	-536	-910	-850	-802	-907	-829	-781
0.0%	-179	-179	-179	-589	-543	-505	-720	-662	-615	-602	-528	-481
0.0%	-164	-164	-164	-615	-568	-531	-845	-788	-738	-721	-647	-599
0.0%	-191	-191	-191	-603	-556	-518	-760	-705	-656	-648	-574	-527
0.0%	-170	-170	-170	-598	-551	-513	-830	-772	-724	-702	-627	-579
0.0%	-177	-177	-177	-610	-563	-525	-895	-835	-786	-837	-761	-714
0.5%	-310	-310	-310	-695	-648	-596	-880	-822	-725	-893	-814	-699
0.5%	-282	-282	-282	-712	-664	-613	-1025	-968	-870	-1097	-1014	-899
0.5%	-325	-325	-325	-705	-658	-606	-930	-875	-780	-973	-895	-782
0.5%	-300	-300	-300	-721	-673	-621	-1085	-1025	-925	-1347	-1259	-1142
0.5%	-335	-335	-335	-698	-651	-600	-845	-788	-695	-852	-776	-661
0.5%	-318	-318	-318	-716	-669	-617	-995	-938	-840	-1193	-1111	-994
0.5%	-295	-295	-295	-709	-661	-609	-905	-850	-755	-1008	-928	-812
0.5%	-340	-340	-340	-724	-676	-624	-1045	-988	-890	-1267	-1180	-1063
0.5%	-305	-305	-305	-700	-653	-602	-865	-810	-715	-919	-838	-721
1.5%	-448	-448	-448	-798	-751	-684	-1015	-955	-825	-1138	-1056	-883
1.5%	-472	-472	-472	-815	-768	-700	-1185	-1125	-995	-1397	-1310	-1137
1.5%	-422	-422	-422	-822	-775	-707	-1255	-1195	-1060	-1598	-1511	-1337
1.5%	-485	-485	-485	-830	-783	-715	-1335	-1270	-1135	-1847	-1755	-1582
1.5%	-458	-458	-458	-792	-745	-678	-980	-920	-790	-1063	-983	-809
1.5%	-438	-438	-438	-806	-759	-692	-1125	-1065	-935	-1297	-1214	-1041
1.5%	-475	-475	-475	-814	-767	-699	-1205	-1145	-1015	-1506	-1419	-1246
1.5%	-442	-442	-442	-825	-778	-710	-1300	-1240	-1105	-1707	-1620	-1447
1.5%	-490	-490	-490	-800	-753	-686	-1055	-995	-865	-1196	-1114	-941
2.5%	-560	-560	-560	-898	-851	-760	-1185	-1125	-940	-1397	-1310	-1087
2.5%	-585	-585	-585	-915	-868	-777	-1335	-1295	-1110	-1703	-1609	-1386
2.5%	-538	-538	-538	-922	-875	-784	-1455	-1395	-1205	-1947	-1853	-1629
2.5%	-605	-605	-605	-930	-883	-792	-1525	-1460	-1295	-2186	-2090	-1867
2.5%	-568	-568	-568	-892	-845	-754	-1125	-1065	-880	-1237	-1154	-931
2.5%	-592	-592	-592	-905	-858	-767	-1305	-1245	-1060	-1539	-1446	-1223
2.5%	-548	-548	-548	-913	-866	-775	-1405	-1345	-1160	-1796	-1702	-1477
2.5%	-579	-579	-579	-929	-878	-787	-1485	-1425	-1235	-2068	-1974	-1751
2.5%	-610	-610	-610	-900	-853	-762	-1225	-1165	-980	-1438	-1344	-1121



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		27/09/2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA								
				10mA, 3V			20mA, 6V			50mA, 15V		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-178	-178	-178	-628	-585	-542	-805	-742	-690	-655	-582	-532
0.0%	-165	-165	-165	-645	-601	-557	-920	-858	-805	-782	-706	-656
0.0%	-190	-190	-190	-638	-594	-550	-835	-772	-720	-692	-618	-568
0.0%	-171	-171	-171	-652	-608	-564	-965	-900	-848	-945	-865	-814
0.0%	-183	-183	-183	-622	-579	-536	-770	-708	-656	-635	-561	-511
0.0%	-167	-167	-167	-648	-604	-560	-890	-828	-775	-758	-684	-634
0.0%	-195	-195	-195	-635	-591	-547	-820	-758	-706	-683	-609	-559
0.0%	-173	-173	-173	-630	-586	-542	-865	-802	-750	-735	-660	-610
0.0%	-181	-181	-181	-642	-598	-554	-935	-872	-820	-875	-798	-748
0.5%	-335	-335	-335	-735	-689	-628	-945	-885	-770	-935	-852	-735
0.5%	-305	-305	-305	-752	-706	-644	-1105	-1045	-930	-1158	-1072	-953
0.5%	-355	-355	-355	-745	-699	-637	-1005	-945	-830	-1035	-955	-835
0.5%	-325	-325	-325	-760	-714	-652	-1185	-1120	-1005	-1428	-1336	-1217
0.5%	-365	-365	-365	-738	-692	-631	-905	-845	-730	-905	-825	-706
0.5%	-342	-342	-342	-755	-709	-647	-1085	-1025	-910	-1268	-1183	-1065
0.5%	-318	-318	-318	-748	-702	-640	-980	-920	-805	-1087	-1003	-884
0.5%	-372	-372	-372	-762	-716	-654	-1145	-1085	-970	-1348	-1260	-1141
0.5%	-330	-330	-330	-740	-694	-633	-925	-865	-750	-968	-885	-765
1.5%	-478	-478	-478	-835	-790	-708	-1125	-1065	-900	-1255	-1168	-980
1.5%	-505	-505	-505	-852	-807	-724	-1305	-1245	-1080	-1528	-1437	-1249
1.5%	-450	-450	-450	-860	-815	-732	-1385	-1325	-1160	-1742	-1648	-1460
1.5%	-520	-520	-520	-868	-823	-740	-1475	-1410	-1245	-2015	-1918	-1730
1.5%	-485	-485	-485	-828	-783	-701	-1085	-1025	-860	-1188	-1105	-918
1.5%	-468	-468	-468	-842	-797	-715	-1225	-1165	-1000	-1417	-1328	-1140
1.5%	-510	-510	-510	-850	-805	-722	-1325	-1265	-1080	-1635	-1544	-1356
1.5%	-472	-472	-472	-862	-817	-734	-1425	-1365	-1200	-1848	-1756	-1568
1.5%	-525	-525	-525	-838	-793	-711	-1155	-1095	-930	-1325	-1238	-1050
2.5%	-605	-605	-605	-935	-890	-781	-1325	-1265	-1080	-1558	-1464	-1220
2.5%	-630	-630	-630	-952	-907	-798	-1525	-1460	-1225	-1897	-1798	-1554
2.5%	-580	-580	-580	-960	-915	-806	-1655	-1590	-1355	-2165	-2065	-1821
2.5%	-650	-650	-650	-968	-923	-814	-1755	-1685	-1450	-2432	-2335	-2090
2.5%	-610	-610	-610	-930	-885	-776	-1255	-1195	-960	-1385	-1298	-1054
2.5%	-635	-635	-635	-942	-897	-788	-1455	-1395	-1160	-1705	-1608	-1364
2.5%	-590	-590	-590	-950	-905	-796	-1585	-1525	-1290	-1986	-1888	-1644
2.5%	-620	-620	-620	-962	-917	-808	-1685	-1625	-1390	-2268	-2170	-1926
2.5%	-655	-655	-655	-988	-943	-784	-1855	-1795	-1560	-2595	-2498	-2254



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		..04../..10../2025.			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA								
	ON	Inst OFF	24h	10mA, 3V			20mA, 6V			50mA, 15V		
				ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-180	-180	-180	-662	-620	-575	-835	-770	-715	-702	-625	-573
0.0%	-167	-167	-167	-678	-635	-590	-960	-895	-840	-845	-765	-712
0.0%	-192	-192	-192	-670	-628	-583	-875	-810	-755	-735	-658	-605
0.0%	-172	-172	-172	-685	-642	-597	-1025	-960	-905	-1005	-920	-866
0.0%	-185	-185	-185	-655	-613	-568	-800	-735	-680	-675	-598	-546
0.0%	-169	-169	-169	-682	-639	-594	-925	-860	-805	-805	-728	-675
0.0%	-198	-198	-198	-668	-626	-581	-850	-785	-730	-728	-651	-599
0.0%	-175	-175	-175	-660	-618	-573	-900	-835	-780	-782	-704	-652
0.0%	-183	-183	-183	-675	-632	-587	-985	-920	-865	-935	-855	-802
0.5%	-360	-360	-360	-772	-728	-654	-980	-915	-855	-995	-908	-823
0.5%	-330	-330	-330	-788	-744	-620	-1155	-1090	-960	-1245	-1155	-1030
0.5%	-385	-385	-385	-780	-736	-662	-1045	-980	-850	-1128	-1045	-920
0.5%	-350	-350	-350	-796	-752	-678	-1255	-1185	-1055	-1555	-1462	-1335
0.5%	-395	-395	-395	-774	-730	-656	-945	-880	-750	-952	-875	-750
0.5%	-365	-365	-365	-790	-746	-672	-1125	-1060	-930	-1355	-1265	-1140
0.5%	-840	-840	-840	-784	-740	-666	-1020	-955	-825	-1185	-1095	-970
0.5%	-405	-405	-405	-798	-754	-680	-1205	-1140	-1010	-1455	-1365	-1238
0.5%	-355	-355	-355	-776	-732	-658	-965	-900	-770	-1035	-905	-825
1.5%	-505	-505	-505	-870	-822	-726	-1205	-1135	-955	-1385	-1295	-1088
1.5%	-530	-530	-530	-888	-846	-744	-1415	-1345	-1165	-1685	-1582	-1380
1.5%	-475	-475	-475	-896	-854	-752	-1525	-1455	-1275	-1925	-1825	-1618
1.5%	-545	-545	-545	-904	-862	-760	-1655	-1580	-1400	-2255	-2155	-1948
1.5%	-510	-510	-510	-862	-820	-718	-1155	-1085	-905	-1805	-1715	-1508
1.5%	-490	-490	-490	-878	-836	-734	-1325	-1255	-1075	-1585	-1495	-1285
1.5%	-525	-525	-525	-886	-844	-742	-1455	-1385	-1205	-1825	-1725	-1518
1.5%	-495	-495	-495	-898	-856	-754	-1585	-1515	-1335	-2085	-1985	-1778
1.5%	-550	-550	-550	-892	-830	-728	-1225	-1155	-975	-1455	-1365	-1158
2.5%	-630	-630	-630	-972	-930	-796	-1425	-1355	-1065	-1725	-1625	-1345
2.5%	-655	-655	-655	-988	-946	-812	-1655	-1580	-1290	-2085	-1995	-1695
2.5%	-600	-600	-600	-996	-954	-820	-1825	-1750	-1460	-2385	-2295	-1995
2.5%	-675	-675	-675	-1004	-962	-828	-1925	-1805	-1620	-2685	-2595	-2295
2.5%	-635	-635	-635	-964	-922	-788	-1525	-1255	-965	-1525	-1425	-1145
2.5%	-660	-660	-660	-978	-936	-802	-1555	-1485	-1195	-1825	-1775	-1495
2.5%	-610	-610	-610	-926	-944	-810	-1425	-1655	-1365	-2185	-2095	-1795
2.5%	-640	-640	-640	-998	-956	-822	-1885	-1815	-1525	-2485	-2395	-2095
2.5%	-685	-685	-685	-974	-932	-798	-1455	-1385	-1095	-1985	-1695	-1395



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		...11.../10.../2022...			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA								
				10mA, 3V			20mA, 6V			50mA, 15V		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-182	-182	-182	-695	-653	-607	-860	-792	-735	-736	-658	-604
0.0%	-169	-169	-169	-712	-669	-623	-995	-925	-868	-889	-807	-752
0.0%	-194	-194	-194	-705	-662	-616	-905	-838	-780	-768	-688	-634
0.0%	-174	-174	-174	-720	-677	-631	-1085	-1015	-958	-1048	-960	-904
0.0%	-187	-187	-187	-688	-646	-600	-820	-752	-695	-708	-628	-574
0.0%	-170	-170	-170	-715	-672	-626	-950	-882	-825	-838	-758	-704
0.0%	-199	-199	-199	-700	-657	-611	-895	-808	-750	-758	-678	-624
0.0%	-176	-176	-176	-693	-650	-604	-930	-862	-805	-812	-732	-678
0.0%	-184	-184	-184	-708	-665	-619	-1015	-945	-888	-978	-896	-842
0.5%	-375	-375	-375	-808	-766	-724	-1015	-945	-885	-1046	-958	-828
0.5%	-345	-345	-345	-825	-783	-741	-1225	-1155	-1015	-1328	-1234	-1104
0.5%	-400	-400	-400	-818	-776	-734	-1095	-1025	-885	-1186	-1104	-974
0.5%	-365	-365	-365	-832	-790	-748	-1355	-1208	-1140	-1634	-1538	-1406
0.5%	-410	-410	-410	-810	-768	-726	-995	-905	-865	-1008	-924	-794
0.5%	-380	-380	-380	-828	-786	-744	-1185	-1115	-975	-1426	-1334	-1204
0.5%	-355	-355	-355	-820	-778	-736	-1065	-995	-855	-1238	-1146	-1016
0.5%	-420	-420	-420	-835	-793	-751	-1305	-1235	-1095	-1528	-1434	-1302
0.5%	-370	-370	-370	-812	-770	-728	-995	-925	-885	-1086	-998	-868
1.5%	-520	-520	-520	-905	-865	-825	-1305	-1230	-1030	-1486	-1394	-1176
1.5%	-545	-545	-545	-922	-882	-842	-1555	-1480	-1280	-1988	-1692	-1474
1.5%	-495	-495	-495	-930	-890	-850	-1705	-1630	-1430	-2036	-1936	-1718
1.5%	-560	-560	-560	-938	-898	-858	-1855	-1775	-1575	-2384	-2282	-2064
1.5%	-525	-525	-525	-898	-858	-818	-1235	-1160	-960	-1384	-1294	-1076
1.5%	-505	-505	-505	-915	-875	-835	-1425	-1350	-1150	-1686	-1594	-1376
1.5%	-540	-540	-540	-923	-883	-843	-1585	-1510	-1310	-1934	-1836	-1618
1.5%	-515	-515	-515	-935	-895	-855	-1755	-1680	-1480	-2198	-2098	-1880
1.5%	-570	-570	-570	-908	-868	-828	-1325	-1250	-1050	-1564	-1474	-1256
2.5%	-640	-640	-640	-1005	-965	-925	-1525	-1450	-1250	-1888	-1788	-1568
2.5%	-665	-665	-665	-1022	-982	-942	-1785	-1705	-1505	-2246	-2138	-1850
2.5%	-610	-610	-610	-1030	-990	-950	-1985	-1905	-1705	-2548	-2438	-2148
2.5%	-685	-685	-685	-1038	-998	-958	-2185	-2100	-1900	-2864	-2754	-2464
2.5%	-645	-645	-645	-998	-958	-918	-1405	-1330	-1130	-1666	-1564	-1276
2.5%	-670	-670	-670	-1012	-972	-932	-1655	-1580	-1380	-2048	-1938	-1650
2.5%	-620	-620	-620	-1020	-980	-940	-1855	-1780	-1580	-2346	-2236	-1948
2.5%	-655	-655	-655	-1032	-992	-952	-2055	-1980	-1780	-2688	-2578	-2288
2.5%	-695	-695	-695	-1008	-968	-928	-1555	-1480	-1280	-1966	-1856	-1568



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		18.../10...../2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA								
	ON	Inst OFF	24h	10mA, 3V			20mA, 6V			50mA, 15V		
				ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-183	-183	-183	-720	-678	-628	-865	-792	-732	-768	-689	-634
0.0%	-170	-170	-170	-748	-703	-652	-1035	-960	-902	-915	-831	-775
0.0%	-195	-195	-195	-705	-662	-614	-915	-845	-785	-792	-711	-656
0.0%	-175	-175	-175	-760	-715	-665	-1185	-1105	-1045	-1082	-991	-935
0.0%	-188	-188	-188	-690	-648	-600	-820	-748	-690	-735	-653	-598
0.0%	-171	-171	-171	-735	-690	-640	-980	-905	-845	-865	-783	-728
0.0%	-200	-200	-200	-712	-670	-622	-890	-818	-760	-785	-703	-648
0.0%	-177	-177	-177	-725	-682	-639	-955	-920	-820	-842	-759	-703
0.0%	-185	-185	-185	-742	-698	-648	-1105	-1030	-970	-1015	-931	-875
0.5%	-385	-385	-385	-865	-820	-720	-995	-920	-780	-1085	-994	-862
0.5%	-355	-355	-355	-890	-844	-742	-1355	-1275	-1130	-1372	-1245	-1140
0.5%	-410	-410	-410	-850	-806	-708	-1115	-1045	-905	-1225	-1138	-1005
0.5%	-375	-375	-375	-910	-864	-762	-1625	-1445	-1300	-1685	-1588	-1450
0.5%	-420	-420	-420	-835	-790	-692	-945	-872	-735	-1042	-956	-825
0.5%	-390	-390	-390	-882	-836	-736	-1255	-1175	-1030	-1475	-1378	-1245
0.5%	-365	-365	-365	-860	-814	-716	-1085	-1015	-875	-1285	-1195	-1062
0.5%	-430	-430	-430	-900	-854	-752	-1425	-1345	-1200	-1575	-1478	-1340
0.5%	-380	-380	-380	-842	-798	-700	-980	-905	-700	-1125	-1034	-902
1.5%	-525	-525	-525	-980	-935	-800	-1325	-1248	-11030	-1565	-1470	-1238
1.5%	-350	-350	-350	-1005	-958	-825	-1925	-1645	-1425	-1885	-1785	-1552
1.5%	-500	-500	-500	-1020	-972	-840	-1955	-1875	-1655	-2145	-2042	-1808
1.5%	-565	-565	-565	-1040	-990	-860	-2185	-2100	-1830	-2525	-2420	-2185
1.5%	-530	-530	-530	-950	-905	-770	-1205	-1130	-915	-1455	-1362	-1128
1.5%	-510	-510	-510	-995	-948	-815	-1505	-1425	-1205	-1985	-1688	-1454
1.5%	-545	-545	-545	-1010	-962	-830	-1935	-1705	-1485	-2045	-1942	-1708
1.5%	-520	-520	-520	-1030	-980	-850	-2055	-1975	-1755	-2325	-2220	-1986
1.5%	-575	-575	-575	-988	-942	-805	-1405	-1328	-1110	-1665	-1572	-1338
2.5%	-650	-650	-650	-1085	-1035	-860	-1505	-1425	-1080	-2055	-1950	-1655
2.5%	-675	-675	-675	-1110	-1060	-885	-2055	-1975	-1730	-2445	-2335	-2040
2.5%	-620	-620	-620	-1130	-1080	-905	-2355	-2270	-1930	-2765	-2655	-2360
2.5%	-695	-695	-695	-1155	-1102	-930	-2685	-2600	-2260	-3095	-2980	-2685
2.5%	-655	-655	-655	-1060	-1010	-835	-1385	-1305	-960	-1825	-1720	-1425
2.5%	-680	-680	-680	-1100	-1050	-875	-1855	-1775	-1430	-2235	-2125	-1830
2.5%	-630	-630	-630	-1120	-1070	-895	-2205	-2125	-1780	-2555	-2445	-2150
2.5%	-665	-665	-665	-1140	-1090	-915	-2445	-2445	-2100	-2895	-2785	-2490
2.5%	-705	-705	-705	-1095	-1045	-870	-1605	-1525	-1180	-2145	-2035	-1740



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		..25../..10../..2025.			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA								
				10mA, 3V			20mA, 6V			50mA, 15V		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-184	-184	-184	-738	-696	-642	-905	-830	-768	-802	-722	-666
0.0%	-171	-171	-171	-765	-718	-662	-1085	-1008	-945	-948	-862	-806
0.0%	-196	-196	-196	-720	-676	-624	-955	-880	-818	-826	-744	-688
0.0%	-176	-176	-176	-780	-732	-676	-1285	-1205	-1142	-1125	-1032	-976
0.0%	-189	-189	-189	-705	-662	-610	-855	-780	-718	-765	-683	-627
0.0%	-172	-172	-172	-752	-706	-652	-1025	-950	-888	-895	-813	-757
0.0%	-201	-201	-201	-728	-684	-630	-925	-850	-788	-815	-733	-677
0.0%	-178	-178	-178	-742	-698	-644	-1005	-928	-865	-875	-792	-736
0.0%	-106	-106	-106	-760	-714	-660	-1785	-1108	-1045	-1048	-962	-906
0.5%	-392	-392	-392	-892	-846	-796	-1055	-978	-920	-1128	-1035	-902
0.5%	-360	-360	-360	-920	-872	-820	-1485	-1405	-1348	-1425	-1325	-1188
0.5%	-415	-415	-415	-875	-830	-782	-1185	-1108	-1050	-1278	-1185	-1052
0.5%	-300	-300	-300	-945	-896	-842	-1695	-1600	-1540	-1962	-1662	-1520
0.5%	-425	-425	-425	-860	-815	-768	-985	-910	-855	-1085	-995	-862
0.5%	-395	-395	-395	-910	-862	-818	-1325	-1245	-1185	-1545	-1445	-1312
0.5%	-370	-370	-370	-888	-842	-794	-1145	-1068	-1010	-1355	-1262	-1128
0.5%	-435	-435	-435	-930	-882	-838	-1565	-1485	-1425	-1655	-1555	-1415
0.5%	-388	-388	-388	-870	-826	-782	-1025	-948	-890	-1185	-1092	-960
1.5%	-530	-530	-530	-1020	-972	-920	-1455	-1375	-1315	-1655	-1555	-1310
1.5%	-555	-555	-555	-1050	-1000	-945	-1885	-1805	-1745	-1995	-1890	-1645
1.5%	-505	-505	-505	-1075	-1025	-970	-2155	-2075	-2015	-2265	-2160	-1915
1.5%	-570	-570	-570	-1100	-1048	-995	-2485	-2400	-2340	-2665	-2558	-2312
1.5%	-535	-535	-535	-985	-940	-890	-1325	-1248	-1188	-1525	-1425	-1180
1.5%	-515	-515	-515	-1035	-985	-935	-1685	-1605	-1545	-1885	-1785	-1540
1.5%	-550	-550	-550	-1060	-1010	-960	-1985	-1905	-1845	-2145	-2040	-1795
1.5%	-521	-521	-521	-1085	-1035	-985	-2285	-2205	-2145	-2445	-2338	-2092
1.5%	-580	-580	-580	-1028	-980	-928	-1525	-1445	-1385	-1765	-1665	-1420
2.5%	-635	-635	-635	-1125	-1072	-1025	-1725	-1645	-1585	-2255	-2145	-1830
2.5%	-680	-680	-680	-1155	-1100	-1050	-2355	-2270	-2210	-2665	-2550	-2235
2.5%	-625	-625	-625	-1180	-1125	-1075	-2725	-2635	-2575	-2995	-2880	-2565
2.5%	-700	-700	-700	-1205	-1148	-1090	-3125	-3035	-2975	-3345	-3228	-2912
2.5%	-560	-560	-560	-1100	-1048	-990	-1525	-1445	-1385	-1965	-1855	-1540
2.5%	-623	-623	-623	-1140	-1085	-1030	-2055	-1975	-1915	-2385	-2270	-1955
2.5%	-635	-635	-635	-1165	-1110	-1055	-2485	-2405	-2345	-2725	-2610	-2295
2.5%	-690	-690	-690	-1190	-1135	-1080	-2825	-2745	-2685	-3085	-2970	-2655
2.5%	-710	-710	-710	-1135	-1080	-1025	-1825	-1745	-1685	-2345	-2230	-1915



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		...01.../...11.../2026...			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA								
				10mA, 3V			20mA, 6V			50mA, 15V		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-183	-183	-183	-755	-710	-652	-925	-848	-784	-838	-952	-695
0.0%	-172	-172	-172	-782	-735	-675	-1125	-1045	-980	-985	-895	-838
0.0%	-195	-195	-195	-735	-690	-632	-975	-989	-834	-858	-776	-719
0.0%	-177	-177	-177	-800	-752	-692	-1355	-1270	-1205	-1188	-1088	-1030
0.0%	-188	-188	-188	-720	-675	-618	-875	-800	-736	-792	-709	-652
0.0%	-173	-173	-173	-770	-722	-664	-1055	-978	-914	-925	-842	-785
0.0%	-200	-200	-200	-748	-702	-644	-955	-878	-814	-845	-762	-705
0.0%	-178	-178	-178	-760	-715	-658	-1035	-958	-894	-905	-822	-765
0.0%	-185	-185	-185	-778	-730	-672	-1255	-1178	-1114	-1085	-995	-938
0.5%	-395	-395	-395	-915	-868	-815	-1085	-1005	-840	-1165	-1068	-930
0.5%	-362	-362	-362	-945	-896	-840	-1555	-1475	-1310	-1485	-1378	-1235
0.5%	-418	-418	-418	-900	-852	-805	-1225	-1145	-980	-1325	-1230	-1092
0.5%	-362	-362	-362	-970	-920	-872	-1985	-1700	-1535	-1865	-1755	-1605
0.5%	-428	-428	-428	-882	-836	-780	-1005	-925	-760	-1125	-1032	-895
0.5%	-348	-348	-348	-930	-882	-830	-1385	-1305	-1140	-1625	-1515	-1357
0.5%	-392	-392	-392	-908	-860	-812	-1185	-1105	-940	-1425	-1325	-1188
0.5%	-438	-438	-438	-952	-904	-855	-1625	-1545	-1380	-1755	-1645	-1498
0.5%	-387	-387	-387	-890	-844	-798	-1055	-975	-810	-1235	-1138	-1000
1.5%	-532	-532	-532	-1055	-1005	-955	-1525	-1445	-1280	-1785	-1675	-1415
1.5%	-558	-558	-558	-1085	-1032	-980	-2055	-1970	-1730	-2145	-2035	-1775
1.5%	-507	-507	-507	-1110	-1056	-1005	-2355	-2270	-2030	-2455	-2340	-2080
1.5%	-573	-573	-573	-1135	-1080	-1025	-2725	-2635	-2395	-2885	-2770	-2510
1.5%	-538	-538	-538	-1020	-972	-920	-1385	-1305	-1065	-1645	-1535	-1275
1.5%	-519	-519	-519	-1070	-1020	-970	-1785	-1705	-1465	-2015	-1905	-1645
1.5%	-552	-552	-552	-1095	-1042	-990	-2125	-2045	-1805	-2295	-2180	-1920
1.5%	-527	-527	-527	-1120	-1068	-1015	-2485	-2405	-2165	-2625	-2510	-2250
1.5%	-582	-582	-582	-1060	-1010	-960	-1605	-1525	-1285	-1885	-1775	-1515
2.5%	-656	-656	-656	-1155	-1105	-1055	-1855	-1775	-1535	-2455	-2340	-1990
2.5%	-683	-683	-683	-1185	-1135	-1085	-2585	-2495	-2105	-2895	-2775	-2425
2.5%	-628	-628	-628	-1215	-1165	-1115	-3055	-2965	-2570	-3245	-3120	-2770
2.5%	-763	-763	-763	-1245	-1195	-1145	-3585	-3495	-3070	-3685	-3555	-3205
2.5%	-663	-663	-663	-1125	-1070	-1015	-1625	-1545	-1155	-2125	-2010	-1660
2.5%	-688	-688	-688	-1170	-1115	-1060	-2255	-2175	-1785	-2585	-2465	-2115
2.5%	-638	-638	-638	-1200	-1140	-1085	-2755	-2675	-2285	-2965	-2845	-2495
2.5%	-693	-693	-693	-1225	-1165	-1110	-3255	-3175	-2785	-3335	-3215	-2865
2.5%	-713	-713	-713	-1165	-1110	-1055	-1985	-1905	-1515	-2625	-2505	-2155



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		02./11./2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA								
				10mA, 3V			20mA, 6V			50mA, 15V		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-182	-182	-182	-770	-725	-665	-935	-858	-792	-865	-780	-722
0.0%	-171	-171	-171	-798	-750	-688	-1175	-1092	-1028	-1015	-922	-865
0.0%	-194	-194	-194	-748	-702	-642	-980	-905	-840	-885	-800	-742
0.0%	-176	-176	-176	-815	-765	-705	-1485	-1400	-1332	-1225	-1120	-1062
0.0%	-187	-187	-187	-732	-688	-628	-885	-810	-745	-812	-728	-670
0.0%	-172	-172	-172	-785	-738	-678	-1095	-1015	-950	-952	-868	-810
0.0%	-199	-199	-199	-760	-715	-655	-965	-888	-822	-872	-798	-730
0.0%	-177	-177	-177	-775	-728	-668	-1045	-968	-902	-932	-848	-790
0.0%	-184	-184	-184	-792	-745	-685	-1365	-1285	-1220	-1125	-1030	-972
0.5%	-393	-393	-393	-940	-892	-830	-1115	-1035	-965	-1185	-1085	-940
0.5%	-360	-360	-360	-972	-922	-865	-1685	-1600	-1425	-1525	-1410	-1260
0.5%	-417	-417	-417	-925	-878	-822	-1255	-1175	-1015	-1365	-1265	-1120
0.5%	-380	-380	-380	-998	-946	-892	-1955	-1865	-1685	-1955	-1835	-1680
0.5%	-425	-425	-425	-905	-860	-815	-1035	-955	-890	-1145	-1048	-905
0.5%	-396	-396	-396	-955	-905	-852	-1475	-1390	-1220	-1685	-1565	-1420
0.5%	-370	-370	-370	-935	-888	-838	-1215	-1135	-970	-1475	-1385	-1220
0.5%	-436	-436	-436	-980	-930	-872	-1465	-1380	-1205	-1855	-1735	-1580
0.5%	-385	-385	-385	-918	-872	-822	-1095	-1015	-845	-1265	-1165	-1020
1.5%	-530	-530	-530	-1085	-1032	-980	-1585	-1505	-1335	-1885	-1765	-1495
1.5%	-556	-556	-556	-1115	-1060	-1005	-2255	-2170	-1995	-2285	-2155	-1880
1.5%	-505	-505	-505	-1140	-1085	-1030	-2655	-2565	-2395	-2625	-2495	-2215
1.5%	-571	-571	-571	-1165	-1108	-1052	-3155	-3060	-2880	-3085	-2950	-2675
1.5%	-536	-536	-536	-1050	-1000	-950	-1425	-1345	-1085	-1725	-1605	-1335
1.5%	-515	-515	-515	-1100	-1045	-990	-1985	-1900	-1635	-2125	-2000	-1730
1.5%	-550	-550	-550	-1125	-1070	-1015	-2455	-2370	-2105	-2425	-2295	-2020
1.5%	-525	-525	-525	-1150	-1095	-1040	-2955	-2865	-2605	-2785	-2655	-2380
1.5%	-580	-580	-580	-1090	-1038	-988	-1725	-1645	-1385	-1985	-1865	-1595
2.5%	-656	-656	-656	-1185	-1128	-1070	-1985	-1900	-1640	-2655	-2525	-2255
2.5%	-681	-681	-681	-1215	-1158	-1100	-2955	-2865	-2605	-3155	-3020	-2615
2.5%	-620	-620	-620	-1245	-1185	-1125	-3655	-3565	-3305	-3555	-3415	-3010
2.5%	-701	-701	-701	-1275	-1218	-1160	-4355	-4260	-3800	-4055	-3910	-3505
2.5%	-661	-661	-661	-1155	-1100	-1045	-1625	-1540	-1275	-2255	-2125	-1725
2.5%	-686	-686	-686	-1200	-1145	-1090	-2585	-2500	-2040	-2785	-2655	-2255
2.5%	-636	-636	-636	-1230	-1170	-1115	-3255	-3170	-2710	-3255	-3115	-2715
2.5%	-671	-671	-671	-1225	-1165	-1110	-3955	-3865	-3405	-3755	-3615	-3215
2.5%	-711	-711	-711	-1195	-1138	-1080	-2155	-2070	-1610	-2985	-2855	-2455



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		15/11/2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA								
				10mA, 3V			20mA, 6V			50mA, 15V		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-181	-181	-181	-782	-736	-674	-955	-872	-806	-895	-808	-748
0.0%	-170	-170	-170	-810	-760	-698	-1225	-1138	-1072	-1045	-948	-888
0.0%	-193	-193	-193	-760	-714	-625	-1005	-925	-858	-915	-828	-768
0.0%	-175	-175	-175	-828	-776	-714	-1585	-1495	-1428	-1285	-1198	-1116
0.0%	-186	-186	-186	-742	-698	-636	-905	-825	-758	-842	-756	-696
0.0%	-171	-171	-171	-795	-748	-686	-1125	-1045	-978	-985	-898	-838
0.0%	-198	-198	-198	-770	-724	-662	-985	-905	-838	-905	-818	-758
0.0%	-176	-176	-176	-788	-742	-680	-1085	-1005	-938	-965	-878	-758
0.0%	-183	-183	-183	-805	-758	-696	-1455	-1375	-1308	-1165	-1068	-1008
0.5%	-392	-392	-392	-955	-905	-770	-1155	-1072	-900	-1215	-1112	-960
0.5%	-358	-358	-358	-988	-936	-798	-1255	-1168	-1095	-1585	-1468	-1310
0.5%	-415	-415	-415	-940	-892	-765	-1245	-1210	-1040	-1395	-1288	-1135
0.5%	-379	-379	-379	-1015	-962	-820	-2085	-1995	-1815	-2055	-1925	-1765
0.5%	-423	-423	-423	-920	-874	-750	-1065	-985	-820	-1185	-1085	-935
0.5%	-394	-394	-394	-970	-918	-785	-1525	-1440	-1270	-1755	-1603	-1478
0.5%	-368	-368	-368	-950	-902	-772	-1255	-1175	-1005	-1525	-1415	-1262
0.5%	-434	-434	-434	-995	-942	-808	-1855	-1768	-1595	-1985	-1855	-1698
0.5%	-383	-383	-383	-932	-886	-760	-1125	-1040	-870	-1325	-1215	-1062
1.5%	-529	-529	-529	-1105	-1050	-865	-1685	-1595	-1315	-2025	-1895	-1615
1.5%	-555	-555	-555	-1135	-1078	-890	-2455	-2365	-2085	-2455	-2315	-2030
1.5%	-503	-503	-503	-1165	-1108	-915	-2885	-2795	-2515	-2855	-2715	-2430
1.5%	-569	-569	-569	-1190	-1130	-940	-3455	-3360	-3080	-3355	-3210	-2925
1.5%	-534	-534	-534	-1065	-1015	-862	-1485	-1400	-1120	-1855	-1725	-1445
1.5%	-513	-513	-513	-1120	-1065	-880	-2155	-2065	-1785	-2255	-2125	-1840
1.5%	-548	-548	-548	-1145	-1090	-905	-2685	-2595	-2315	-2585	-2445	-2160
1.5%	-523	-523	-523	-1170	-1115	-930	-3255	-3160	-2670	-2985	-2840	-2555
1.5%	-578	-578	-578	-1110	-1055	-870	-1825	-1735	-1455	-2155	-2025	-1745
2.5%	-654	-654	-654	-1205	-1145	-920	-2185	-2095	-1605	-2855	-2715	-2295
2.5%	-679	-679	-679	-1235	-1175	-945	-3255	-3160	-2670	-3455	-3310	-2890
2.5%	-624	-624	-624	-1265	-1205	-970	-4055	-3960	-3470	-3955	-3805	-3385
2.5%	-699	-699	-699	-1295	-1230	-995	-4855	-4765	-4265	-4555	-4405	-3985
2.5%	-659	-659	-659	-1135	-1115	-895	-1855	-1765	-1275	-2455	-2315	-1895
2.5%	-684	-684	-684	-1220	-1160	-930	-2855	-2765	-2275	-3055	-2910	-2490
2.5%	-634	-634	-634	-1250	-1190	-955	-3655	-3565	-3075	-3555	-3405	-2985
2.5%	-669	-669	-669	-1275	-1215	-980	-4455	-4365	-3875	-4155	-4005	-3585
2.5%	-709	-709	-709	-1215	-1155	-925	-2355	-2265	-1775	-3255	-3110	-2690



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		22./11./2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA								
				10mA, 3V			20mA, 6V			50mA, 15V		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-182	-182	-182	-790	-742	-678	-963	-899	-812	-918	-828	-766
0.0%	-169	-169	-169	-820	-770	-706	-1217	-1129	-1063	-1075	-976	-914
0.0%	-194	-194	-194	-768	-720	-656	-998	-918	-851	-938	-848	-786
0.0%	-176	-176	-176	-838	-785	-721	-1573	-1486	-1418	-1325	-1215	-1152
0.0%	-187	-187	-187	-750	-704	-640	-892	-814	-748	-865	-776	-714
0.0%	-172	-172	-172	-805	-755	-691	-1109	-1032	-965	-1008	-918	-856
0.0%	-199	-199	-199	-778	-730	-666	-987	-909	-843	-928	-838	-776
0.0%	-167	-167	-167	-795	-748	-684	-1078	-999	-932	-988	-898	-836
0.0%	-184	-184	-184	-812	-764	-700	-1446	-1368	-1301	-1195	-1096	-1034
0.5%	-394	-394	-394	-968	-918	-820	-1173	-1087	-908	-1255	-1148	-990
0.5%	-360	-360	-360	-1002	-950	-810	-1862	-1774	-1596	-1655	-1530	-1370
0.5%	-418	-418	-418	-952	-902	-772	-1314	-1227	-1053	-1455	-1340	-1185
0.5%	-381	-381	-381	-1030	-976	-835	-2238	-2146	-1963	-2185	-2045	-1885
0.5%	-425	-425	-425	-930	-884	-760	-1084	-1003	-836	-1215	-1108	-950
0.5%	-396	-396	-396	-985	-932	-800	-1547	-1509	-1332	-1825	-1695	-1535
0.5%	-390	-390	-390	-965	-915	-785	-1268	-1181	-1007	-1585	-1465	-1308
0.5%	-436	-436	-436	-1012	-960	-820	-1993	-1904	-1725	-2085	-1945	-1788
0.5%	-785	-785	-785	-942	-895	-770	-1148	-1061	-883	-1365	-1250	-1095
1.5%	-530	-530	-530	-1125	-1068	-880	-1796	-1705	-1404	-2125	-1985	-1695
1.5%	-557	-557	-557	-1160	-1100	-910	-2667	-2572	-2273	-2585	-2435	-2140
1.5%	-505	-505	-505	-1190	-1130	-935	-3074	-2979	-2678	-3055	-2905	-2610
1.5%	-570	-570	-570	-1220	-1158	-960	-3768	-3669	-3370	-3585	-3435	-3140
1.5%	-535	-535	-535	-1085	-1035	-850	-1578	-1486	-1184	-1945	-1805	-1515
1.5%	-514	-514	-514	-1145	-1090	-900	-2364	-2271	-1970	-2385	-2245	-1950
1.5%	-549	-549	-549	-1170	-1115	-925	-2873	-2778	-2479	-2725	-2575	-2280
1.5%	-524	-524	-524	-1200	-1145	-950	-3567	-3468	-3170	-3185	-3035	-2740
1.5%	-579	-579	-579	-1135	-1080	-895	-1964	-1873	-1572	-2285	-2145	-1855
2.5%	-656	-656	-656	-1235	-1175	-940	-2398	-2304	-1987	-3055	-2905	-2455
2.5%	-681	-681	-681	-1265	-1205	-965	-3569	-3471	-2958	-3685	-3535	-3085
2.5%	-626	-626	-626	-1295	-1235	-990	-4478	-4379	-3865	-4255	-4105	-3655
2.5%	-701	-701	-701	-1325	-1260	-1015	-5486	-5385	-4872	-4855	-4705	-4255
2.5%	-661	-661	-661	-1200	-1140	-910	-2063	-1971	-1458	-2625	-2475	-2025
2.5%	-686	-686	-686	-1250	-1190	-960	-3168	-3075	-2559	-3285	-3135	-2685
2.5%	-636	-636	-636	-1280	-1220	-975	-4076	-3978	-3464	-3855	-3705	-3255
2.5%	-671	-671	-671	-1310	-1250	-1000	-5079	-4980	-4468	-4455	-4305	-3855
2.5%	-711	-711	-711	-1245	-1185	-945	-2664	-2571	-2056	-3555	-3405	-2955



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		29./11./2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA								
				10mA, 3V			20mA, 6V			50mA, 15V		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-181	-181	-181	-798	-748	-682	-972	-888	-821	-935	-842	-778
0.0%	-170	-170	-170	-828	-778	-712	-1338	-1149	-1083	-1125	-1018	-952
0.0%	-193	-193	-193	-775	-726	-660	-1006	-925	-859	-955	-862	-798
0.0%	-175	-175	-175	-845	-792	-726	-1598	-1509	-1442	-1385	-1268	-1202
0.0%	-186	-186	-186	-758	-710	-644	-905	-825	-759	-885	-795	-732
0.0%	-171	-171	-171	-812	-762	-696	-1126	-1047	-981	-1035	-942	-878
0.0%	-198	-198	-198	-785	-738	-672	-998	-919	-853	-955	-862	-798
0.0%	-176	-176	-176	-802	-754	-688	-1092	-1012	-946	-1015	-922	-858
0.0%	-184	-184	-184	-820	-770	-704	-1462	-1383	-1317	-1245	-1138	-1072
0.5%	-395	-395	-395	-980	-928	-875	-1194	-1107	-927	-1295	-1182	-1018
0.5%	-362	-362	-362	-1015	-962	-815	-1896	-1796	-1618	-1755	-1618	-1445
0.5%	-420	-420	-420	-962	-910	-780	-1335	-1248	-1074	-1495	-1395	-1210
0.5%	-382	-382	-382	-1045	-990	-850	-2264	-2171	-1987	-2325	-2195	-2000
0.5%	-427	-427	-427	-940	-892	-765	-1103	-1021	-854	-1255	-1142	-980
0.5%	-398	-398	-398	-998	-945	-810	-1623	-1534	-1357	-1425	-1395	-1608
0.5%	-372	-372	-372	-975	-925	-795	-1292	-1205	-1030	-1655	-1525	-1360
0.5%	-438	-438	-438	-1025	-972	-835	-2017	-1926	-1744	-2185	-2035	-1870
0.5%	-386	-386	-386	-955	-905	-780	-1167	-1080	-902	-1425	-1305	-1140
1.5%	-532	-532	-532	-1145	-1088	-895	-1824	-1732	-1430	-2255	-2105	-1795
1.5%	-558	-558	-558	-1180	-1120	-920	-2698	-2602	-2301	-2755	-2595	-2285
1.5%	-507	-507	-507	-1210	-1150	-945	-3108	-3011	-2710	-3255	-3095	-2785
1.5%	-572	-572	-572	-1240	-1175	-970	-3812	-3713	-3412	-3825	-3655	-3345
1.5%	-537	-537	-537	-1105	-1055	-865	-1605	-1512	-1210	-2055	-1905	-1595
1.5%	-516	-516	-516	-1165	-1110	-915	-2396	-2308	-2001	-2555	-2395	-2085
1.5%	-551	-551	-551	-1190	-1135	-940	-2907	-2811	-2510	-2955	-2795	-2485
1.5%	-526	-526	-526	-1220	-1165	-965	-3604	-3505	-3205	-3525	-3355	-3045
1.5%	-581	-581	-581	-1155	-1100	-905	-1996	-1904	-1603	-2455	-2305	-1995
2.5%	-658	-658	-658	-1265	-1205	-955	-2426	-2331	-1816	-3255	-3095	-2595
2.5%	-683	-683	-683	-1275	-1235	-980	-3604	-3506	-2998	-3955	-3795	-3295
2.5%	-628	-628	-628	-1325	-1265	-1005	-4520	-4419	-3906	-4555	-4395	-3895
2.5%	-703	-703	-703	-1355	-1290	-1030	-5538	-5435	-4922	-5255	-5095	-4595
2.5%	-663	-663	-663	-1230	-1170	-935	-2090	-1996	-1483	-2825	-2665	-2165
2.5%	-688	-688	-688	-1280	-1220	-965	-3196	-3100	-2587	-3555	-3395	-2895
2.5%	-638	-638	-638	-1310	-1250	-990	-4108	-4011	-3498	-4155	-3995	-3495
2.5%	-673	-673	-673	-1340	-1280	-1015	-5116	-5018	-4505	-4855	-4695	-4195
2.5%	-713	-713	-713	-1275	-1215	-960	-2692	-2597	-2084	-3755	-3595	-3095



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		..06../...12../...2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA								
	ON	Inst OFF	24h	10mA, 3V			20mA, 6V			50mA, 15V		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-182	-182	-182	-805	-755	-688	-978	-892	-825	-948	-855	-790
0.0%	-171	-171	-171	-835	-785	-718	-1254	-1164	-1098	-1142	-1032	-965
0.0%	-194	-194	-194	-782	-732	-665	-1015	-934	-868	-968	-875	-810
0.0%	-176	-176	-176	-852	-798	-732	-1615	-1524	-1457	-1415	-1295	-1228
0.0%	-187	-187	-187	-765	-715	-648	-915	-834	-768	-898	-805	-740
0.0%	-172	-172	-172	-820	-770	-703	-1138	-1058	-992	-1048	-955	-890
0.0%	-199	-199	-199	-792	-745	-678	-1005	-924	-858	-968	-875	-810
0.0%	-177	-177	-177	-810	-760	-693	-1102	-1021	-955	-1028	-935	-870
0.0%	-185	-185	-185	-828	-778	-711	-1478	-1397	-1331	-1268	-1158	-1092
0.5%	-397	-397	-397	-992	-940	-795	-1210	-1122	-942	-1318	-1202	-1035
0.5%	-354	-354	-354	-1028	-974	-825	-1905	-1813	-1635	-1785	-1645	-1472
0.5%	-422	-422	-422	-975	-922	-792	-1352	-1264	-1090	-1528	-1405	-1238
0.5%	-383	-383	-383	-1058	-1002	-860	-2288	-2194	-2010	-2365	-2210	-2035
0.5%	-430	-430	-430	-952	-904	-775	-1115	-1032	-865	-1298	-1162	-998
0.5%	-400	-400	-400	-1008	-955	-820	-1642	-1552	-1375	-1965	-1805	-1635
0.5%	-374	-374	-374	-988	-938	-805	-1310	-1222	-1047	-1685	-1555	-1388
0.5%	-441	-441	-441	-1038	-985	-845	-2038	-1946	-1767	-2225	-2075	-1905
0.5%	-388	-388	-388	-965	-915	-790	-1182	-1094	-916	-1455	-1335	-1168
1.5%	-534	-534	-534	-1165	-1108	-910	-1845	-1752	-1449	-2285	-2130	-1815
1.5%	-560	-560	-560	-1200	-1140	-935	-2725	-2628	-2326	-2785	-2625	-2310
1.5%	-509	-509	-509	-1235	-1175	-960	-3138	-3040	-2438	-3295	-3135	-2820
1.5%	-574	-574	-574	-1265	-1200	-985	-3850	-3749	-3449	-3865	-3695	-3380
1.5%	-539	-539	-539	-1125	-1075	-885	-1624	-1530	-1227	-2085	-1935	-1620
1.5%	-518	-518	-518	-1185	-1130	-935	-2422	-2327	-2025	-2585	-2425	-2110
1.5%	-553	-553	-553	-1210	-1155	-960	-2935	-2838	-2536	-2995	-2835	-2520
1.5%	-528	-528	-528	-1245	-1185	-985	-3638	-3539	-3238	-3565	-3395	-3080
1.5%	-683	-683	-683	-1178	-1122	-928	-2015	-1922	-1619	-2485	-2335	-2020
2.5%	-660	-660	-660	-1285	-1225	-990	-2448	-2352	-1837	-3285	-3125	-2620
2.5%	-685	-685	-685	-1315	-1255	-995	-3632	-3532	-3019	-3985	-3825	-3320
2.5%	-630	-630	-630	-1345	-1285	-1020	-4558	-4456	-3944	-4585	-4425	-3920
2.5%	-705	-705	-705	-1375	-1310	-1045	-5585	-5482	-4970	-5285	-5125	-4620
2.5%	-665	-665	-665	-1250	-1190	-940	-2110	-2015	-1562	-2855	-2695	-2190
2.5%	-690	-690	-690	-1300	-1240	-980	-3218	-3121	-2609	-3585	-3425	-2920
2.5%	-640	-640	-640	-1330	-1270	-1005	-4135	-4036	-3523	-4185	-4025	-3520
2.5%	-675	-675	-675	-1360	-1300	-1030	-5142	-5043	-4530	-4885	-4725	-4220
2.5%	-715	-715	-715	-1295	-1235	-995	-2715	-2619	-2107	-3785	-3625	-3120



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		13/12/2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA								
				10mA, 3V			20mA, 6V			50mA, 15V		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-181	-181	-181	-810	-760	-692	-984	-898	-832	-955	-862	-796
0.0%	-170	-170	-170	-842	-792	-724	-1268	-1177	-1112	-1155	-1042	-975
0.0%	-193	-193	-193	-788	-738	-670	-1023	-941	-875	-975	-882	-816
0.0%	-175	-175	-175	-860	-806	-738	-1635	-1543	-1476	-1425	-1302	-1235
0.0%	-186	-186	-186	-770	-720	-652	-922	-840	-774	-905	-812	-746
0.0%	-171	-171	-171	-828	-778	-710	-1148	-1067	-1001	-1055	-962	-896
0.0%	-198	-198	-198	-800	-752	-684	-1012	-930	-864	975	-882	-816
0.0%	-176	-176	-176	-820	-770	-702	-1110	-1028	-962	-1035	-942	-876
0.0%	-184	-184	-184	-838	-788	-720	-1492	-1410	-1345	-1275	-1162	-1096
0.5%	-396	-396	-396	-1005	-952	-805	-1224	-1135	953	-1325	-1208	-1040
0.5%	-365	-365	-365	-1040	-986	-835	-1925	-1832	1655	-1795	-1652	-1478
0.5%	-424	-424	-424	-985	-932	-802	-1368	-1279	-1104	-1535	-1410	-1242
0.5%	-369	-369	-369	-1075	-1018	-875	-2310	-2216	-2032	-2375	-2218	-2042
0.5%	-432	-432	-432	-965	-916	-785	-1128	-1044	-878	-1285	-1168	-1002
0.5%	-402	-402	-402	-1020	-968	-830	-1660	-1569	-1392	-1975	-1810	-1642
0.5%	-376	-376	-376	-1000	-950	-820	-1328	-1239	-1063	-1695	-1562	-1395
0.5%	-443	-443	-443	-1050	-998	-855	-2058	-1966	-1789	-2235	-2085	-1915
0.5%	-589	-589	-589	-978	-928	-800	-1196	-1107	-930	-1465	-1340	-1172
1.5%	-536	-536	-536	-1185	-1128	-925	-1868	-1774	-1470	-2295	-2138	-1822
1.5%	-562	-562	-562	-1220	-1160	-950	-2752	-2655	-2351	-2795	-2635	-2318
1.5%	-510	-510	-510	-1255	-1195	-975	-3168	-3069	-2766	-3305	-3145	-2828
1.5%	-576	-576	-576	-1285	-1220	-1000	-3285	-3183	-3480	-3875	-3705	-3388
1.5%	-541	-541	-541	-1140	-1090	-900	-1642	-1547	-1244	-2095	-1942	-1626
1.5%	-520	-520	-520	-1205	-1148	-950	-2448	-2352	-2049	-2595	-2435	-2118
1.5%	-555	-555	-555	-1230	-1175	-975	-2965	-2867	-2564	-3005	-2845	-2528
1.5%	-530	-530	-530	-1265	-1205	-1000	-3668	-3568	-3265	-3595	-3405	-3088
1.5%	-585	-585	-585	-1198	-1140	-942	-2036	-1942	-1638	-2495	-2342	-2026
2.5%	-662	-662	-662	-1305	-1245	-985	-2470	-2373	-1858	-3295	-3135	-2628
2.5%	-687	-687	-687	-1335	-1275	-1010	-3662	-3561	-3048	-3995	-3835	-3328
2.5%	-632	-632	-632	-1365	-1305	-1035	-4590	-4487	-3975	-4545	-4435	-3928
2.5%	-707	-707	-707	-1395	-1330	-1060	-5620	-5516	-5005	-5295	-5135	-4628
2.5%	-667	-667	-667	-1265	-1205	-955	-2132	-2036	-1522	-2865	-2705	-2200
2.5%	-692	-692	-692	-1320	-1260	-1000	-3245	-3147	-2635	-3595	-3435	-2930
2.5%	-642	-642	-642	-1350	-1290	-1025	-4168	-4068	-3555	-4195	-4035	-3520
2.5%	-677	-677	-677	-1380	-1320	-1050	-5175	-5075	-4563	-4895	-4735	-4230
2.5%	-717	-717	-717	-1315	-1255	-995	-2438	-2340	-2127	-3795	-3635	-3130



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		20.../12..../2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA								
				10mA, 3V			20mA, 6V			50mA, 15V		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-182	-182	-182	-815	-765	-696	-990	-904	-837	-962	-868	-802
0.0%	-171	-171	-171	-848	-798	-729	-1282	-1190	-1124	-1165	-1050	-982
0.0%	-194	-194	-194	-792	-742	-693	-1031	-948	-882	-982	-808	-822
0.0%	-176	-176	-176	-865	-810	-741	-1652	-1559	-1492	-1435	-1320	-1244
0.0%	-187	-187	-187	-775	-725	-656	-928	-846	-780	-912	-818	-752
0.0%	-172	-172	-172	-832	-782	-713	-1158	-1076	-1010	-1062	-968	-902
0.0%	-199	-199	-199	-805	-757	-688	-1020	-937	-871	-982	-808	-822
0.0%	-177	-177	-177	-825	-775	-706	-1118	-1035	-969	-1042	-948	-882
0.0%	-185	-185	-185	-842	-792	-723	-1508	-1425	-1359	-1285	-1172	-1104
0.5%	-398	-398	-398	-1015	-960	-810	-1238	-1148	-966	-1335	-1215	-1045
0.5%	-367	-367	-367	-1055	-998	-840	-1942	-1848	-1670	-1815	-1690	-1495
0.5%	-426	-426	-426	-995	-942	-810	-1385	-1295	-1119	-1545	-1498	-1248
0.5%	-385	-385	-385	-1090	-1032	-885	-2332	-2237	-2053	-2395	-2235	-2660
0.5%	-435	-435	-435	-975	-925	-795	-1142	-1057	-890	-1295	-1175	-1005
0.5%	-405	-405	-405	-1030	-978	-835	-1678	-1586	-1409	-1995	-1835	-1660
0.5%	-378	-378	-378	-1008	-958	-825	-1345	-1255	-1079	-1715	-1580	-1410
0.5%	-445	-445	-445	-1065	-1010	-865	-2078	-1985	-1807	-2255	-2095	-1920
0.5%	-390	-390	-390	-988	-938	-808	-1208	-1118	-942	-1475	-1355	-1185
1.5%	-538	-538	-538	-1205	-1148	-940	-1888	-1793	-1488	-2305	-2145	-1828
1.5%	-565	-565	-565	-1240	-1180	-965	-2780	-2682	-2378	-2815	-2655	-2338
1.5%	-512	-512	-512	-1280	-1220	-995	-3198	-3098	-2795	-3325	-3165	-2848
1.5%	-578	-578	-578	-1310	-1245	-1020	-3915	-3813	-3509	-3895	-3725	-3408
1.5%	-543	-543	-543	-1155	-1105	-915	-1660	-1564	-1206	-2105	-1850	-1635
1.5%	-522	-522	-522	-1220	-1165	-965	-2475	-2378	-2075	-2615	-2450	-2138
1.5%	-557	-557	-557	-1260	-1195	-990	-2995	-2896	-2593	-3025	-2865	-2548
1.5%	-532	-532	-532	-1285	-1225	-1015	-3698	-3597	-3294	-3695	-3425	-3108
1.5%	-587	-587	-587	-1215	-1160	-960	-2055	-1959	-1656	-2515	-2360	-2045
2.5%	-664	-664	-664	-1325	-1265	-1005	-2495	-2397	-1881	-3315	-3155	-2645
2.5%	-689	-689	-689	-1360	-1300	-1030	-3692	-3590	-3077	-4015	-3855	-3345
2.5%	-634	-634	-634	-1395	-1335	-1055	-4622	-4518	-4005	-4615	-4455	-3945
2.5%	-709	-709	-709	-1425	-1360	-1080	-5655	-5550	-5037	-5315	-5155	-4645
2.5%	-669	-669	-669	-1285	-1225	-975	-2155	-2058	-1544	-2285	-2125	-1815
2.5%	-694	-694	-694	-1345	-1285	-1020	-3270	-3171	-2657	-3615	-3455	-2945
2.5%	-644	-644	-644	-1375	-1315	-1045	-4198	-4097	-3584	-4215	-4055	-3545
2.5%	-679	-679	-679	-1405	-1345	-1070	-5265	-5104	-4591	-4915	-4755	-4245
2.5%	-719	-719	-719	-1335	-1275	-1075	-2762	-2664	-2150	-3815	-3655	-3145



Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE LECTURAS DE EXPERIMENTO

Alumnos:	Gómez Nieto Jeremy Eliel Salazar Apaza Eduardo Manuel											
Tesis:	"Estudio de la efectividad del método de protección catódica por corriente impresa y ánodos de sacrificio en estructuras de concreto armado en la ciudad de Camaná"											
Acesor:	OSCAR CHAVEZ VEGA						fecha:		27./...12../2025			
NaCl	SIN PROTECCION			PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA								
				10mA, 3V			20mA, 6V			50mA, 15V		
	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h	ON	Inst OFF	24h
0.0%	-181	-181	-181	-820	-770	-700	-996	-909	-842	-968	-874	-808
0.0%	-170	-170	-170	-855	-805	-735	-1305	-1211	-1145	-1175	-1060	-990
0.0%	-193	-193	-193	-798	-748	-678	-1035	-952	-886	-988	-894	-828
0.0%	-175	-175	-175	-870	-815	-745	-1685	-1589	-1522	-1445	-1322	-1254
0.0%	-186	-186	-186	-180	-730	-660	-940	-857	-791	-918	-824	-758
0.0%	-171	-171	-171	-838	-788	-718	-1175	-1091	-1025	-1068	-974	-908
0.0%	-198	-198	-198	-810	-760	-690	-1628	-945	-879	-988	-894	-828
0.0%	-176	-176	-176	-830	-780	-710	-1135	-1051	-985	-1048	-954	-888
0.0%	-184	-184	-184	-848	-798	-728	-1532	-1447	-1381	-1295	-1182	-1112
0.5%	-399	-399	-399	-1025	-970	-820	-1258	-1166	-984	-1345	-1222	-1050
0.5%	-368	-368	-368	-1065	-1008	-850	-1985	-1890	-1710	-1835	-1685	-1505
0.5%	-425	-425	-425	-1005	-952	-820	-1408	-1317	-1142	-1555	-1428	-1255
0.5%	-306	-306	-306	-1105	-1045	-900	-2385	-2288	-2102	-2415	-2255	-2080
0.5%	-437	-437	-437	-985	-935	-805	-1162	-1076	-908	-1305	-1182	-1010
0.5%	-407	-407	-407	-1040	-988	-845	-1705	-1612	-1434	-2015	-1855	-1675
0.5%	-380	-380	-380	-1015	-965	-880	-1368	-1277	-1101	-1735	-1598	-1425
0.5%	-447	-447	-447	-1080	-1025	-880	-2125	-2030	-1850	-2275	-2115	-1940
0.5%	-392	-392	-392	-995	-945	-815	-1230	-1139	-960	-1485	-1362	-1190
1.5%	-540	-540	-540	-1225	-1168	-955	-1925	-1828	-1583	-2315	-2155	-1835
1.5%	-567	-567	-567	-1265	-1205	-980	-2835	-2736	-2432	-2885	-2695	-2355
1.5%	-514	-514	-514	-1305	-1245	-1015	-3265	-3164	-2860	-3445	-3185	-2865
1.5%	-580	-580	-580	-1335	-1270	-1040	-3995	-3891	-3587	-3915	-3745	-3425
1.5%	-545	-545	-545	-1175	-1125	-930	-1692	-1597	-1291	-2115	-1960	-1640
1.5%	-524	-524	-524	-1240	-1185	-920	-2525	-2426	-2122	-2635	-2475	-2155
1.5%	-554	-554	-554	-1270	-1215	-1005	-3045	-2945	-2641	-3045	-2885	-2565
1.5%	-534	-534	-534	-1305	-1245	-1030	-3965	-3863	-3560	-3615	-3445	-3125
1.5%	-589	-589	-589	-1235	-1180	-975	-2092	-1995	-1791	-2535	-2380	-2060
2.5%	-665	-665	-665	-1345	-1285	-1020	-2538	-2438	-1919	-3335	-3175	-2665
2.5%	-690	-690	-690	-1385	-1325	-1050	-3745	-3641	-3128	-4035	-3875	-3365
2.5%	-635	-635	-635	-1425	-1365	-1080	-4685	-4599	-4067	-5135	-4975	-4365
2.5%	-710	-710	-710	-1455	-1390	-1105	-5335	-5228	-5116	-5335	-5175	-4665
2.5%	-690	-690	-690	-1305	-1245	-990	-2195	-2096	-1584	-2905	-2745	-2235
2.5%	-695	-695	-695	-1365	-1305	-1035	-3325	-3224	-2912	-3635	-3475	-2965
2.5%	-645	-645	-645	-1400	-1340	-1065	-4265	-4162	-3650	-4235	-4075	-3565
2.5%	-680	-680	-680	-1435	-1375	-1095	-5275	-5172	-4660	-4935	-4775	-4265
2.5%	-720	-720	-720	-1460	-1400	-1130	-2815	-2716	-2204	-3835	-3675	-3165

Fierro Corrugado

ASTM A615 - GRADO 60
NTP 341.031 - GRADO 420




**ACEROS
AREQUIPA**
LA **SEGURIDAD**
DE UN **FIERRAZO**

Fierro Corrugado

ASTM A615 - GRADO 60 / NTP 341.031 - GRADO 420

DENOMINACIÓN:

Fierro Corrugado ASTM A615-Grado 60 / NTP 341.031 - Grado 60.

DESCRIPCIÓN:

Barras de acero rectas de sección circular, con resaltes Hi-bond de alta adherencia con el concreto.

USOS:

Se utiliza en la construcción de edificaciones de concreto armado de todo tipo en viviendas, edificios, puentes, obras industriales, etc.

NORMAS TÉCNICAS:

Composición Química, Propiedades Mecánicas y Tolerancias Dimensionales:

Norma internacional ASTM A615 Grado 60.

Norma Técnica Peruana NTP 341.031:2018 Grado 420.

NTE E.060:2009 CONCRETO ARMADO.

PRESENTACIÓN:

Se produce en barras de 9 m y 12 m de longitud en los siguientes diámetros: 6mm, 8mm, 3/8", 12mm, 1/2", 5/8", 3/4", 1", 1 3/8". Previo acuerdo, se puede producir en otros diámetros y longitudes requeridos por los clientes.

Se suministra en paquetes de 2 toneladas y en varillas.

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES:

DIÁMETRO DE BARRA		SECCIÓN (mm ²)	PERÍMETRO (mm)	PESO NOMINAL (kg/m)
Pulg.	mm			
-	6	28	18.8	0.222
-	8	50	25.1	0.395
3/8	-	71	29.9	0.560
-	12	113	37.7	0.888
1/2	-	129	39.9	0.994
5/8	-	199	49.9	1.552
3/4	-	284	59.8	2.235
7/8	-	387	69.8	3.042
1	-	510	79.8	3.973
1 3/8	-	1,006	112.5	7.907

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Límite de Fluencia (fy) = 420 MPa (4, 280 kg/cm²) mínimo

Resistencia a la Tracción (R) = 620 MPa (6, 320 kg/cm²) mínimo

Relación R/fy ≥ 1.25 (sismo resistencia).

Alargamiento en 200 mm:

Diámetros:

6mm, 8mm = 11% mínimo(*).

3/8", 12 mm, 1/2", 5/8" y 3/4" = 14% mínimo(*).

1" = 12% mínimo.

1 3/8" = 12% mínimo.

Doblado a 180° = Bueno en todos los diámetros

(*) El alambón corrugado y las barras enderezadas obtenidas por el alambón, pueden tener valores de alargamiento menores, pero siempre cumplen con el 9% mínimo requerido por la norma ASTM A615 Grado 60.

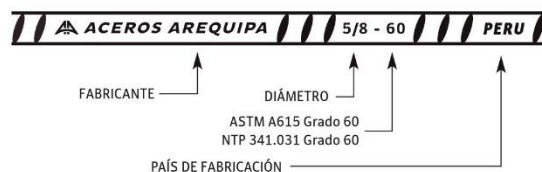
Los diámetros de doblado especificados por las Normas Técnicas para la pueba de doblado son:

DIÁMETRO BARRA (d)	6 mm	8 mm	3/8"	12 mm	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 3/8"
DIÁMETRO DOBLADO	3d	3d	3d	3d	3d	3d	5d	5d	7d
mm	18	24	28.6	36	38.1	47.6	95.3	127	244.5

"d" .- se considera el diámetro de la barra establecido por la norma ASTM A615

IDENTIFICACIÓN:

Los fierros son identificados por marcas de laminación en alto relieve que indican el fabricante, el diámetro, la norma, el grado del acero y el país de fabricación.



QCQA01-F100 / 06 / JUN19



CERTIFICATE N° 57219



CERTIFICATE N° 57220



CERTIFICATE N° 67221

CERTIFICACIÓN Y ACREDITACIÓN

Las barras de Aceros Arequipa son las únicas exclusivamente fabricadas en el Perú.

La certificación de calidad se sustenta en las pruebas y ensayos efectuados en nuestro laboratorio acreditado ante el Instituto Nacional de Calidad del Perú (INACAL).

PERÚ

LIMA: Av. Antonio Miró Quesada N° 425, piso 17, Magdalena del Mar. Tel. (51-01) 517 1800.

PISCO: Panamericana Sur Km. 240. Ica. Tel. (51-056) 58 0830.

AREQUIPA: Variante de Uchumayo Km 5.5, Cerro Colorado, Arequipa. Tel. (51-01) 517 1800.

BOLIVIA

SANTA CRUZ:

-Calle E - Lote 14 manzano A-08 Urbanización Cervecería Boliviana Nacional - Bellavista Viacha.

-Av. Hilbo N° 100, Zona El Kenko. Tel. (591) 75555819/77641658. E-mail: contactobolivia@caa.com.bo

SANTA CRUZ: Urb. Parque Industrial Latinoamericano, Unidad Industrial UI 06, Mz. 1, lote 4 - Warnes. Tel. (591) 75555819/77303688. E-mail: contactobolivia@caa.com.bo

Encuétranos en:

www.acerosarequipa.com

**ACEROS
AREQUIPA**



INTERTEK TESTING SERVICES PERU S.A.
certifica que este producto cumple con
los requisitos descritos en el DS
N° 001-2022 - PRODUCE. "Reglamento
Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado
en Edificaciones y Construcciones en General"



DESCRIPCIÓN

El cemento Yura MAX destaca por cumplir con los más exigentes estándares de la industria cementera, convirtiéndolo en una opción ideal para cualquier tipo de obra de infraestructura y construcción en general.

El cemento tipo HS, figura en el listado de bienes y servicios comunes en el SEACE (OSCE), por lo tanto, el Cemento YURA MAX, puede ser utilizado en una amplia variedad de proyectos y obras públicas, así como su participación en subastas electrónicas inversas.

Gracias a su formulación con componentes de alta calidad y la aplicación de tecnología avanzada en su fabricación, el cemento Yura MAX ofrece propiedades superiores que mejoran significativamente la durabilidad. Su factor R protege contra agregados dañinos y de baja calidad, otorgando mayor resistencia al ataque de sulfatos y proporcionando impermeabilidad a concretos y morteros. Está especialmente diseñado para resistir condiciones adversas como intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales), abrasión y otros tipos de deterioro.

La incorporación de puzolana natural de origen volcánico y su procesamiento en molinos de última generación aseguran un alto grado de finura y rendimiento.

Además, la fabricación del cemento Yura MAX está bajo estrictos estándares certificado ISO 9001 de gestión de calidad, ISO 14001 de gestión ambiental e ISO 45001 de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, garantizando así un producto de calidad superior y compromiso con la sostenibilidad.



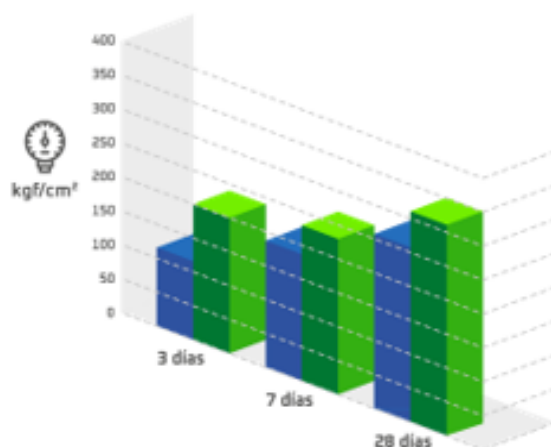
Gracias a la avanzada tecnología empleada en su fabricación y al uso de componentes naturales, este producto es amigable con el medio ambiente. Su proceso de producción reduce significativamente la emisión de CO₂, ayudando a reducir los gases de efecto invernadero.

DURABILIDAD

"Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción agresiva del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil".

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS		Requisitos Norma Técnica Peruana 334.082:2020 Norma Americana ASTM C 1157/C 1157M-20 CEMENTO TIPO HS	
REQUISITOS FÍSICOS		CEMENTO YURA MAX TIPO HS	
Densidad	g/cm ³	-	2.70 a 2.8
Expansión en Autoclave	%	máximo 0.80	-0.09 a 0.03
Tiempo de fraguado inicial Vicat	minutos	45 a 420	170 a 280
Contenido de aire	%	máximo 12	3 a 8
Expansión de la barra de mortero a 14 días	%	máximo 0.020	<0.020
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
3 días	kgf/cm ²	mínimo 112	150 a 200
7 días	kgf/cm ²	mínimo 184	190 a 230
28 días	kgf/cm ²	mínimo 255	270 a 310
RESISTENCIA A LOS SULFATOS			
Expansión a 6 meses	%	máximo 0.05	0.03 a 0.05
Expansión a 12 meses	%	máximo 0.10	0.04 a 0.05
Expansión a 18 meses	%	-	0.04 a 0.06

COMPARACIÓN RESISTENCIAS
A LA COMPRESIÓNCEMENTO YURA MAX TIPO HS VS
REQUISITOS NORMAS TECNICAS NTP 334.082

- Cemento Tipo HS
Norma técnica
NTP 334.082 (ASTM C1157)
- Cemento Yura MAX
Tipo HS



FACTOR R

El factor R, contrarresta las reacciones nocivas de los agregados de mala calidad, contribuyendo junto a la resistencia a los sulfatos y su mayor impermeabilidad, a alcanzar una máxima durabilidad.

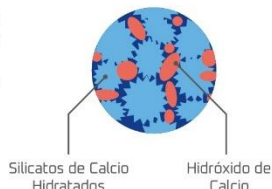
OTRAS PROPIEDADES

01
ALTA RESISTENCIA

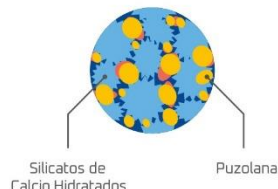
Gracias a su contenido de puzolana natural de origen volcánico, el cemento YURA MAX desarrolla con el tiempo resistencias a la compresión superiores a otros tipos de cemento. Los silicatos presentes en la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberado durante la hidratación del cemento, formando silicatos cálcicos que son compuestos hidráulicos. Estos proporcionan al cemento una resistencia adicional, superando a otros tipos que no contienen puzolana.

**CON
CEMENTO TIPO I**

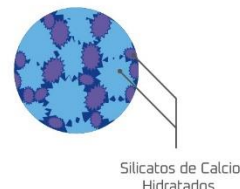
El cemento Tipo I produce un 75% de silicatos de calcio hidratados que generan resistencia a la compresión, el otro 25% es hidróxido de calcio que no ofrece resistencia y es susceptible a los ataques químicos, produciendo erosiones y/o expansiones.

**CON CEMENTO YURA MAX**

Hidróxido de calcio
reacciona con la puzolana



Reacción puzolánica
produce más Silicatos
de Calcio Hidratados

**02****RESISTENCIA AL ATAQUE
DE SULFATOS Y CLORUROS**

El hidróxido de calcio liberado durante la hidratación del cemento reacciona con los sulfatos, produciendo sulfato de calcio, lo que genera una expansión del 18%. Además, también se produce etringita, el compuesto responsable de la fisuración del concreto.

Gracias a la capacidad de la puzolana de Yura para fijar este hidróxido de calcio liberado y a su mayor impermeabilidad, el cemento YURA MAX es resistente a los sulfatos, cloruros y al ataque químico de otros iones agresivos.

El cemento YURA MAX supera ampliamente las resistencias al ataque de sulfatos del cemento tipo V, por lo que puede reemplazarlo en aplicaciones donde se especifique este tipo de cemento.

03**ULTRA IMPERMEABILIDAD**

El cemento YURA MAX, produce mayor cantidad de silicatos cálcicos, debido a la reacción de los silicatos de puzolana con los hidróxido de calcio producidos en la hidratación del cemento disminuyendo la porosidad, así el concreto se hace más impermeable y protege a la estructura metálica de la corrosión.

**BENEFICIOS
AMBIENTALES**

**Menor emisión de gases
de efecto invernadero**
durante su fabricación.



**Cemento fabricado con
menor emisión de CO2.**

04**CONTRARRESTA LA REACCIÓN
NOCIVA ÁLCALI - AGREGADO****05****MENOR CALOR DE HIDRATACIÓN**

La reacción química de hidratación del cemento genera calor, calentando la mezcla de concreto, lo que la expande y cuando esta reacción termina, se enfría y contrae, generando fisuras y grietas. El cemento YURA MAX, debido al contenido de puzolana reduce el calor generado en la reacción, disminuyendo la expansión térmica, evitando la presentación de fisuras en el concreto e impidiendo el ingreso de agentes externos dañinos.

RECOMENDACIONES
DE USO

- Curado adecuado con abundante agua.
- Mantener humectada la superficie para lograr la mayor resistencia y evitar fisuramiento por excesivo secado.
- Tomar precauciones para el adecuado curado en vaciados cuando se presenten bajas temperaturas.
- Asesorarse siempre con un profesional de la construcción/ingeniero civil.

RECOMENDACIONES
DE SEGURIDAD

- El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.
- Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:

Botas
impermeablesProtección
respiratoriaGuantes
impermeablesProtección
ocular

ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:



- Almacenar en recinto seco, bajo techo, separado de piso y paredes, protegido de la intemperie.



- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.



- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.



- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

PRESENTACIONES DISPONIBLES

BOLSAS DE 25 KG	Ergonómico. Ideal para proyectos pequeños y pocas áreas de almacenamiento.
BOLSAS DE 42.5 KG	Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
BIG BAG 1.5 TM	Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
GRANEL	Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

NORMAS TÉCNICAS

NORMA DE PAÍS	NORMA	DENOMINACIÓN
NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 334.082	Cemento Hidráulico de Alta Resistencia a los Sulfatos TIPO HS
NORMA AMERICANA	ASTM C1157	Hydraulic Cement High Sulfate Resistance TYPE HS
NORMA CHILENA OFICIAL	NCh 148.0F68	Cemento Pozolánico GRADO CORRIENTE
NORMA TÉCNICA ECUATORIANA	NTE INEN 2380	Cemento Hidráulico de Alta Resistencia a los Sulfatos TIPO HS
NORMA BOLIVIANA	NB 011	Cemento Pozolánico TIPO P 25
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA	NTC 121	Cemento Hidráulico de Alta Resistencia a los Sulfatos TIPO ARS
NORMA BRASILEIRA	NBR 16697	Cimento Portland Pozolánico TIPO CP IV-25 RS



EL CEMENTO YURA MAX TIPO HS, es un Cemento Hidráulico de Alta Resistencia a los Sulfatos, que cumple con la Norma Técnica Peruana NTP 334.082 y la Norma Americana ASTM C1157, según lo señalado en el Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado en edificaciones y construcciones en general (DS N° 001-2022-PRODUCE).



DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la Fecha de Fabricación (F.F.), utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de la Fecha Recomendada de Uso (F.U.) que se indica en el envase.



YURA S.A. RUC: 20312372895

Planta: Carretera a Yura km. 26 (Estación Yura) Yura - Arequipa

Telf.: (054) 49 5060

www.yura.com.pe

/CementoYuraPeru

HECHO EN PERÚ



vase



CELAPSA**MADE IN TAIWAN****100%
COBRE****Características**

Código Comercial: GPT-20	Marca: CELAPSA	País de Fabricación: Taiwán
Tipo de Cable(Clasificación): Cable Automotriz	Metraje: 100 Mts	
Color: Negro, Rojo, Verde, Amarillo, Blanco, Plomo, Rosado, Azul, Lila y Celeste.		
Conductor:	Material: Cobre Desnudo Construcción: 7 x 0.254mm Sección Transversal: 0.36mm ²	
Chaqueta Exterior:	Material: PVC Espesor: 0.76mm Diámetro: 2.3mm	
Temperatura de Operación:	-15°C ~ 70°C	
Características Eléctricas:	Resistencia de Conductor: 51.7Ω/Km Resistencia de Aislamiento: ≥ 10M Ω/Km	



RE-5C Portable Cu/CuSO₄ Reference Electrode

APPLICATION

- **Copper/Copper Sulfate Reference Electrode** with rugged ceramic plug has a conical shaped surface (RE-5C), designed for use in soft soils.
- High purity copper rod and robust Lexan tube.
- Electrode has a transparent "window" to view the condition of the saturated copper sulfate solution.
- The saturated copper sulfate solution is prepared (inside the Lexan tube) by the end user, according to the provided instructions.
- Supplied with a charge of copper sulfate crystals inside the Lexan tube.

MATERIAL SPECIFICATION	
Electrode Element	High Conductivity Copper to HD HC C101 specification
Electrode Media	CuSO Crystals or Specially formulated CUSO Gel
Body	Polypropylene end cap and Polycarbonate Lexan tube
Conductive Tip	Specially formulated Ceramics
PERFORMANCE DETAILS	
Operating Life	Indefinite when following manufacturer's instructions
Shelf Life	Indefinite when following manufacture's instructions
Stability	+ or – 5mV at 5μA
Temperature Range	0 - 75° C (32 - 167° F)
DIMENSIONAL DATA	
Electrode Body Diameter	36 mm (1.4") over the cap
Electrode Body Length	172 mm (6.75") without cable tail
Nominal Weight	141.7g (5.0 oz)
CABLE TAILS	
Standard Specification	Male 1/4-20 Threaded End with Thumb Nut
Manufacturer Note	Connector Mates directly with MCM data probes and submersible adapters.





MOVILAB DEL PERU S.A.C.

Equipos - Materiales y Reactivos para Laboratorio - Insumos Químicos Industriales
Diversas Aplicaciones: Aeronáutica - Textiles - Minería - Limpieza Industrial.
Fabricamos sobre Pedido, pequeñas y grandes cantidades.
Kits de Biología, Física y Química Educativa

CERTIFICADO DE ANALISIS

ALUMINIO EN TIRA

AI P.M. 26.98

LOTE : 0625-291124

PTO. DE FUSION : 660 °C

PTO.EB. : 2,500 °C.

IMPUREZAS

ARSENICO : MAX. 0.002 %

COBRE : MAX. 0.005

HIERRO : MAX. 0.005

MANGANESO : MAX. 0.005

PLOMO : MAX. 0.0005

SILICIO : MAX. 0.05

TITANIO : MAX. 0.005

ZINC : MAX. 0.005

FECHA DE PRODUCCION : NOVIEMBRE 2024

FECHA DE VENCIMIENTO : NOVIEMBRE 2034


LUIS A. LÓPEZ OBDÍAS
GERENTE

Av. Julio César Tello 660 Dpto- 201 Lince - Lima Telf.: 265-5221 / Cel.: 988464848

E-mail: movilabperu@hotmail.com



MOVILAB DEL PERU S.A.C.

Equipos - Materiales y Reactivos para Laboratorio - Insumos Químicos Industriales
Diversas Aplicaciones: Aeronáutica - Textiles - Minería - Limpieza Industrial.
Fabricamos sobre Pedido, pequeñas y grandes cantidades.
Kits de Biología, Física y Química Educativa

CERTIFICADO DE ANALISIS

ALAMBRE DE ZINC

ZN PM 65.38

LOTE : 3654-36524

IMPUREZAS

CADMIO	: MÁX. 0,0005 %
PLOMO	: MÁX. 0,001 %
HIERRO	: MÁX. 0,001 %
COBRE	: MÁX. 0,0005 %
ESTAÑO	: MÁX. 0,0001 %
ALUMINIO	: MÁX. 0,0005 %
OXÍGENO	: MÁX. 0,01 %

FECHA DE FABRICACION : NOVIEMBRE DEL 2024

FECHA DE VENCIMIENTO : NOVIEMBRE DEL 2029


LUIS A. LÓPEZ OBDALE
GERENTE
MOVILAB DEL PERU S.A.C.

Av. Julio César Tello 660 Dpto- 201 Lince - Lima Telf.: 265-5221 / Cel.: 988464848

E-mail: movilabperu@hotmail.com



MANGAS TERMOCONTRAIBLES

INFORMACIÓN TÉCNICA

PROPIEDADES FÍSICAS

PROPIEDAD	MÉTODO DE PRUEBA	RENDIMIENTO TÍPICO
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	ASTM D2671	10.4 MPA
ELONGACIÓN (%)	ASTM D2671	200
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DESPUES DE ENVEJECIMIENTO POR CALOR	UL 224 158°C X 168 HRS	≥ 7.3
ELONGACIÓN DESPUES DE ENVEJECIMIENTO POR CALOR	UL 224 158°C X 168 HRS	≥ 100
GOLPE DE CALOR	UL 224 250°C X 4 HRS	SIN GOTEOS SIN GRIETAS



PROPIEDADES ELÉCTRICAS

PROPIEDAD	MÉTODO DE PRUEBA	RENDIMIENTO TÍPICO
RESISTENCIA DIELECTRICA	IEC 243	≥ 15 KV/MM
RESISTIVIDAD DE VOLUMEN	IEC 93	≥ 1x10 ¹⁴ Ω .CM



PROPIEDADES QUÍMICAS

PROPIEDAD	MÉTODO DE PRUEBA	RENDIMIENTO TÍPICO
REACCIÓN A LA CORROSIÓN	UL 224 158°C X 168 HRS	CUMPLE
COMPATIBILIDAD DE COBRE	UL 224 158°C X 168 HRS	CUMPLE



RoHS