



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

Tema:

“ANÁLISIS DE LA TASA DE CORROSIÓN EN LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE ACERO ESTRUCTURAL A-36 MEDIANTE PROCESO SMAW CON LOS ELECTRODOS DE ACERO AL CARBONO UTILIZANDO UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO A BASE DE SOLVENTE”

AUTOR: Villegas Freire Luis Miguel

TUTOR: Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

AMBATO- ECUADOR

2019

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “ANÁLISIS DE LA TASA DE CORROSIÓN EN LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE ACERO ESTRUCTURAL A-36 MEDIANTE PROCESO SMAW CON LOS ELECTRODOS DE ACERO AL CARBONO UTILIZANDO UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO A BASE DE SOLVENTE” elaborado por el alumno Villegas Freire Luis Miguel, portador de la cédula de ciudadanía: 180434943-7, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico

- Que el trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

.....

Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TESIS

Yo, Luis Miguel Villegas Freire con C.I.: 180434943-7, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, declaro que las actividades y tareas realizadas para la obtención de resultados en el presente trabajo experimental con tema, “ANÁLISIS DE LA TASA DE CORROSIÓN EN LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE ACERO ESTRUCTURAL A-36 MEDIANTE PROCESO SMAW CON LOS ELECTRODOS DE ACERO AL CARBONO UTILIZANDO UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO A BASE DE SOLVENTE”, es de mi completa autoría a excepción de las fuentes bibliográficas que se encuentran citadas en el mismo.

Ambato, enero 2019

.....

Luis Miguel Villegas Freire

C.I. 180434943-7

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga este Proyecto Experimental parte de él, un documento para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimonial de mi Proyecto Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, enero 2019

.....

Luis Miguel Villegas Freire

C.I. 180434943-7.

AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Experimental realizado por el estudiante Luis Miguel Villegas Freire de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el Tema: “ANÁLISIS DE LA TASA DE CORROSIÓN EN LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE ACERO ESTRUCTURAL A-36 MEDIANTE PROCESO SMAW CON LOS ELECTRODOS DE ACERO AL CARBONO UTILIZANDO UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO A BASE DE SOLVENTE”

Ambato, enero 2019

Para constancia firman:

Ing. Mg. Juan Paredes

Ing. Mg. Oscar Analuisa

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios por poner a mi alcance todas las herramientas necesarias para conseguir esta meta, por darme fortaleza en los momentos difíciles y enseñarme que el camino de esfuerzo y sacrificio es el mejor a recorrer para conseguir grandes cosas.

A mis amados padres Luis Villegas y Maclovia Freire, que con su trabajo, esfuerzo y sacrificio han sido mi ejemplo de lucha y perseverancia para conseguir este logro, aquí su recompensa por su amor, su paciencia, su tiempo para estar a mi lado en cualquier lugar y a cualquier hora que yo los necesitaba, gracias por los valores que desde niño han sembrado en mi para cumplir todos mis sueños.

A mi hermana Cristina por su confianza, paciencia y apoyo incondicional fuiste mi base fundamental para cumplir esta meta, tu compañía y tus palabras en los momentos difíciles que me tocó vivir me hicieron fuerte y aquí estoy alcanzando mi sueño.

A mi hermano Omarcito la alegría de mi vida que con su manera de ser hace que cada instante sea único, el mejor hermano, mi confidente, mi amigo incondicional este triunfo es nuestro.

A mis pequeños demonios Gissel y Jeaslyn que con sus locuras hacen mi vida feliz, quiero ser su ejemplo de vida y enseñarles los mejores caminos para que cumplan todos sus sueños.

A mis queridos amigos, compañeros de mi vida universitaria Omar, Carito, Daniel, Katy gracias por el apoyo incondicional, por los momentos vividos, por las palabras acertadas en el instante preciso. Compartir con Uds. este proceso fue lo mejor del camino siendo el equipo ideal de trabajo para alcanzar este triunfo.

Luis Miguel

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su amor, por estar siempre conmigo dándome fortaleza cada día para ahora disfrutar esta alegría, por poner a las personas indicadas en mi camino durante mi vida universitaria que hicieron mi recorrido más fácil para cumplir este sueño.

A mi tutor de Tesis Ing. Mg. Henry Vaca por su guía para realizar este trabajo, que con sus conocimientos orientaron de manera acertada el desarrollo total de este análisis, es grato ilustrarse con personas con mentes científicas que buscan soluciones a problemas mediante estudios experimentales y bajo criterios fundamentados crear una teoría sólida para el desarrollo del mundo, gracias Ingeniero.

A la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y a mis maestros de la Carrera de Ingeniería Mecánica por abrirme sus puertas y acogerme para brindarme las enseñanzas necesarias y formarme como profesional.

Al Ingeniero Esteban López Director Técnico del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero por brindarme todas las facilidades en el Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos donde pude realizar el análisis experimental de este trabajo.

A los Ingenieros del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero en especial al Ingeniero Fernando Galarza Analista Técnico de Ensayos e Inspecciones por brindarme sus conocimientos mediante la realización del análisis.

A mi cuñado Ing. Mg. Cristian Santiana por su apoyo incondicional durante mi vida universitaria, gracias por la confianza, tiempo y enseñanzas brindadas para poder alcanzar mi meta.

A la familia Freire Pico por estar cada momento pendiente de mí, apoyándome en cada instante de mi vida y brindarme su cariño durante estos años.

Luis Miguel

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TESIS	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
RESUMEN EJECUTIVO	XIX
EXECUTIVE SUMMARY.....	XX
CAPÍTULO I.....	1
1 ANTECEDENTES.....	1
1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
CAPÍTULO II.....	4
2 FUNDAMENTACIÓN	4
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1.1 CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES.....	4
2.1.2 ACEROS	4
2.1.3 SOLDADURA SMAW.....	5
2.1.4 ELECTRODOS PARA ACEROS AL CARBONO	5
2.1.5 CORROSIÓN.....	8

2.1.6	TIPOS DE CORROSIÓN	9
2.1.7	EVALUACIÓN DEL DAÑO POR CORROSIÓN	11
2.1.8	EVALUACIÓN DEL GRADO DE CORROSIÓN	12
2.1.9	PINTURAS ANTICORROSIVAS	14
2.1.10	TIPOS DE PROCESOS PARA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS	15
2.1.11	ENSAYO DE NIEBLA SALINA	16
2.2	HIPÓTESIS	18
2.3	SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES	18
2.3.1	VARIABLE INDEPENDIENTE	18
2.3.2	VARIABLE DEPENDIENTE	18
2.3.3	TÉRMINO DE RELACIÓN	18
CAPÍTULO III		19
3	METODOLOGÍA	19
3.1	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	19
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	19
3.3	OPERACIÓN DE LAS VARIABLES	21
3.4	MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	22
3.5	MÉTODO DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	22
3.6	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	23
3.7	PROCEDIMIENTO	30
3.7.1	MATERIA PRIMA	31
3.7.2	MUESTRAS SOLDADAS DE ACERO ESTRUCTURAL A-36	31
3.7.3	INSPECCIÓN Y VALIDACIÓN DE LAS MUESTRAS	34
3.7.4	PREPARACIÓN DEL RECUBRIMIENTO	37
3.7.5	APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO	37

3.7.6	INSPECCIÓN DE LAS MUESTRAS CON RECUBRIMIENTO.....	38
3.7.7	REGISTRO Y TABULACIÓN DE DATOS.....	38
3.7.8	POSICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS EN LOS SOPORTES	39
3.7.9	PREPARACIÓN PARA EL ANÁLISIS EN LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA	41
3.7.10	CÁLCULO DE VOLUMEN DE SOLUCIÓN	41
3.7.11	CÁLCULOS.....	46
CAPÍTULO IV		48
4	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS RESULTANTES ...	48
4.1	TABULACIÓN DE LOS DATOS INICIALES, FINALES Y CALCULADOS	48
4.1.1	FICHA TÉCNICA DEL GRADO DE CORROSIÓN DE LAS MUESTRAS	103
4.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	121
4.2.1	EVALUACIÓN DE LA TASA DE CORROSIÓN	121
4.2.2	EVALUACIÓN DEL GRADO DE CORROSIÓN	128
4.3	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	130
4.3.1	NORMALIDAD DE LOS DATOS	130
4.3.2	VALIDACIÓN O RECHAZO DE LA HIPÓTESIS	135
CAPÍTULO V.....		139
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	139
5.1	CONCLUSIONES.....	139
5.2	RECOMENDACIONES	141
BIBLIOGRAFÍA.....		142
ANEXOS		144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Constante K para cálculo de la tasa de corrosión.	12
Tabla 2-2: Escala y descripción de las calificaciones de óxido para superficies de acero pintadas.	12
Tabla 3-1: Población de probetas a ensayar durante 24 horas.	20
Tabla 3-2: Grupos y tiempo de exposición de las probetas en la CNS.	20
Tabla 3-3: Especificaciones de la Variable Independiente.	21
Tabla 3-4: Especificaciones de la Variable Dependiente.	22
Tabla 3-5: Agrupación de las muestras para cada grupo que intervendrá en el análisis.	34
Tabla 4-1: Codificación de las Probetas.	48
Tabla 4-2: Valores promedios del proceso M18P.	121
Tabla 4-3: Tasa de corrosión promedio de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6011.	122
Tabla 4-4: Tasa de corrosión promedio de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6013.	123
Tabla 4-5: Tasa de corrosión promedio de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E7018.	125
Tabla 4-6: Tasa de corrosión promedio de los procesos de las juntas soldadas con los electrodos E6011, E6013 y E7018.	126
Tabla 4-7: Grado de corrosión en los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6011.	128
Tabla 4-8: Grado de corrosión en los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6013.	129
Tabla 4-9: Grado de corrosión en los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E7018.	130
Tabla 4-10: Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk.	131
Tabla 4-11: pValor de los datos de los 18 Procesos analizados.	136
Tabla 4-12: Selección y Clasificación de los Procesos.	137

ÍNDICE DE FICHAS TÉCNICAS

Ficha Técnica 4-1: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión M11P.	49
Ficha Técnica 4-2: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión M11B.	52
Ficha Técnica 4-3: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión G11P.	55
Ficha Técnica 4-4: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión G11B.	58
Ficha Técnica 4-5: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión C11P.	61
Ficha Técnica 4-6: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión C11B.	64
Ficha Técnica 4-7: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión M13P.	67
Ficha Técnica 4-8: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión M13B.	70
Ficha Técnica 4-9: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión G13P.	73
Ficha Técnica 4-10: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión G13B.	76
Ficha Técnica 4-11: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión C13P.	79
Ficha Técnica 4-12: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión C13B.	82
Ficha Técnica 4-13: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión M18P.	85
Ficha Técnica 4-14: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión M18B.	88
Ficha Técnica 4-15: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión G18P.	91
Ficha Técnica 4-16: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión G18B.	94
Ficha Técnica 4-17: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión C18P.	97
Ficha Técnica 4-18: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión C18B.	100
Ficha Técnica 4-19: Grado de Corrosión M11P.	103
Ficha Técnica 4-20: Grado de Corrosión M11B.	104
Ficha Técnica 4-21: Grado de Corrosión G11P.	105
Ficha Técnica 4-22: Grado de Corrosión G11B.	106
Ficha Técnica 4-23: Grado de Corrosión C11P.	107
Ficha Técnica 4-24: Grado de Corrosión C11B.	108
Ficha Técnica 4-25: Grado de Corrosión M13P.	109
Ficha Técnica 4-26: Grado de Corrosión M13B.	110
Ficha Técnica 4-27: Grado de Corrosión G13P.	111
Ficha Técnica 4-28: Grado de Corrosión G13B.	112
Ficha Técnica 4-29: Grado de Corrosión C13P.	113
Ficha Técnica 4-30: Grado de Corrosión C13B.	114
Ficha Técnica 4-31: Grado de Corrosión M18P.	115

Ficha Técnica 4-32: Grado de Corrosión M18B.	116
Ficha Técnica 4-33: Grado de Corrosión G18P.	117
Ficha Técnica 4-34: Grado de Corrosión G18B.	118
Ficha Técnica 4-35: Grado de Corrosión C18P.	119
Ficha Técnica 4-36: Grado de Corrosión C18B.	120

ÍNDICE DE FICHAS TÉCNICAS GRÁFICAS

Ficha Técnica Gráfica 4-1: Tasa de Corrosión vs Tiempo M11P.	51
Ficha Técnica Gráfica 4-2: Tasa de Corrosión vs Tiempo M11B.	54
Ficha Técnica Gráfica 4-3: Tasa de Corrosión vs Tiempo G11P.	57
Ficha Técnica Gráfica 4-4: Tasa de Corrosión vs Tiempo G11B.	60
Ficha Técnica Gráfica 4-5: Tasa de Corrosión vs Tiempo C11P.	63
Ficha Técnica Gráfica 4-6: Tasa de Corrosión vs Tiempo C11B.	66
Ficha Técnica Gráfica 4-7: Tasa de Corrosión vs Tiempo M13P.	69
Ficha Técnica Gráfica 4-8: Tasa de Corrosión vs Tiempo M13B.	72
Ficha Técnica Gráfica 4-9: Tasa de Corrosión vs Tiempo G13P.	75
Ficha Técnica Gráfica 4-10: Tasa de Corrosión vs Tiempo G13B.	78
Ficha Técnica Gráfica 4-11: Tasa de Corrosión vs Tiempo C13P.	81
Ficha Técnica Gráfica 4-12: Tasa de Corrosión vs Tiempo C13B.	84
Ficha Técnica Gráfica 4-13: Tasa de Corrosión vs Tiempo M18P.	87
Ficha Técnica Gráfica 4-14: Tasa de Corrosión vs Tiempo M18B.	90
Ficha Técnica Gráfica 4-15: Tasa de Corrosión vs Tiempo G18P.	93
Ficha Técnica Gráfica 4-16: Tasa de Corrosión vs Tiempo G18B.	96
Ficha Técnica Gráfica 4-17: Tasa de Corrosión vs Tiempo C18P.	99
Ficha Técnica Gráfica 4-18: Tasa de Corrosión vs Tiempo C18B.	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Elementos de la Soldadura SMAW.	5
Figura 2-2: Composición química, propiedades mecánicas, posición de soldeo, corriente y amperajes para el electrodo E6011.	6
Figura 2-3: Propiedades mecánicas, posición de soldeo, corriente y amperajes para el electrodo E6013.	7
Figura 2-4: Composición química, propiedades mecánicas, posición de soldeo, corriente y amperajes para el electrodo E7018.	7
Figura 2-5: Proceso electroquímico implicado en la formación de la herrumbre.	9
Figura 2-6: Ejemplos visuales de porcentajes de corrosión 1.....	13
Figura 2-7: Ejemplos visuales de porcentajes de corrosión 2.....	13
Figura 2-8: Ejemplos visuales de porcentajes de corrosión 3.....	14
Figura 2-9: Cámara de Niebla Salina.....	17
Figura 3-1: Platinas de acero A-36 de 6mm de espesor por 24 mm de ancho y 750 mm de largo.....	32
Figura 3-2: Biselado de las Platinas.....	32
Figura 3-3: Soldadura de las Platinas.	32
Figura 3-4: Ensayos no Destructivos a las platinas soldadas.....	33
Figura 3-5: Corte de la Platina de 750 mm en secciones de 21 mm.....	33
Figura 3-6: Remoción de la sobre monta de las probetas.	33
Figura 3-7: Probeta final previo a las limpiezas y la aplicación del recubrimiento..	34
Figura 3-8: Limpieza manual con lija.....	36
Figura 3-9: Limpieza mecánica con grata.....	36
Figura 3-10: Limpieza por chorro mediante sandblasting.	37
Figura 3-11: Aplicación del recubrimiento mediante pulverización y brochado.	37
Figura 3-12: Medición de las dimensiones de las probetas.	38
Figura 3-13: Medición de la masa de las probetas.....	38
Figura 3-14: Grupo A de probetas a ensayar 24 horas.	39
Figura 3-15: Grupo B de probetas a ensayar 48 horas.....	39
Figura 3-16: Grupo C de probetas a ensayar 76 horas.....	40
Figura 3-17: Grupo D de probetas a ensayar 96 horas	40
Figura 3-18: Grupo E de probetas a ensayar 120 horas.....	40

Figura 3-19: Posición y codificación de las probetas en los grupos.	41
Figura 3-20: Medición de la masa de la sal analítica.	42
Figura 3-21: Medición del volumen de agua Tipo IV.	42
Figura 3-22: Mezcla de la sal analítica y el agua Tipo IV.	43
Figura 3-23: Medición del pH de la solución salina.	43
Figura 3-24: Posicionamiento de las muestras en el interior de la cámara.	44
Figura 3-25: Sistema de control y regulación de la cámara de niebla salina.	44
Figura 3-26: Fluviómetro con solución salina recolectada en el interior de la cámara durante el ensayo.	45
Figura 3-27: Medición del pH de la solución recolectada en el fluviómetro.	46
Figura 4-1: Tasa de Corrosión vs Tiempo del proceso M18P.	121
Figura 4-2: Ilustración radial de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6011.	122
Figura 4-3: Ilustración en barras de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6011.	123
Figura 4-4: Ilustración radial de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6013.	124
Figura 4-5: Ilustración en barras de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6013.	124
Figura 4-6: Ilustración radial de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E7018.	125
Figura 4-7: Ilustración en barras de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E7018.	126
Figura 4-8: Ilustración radial de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con los electrodos E6011, E6013 y E7018.	127
Figura 4-9: Ilustración en barras de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con los electrodos E6011, E6013 y E7018.	127
Figura 4-10: Ilustración radial de los grados de corrosión en los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6011.	128
Figura 4-11: Ilustración radial de los grados de corrosión en los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6013.	129

Figura 4-12: Ilustración radial de los grados de corrosión en los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E7018.....	130
Figura 4-13: Gráfico Q-Q normal de la tasa de corrosión de las probetas soldadas con el electrodo E6011.....	132
Figura 4-14: Gráfico Q-Q normal sin tendencia de la tasa de corrosión de las probetas soldadas con el electrodo E6011.....	132
Figura 4-15: Gráfico Q-Q normal de la tasa de corrosión de las probetas soldadas con el electrodo E6013.....	133
Figura 4-16: Gráfico Q-Q normal sin tendencia de la tasa de corrosión de las probetas soldadas con el electrodo E6013.....	133
Figura 4-17: Gráfico Q-Q normal de la tasa de corrosión de las probetas soldadas con el electrodo E7018.....	134
Figura 4-18: Gráfico Q-Q normal sin tendencia de la tasa de corrosión de las probetas soldadas con el electrodo E7018.....	134
Figura 4-19: Diagrama de caja y de bigotes para los tres procesos SMAW E6011, E6013 y E7018.....	135

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Ficha Técnica del anticorrosivo a base de solvente.....	144
ANEXO B: Ficha Técnica de la Sal Analítica.	146
ANEXO C: Análisis agua destilada NOVACHEM	147
ANEXO D: Informe inspección visual y tintas penetrantes de las probetas	148
ANEXO E: NORMA ASTM B117.....	150
ANEXO F: NORMA ASTM D1193.....	162
ANEXO G: NORMA ASTM D610	165
ANEXO H: NORMA ASTM G1	171
ANEXO I: INFORME DEL ENSAYO DE NIEBLA SALINA.....	180
ANEXO J: POTENCIALES ESTÁNDAR DE REDUCCIÓN	183

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.

CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA.

ANÁLISIS DE LA TASA DE CORROSIÓN EN LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE ACERO ESTRUCTURAL A-36 MEDIANTE PROCESO SMAW CON LOS ELECTRODOS DE ACERO AL CARBONO UTILIZANDO UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO A BASE DE SOLVENTE.

Autor: Luis Miguel Villegas Freire

Tutor: Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo nace de la necesidad de validar procesos de ejecución de ensayos de corrosión en la cámara de niebla salina para caracterización de muestras en forma, dimensionamiento y una población que permita el fácil análisis de los especímenes una vez culminado el ensayo. En cuanto al campo industrial se analiza el comportamiento del acero con 18 procesos distintos para evaluar el procedimiento menos vulnerable a los valores de tasa de corrosión.

Bajo la Norma ASTM B117 se ejecutó el ensayo donde nos detalla los parámetros a codificar y controlar durante las 120 horas de tiempo de análisis. Mediante la Norma ASTM D610 se determinó el grado de corrosión de las muestras. La Norma G1 nos detalla el proceso de cálculo de la tasa de corrosión, para la post comparación mediante los valores obtenidos.

De los 18 procesos en el estudio tenemos tres procesos con tasa de corrosión igual a 0 (cero), como son M13B corresponde a una junta soldada con el electrodo E6013, con limpieza inicial manual (lija) y recubierta mediante brochado, M18B corresponde a una junta soldada con el electrodo E7018, con limpieza inicial manual (lija) y recubierta mediante brochado y G18B corresponde a una junta soldada con el electrodo E7018, con limpieza inicial mecánica (grata) y recubierta mediante brochado. Siendo los procesos menos vulnerables al proceso de corrosión.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO

FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING

CARRERA MECHANICAL ENGINEERING

ANALYSIS OF THE CORROSION RATE IN THE SALT MINE CHAMBER OF THE STRUCTURAL STEEL SOLDIER JOINTS A-36 BY SMAW PROCESS WITH CARBON STEEL ELECTRODES USING A SOLVENT-BASED ANTICORROSIVE COAT.

Author: Luis Miguel Villegas Freire

Tutor: Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

EXECUTIVE SUMMARY

The present work arises from the need to validate processes of execution of corrosion tests in the salt fog chamber for characterization of samples in shape, sizing and a population that allows easy analysis of the specimens once the test is completed. Regarding the industrial field, the behavior of steel with 18 different processes is analyzed to evaluate the procedure less vulnerable to the values of corrosion rate.

Under the ASTM B117 Standard, the test was executed, where it details the parameters to be codified and controlled during the 120 hours of analysis time. By means of the ASTM D610 Standard the degree of corrosion of the samples was determined. Standard G1 details the process of calculating the corrosion rate, for the post comparison using the values obtained.

Of the 18 processes established in the study we have three processes with corrosion rate equal to 0 (zero), such as M13B that corresponds to a joint welded with the electrode E6013, with manual initial cleaning (sandpaper) and coated by broaching, M18B which corresponds to a joint welded with the electrode E7018, with initial manual cleaning (sandpaper) and coated by broaching and G18B corresponding to a joint welded with the electrode E7018, with initial mechanical cleaning (pleasant) and coated by broaching. The processes are less vulnerable to the corrosion process.

CAPÍTULO I

1 ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

ANÁLISIS DE LA TASA DE CORROSIÓN EN LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE ACERO ESTRUCTURAL A-36 MEDIANTE PROCESO SMAW CON LOS ELECTRODOS DE ACERO AL CARBONO UTILIZANDO UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO A BASE DE SOLVENTE.

1.2 ANTECEDENTES

La corrosión y su incidencia en las propiedades físicas y químicas de los materiales desde años atrás ha sido tema importante de estudio con el fin de encontrar opciones de preservación y mantenimiento que garanticen el buen estado de las propiedades de los materiales.

National Association of Corrosion Engineers (NACE), la Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión fundada en 1943 por once ingenieros de la Industria de Gaseoducto dedicados a estudios de la corrosión. Organización líder mundial dedicada a estudiar la corrosión de todos los materiales con profesionales de distintas disciplinas desarrollando documentos de control, prevención, certificación y educación en la corrosión en los más de 300 comités técnicos en el mundo de esta organización [1]. Una de sus publicaciones NACE 3D170 Técnicas para monitorear la corrosión y parámetros relacionados en aplicaciones de campo, data las técnicas de evaluación de la corrosión con mediciones de forma directa o indirecta específicas para donde se produce la corrosión, llegando incluso a la combinación de técnicas de acuerdo a sus fortalezas y debilidades para cubrir un amplio campo de estudio [2].

En el Ecuador en la Escuela Politécnica Nacional en el 2011 Evelyn Mina realizó “Ensayos de corrosión metálica en Laboratorio y su Correlación con Ensayos de

Campo”, donde seleccionó 4 materiales para el estudio, cobre, acero al carbono, acero galvanizado y aluminio; el análisis fue realizado en la cámara de niebla salina para comparar con ensayos de campo realizados en el Centro de Investigación Aplicado a Polímeros, siendo el acero al carbono el más vulnerable a la corrosión en ambos casos [3].

En la misma Institución Educativa en el 2014 Chango Patricia realizó el “Análisis de los problemas de Corrosión en la Soldadura de los Aceros Inoxidables AISI 304L y 316L”, estudiando probetas soldadas con proceso GTAW sin y con precalentamiento ejecutando un ensayo de 1000 horas donde los especímenes presentaron una mínima pérdida de masa [4].

Otro análisis realizado fue “Estudio de la Agresividad Corrosiva en Medio Salino de Planchas Galvanizadas en Caliente, Sometidas a Esfuerzos de Tensión”, por Rodríguez Gabriel y Salinas Paco, realizaron un proceso de galvanización en caliente en planchas de acero grado 230, el ensayo con un tiempo de 1890 horas donde evaluaban 15 probetas cada 168 horas [5].

En la Universidad Técnica de Ambato 2017 Yépez Ámbar bajo la tutela del Ing. Mg. Henry Vaca realiza un ensayo “Estudio de Recubrimientos Anticorrosivos Aplicados sobre Aceros A-36 y su Incidencia en la Tasa de Corrosión Utilizando la Cámara de Niebla Salina”, según la norma ASTM B117 con 120 horas de ensayo; las probetas con tres tipos de limpieza manual, mecánica y por chorro abrasivo fueron recubiertas por tres tipos de recubrimientos anticorrosivos bajo dos procesos el de pulverización y el brochado [6].

1.3 JUSTIFICACIÓN

El presente estudio tiene como objetivo analizar la corrosión en la soldadura realizada con los electrodos de acero al carbono mediante proceso SMAW en el acero estructural A-36, que luego de ser aplicado un recubrimiento anticorrosivo a base de solvente, será analizado mediante un ensayo en un ambiente salino, para comparar la tasa de corrosión que presentan los tres tipos de soldadura una vez culminado el ensayo.

En el Ecuador la industria metalmecánica se ha desarrollado en un alto porcentaje y a gran velocidad siendo el acero la principal materia prima. Nuestra provincia Tungurahua ocupa un importante porcentaje en la industria metalmecánica siendo la carrocera, agroindustrial, alimenticia, reparación y mantenimiento de maquinaria pesada entre otras necesariamente trabajan con el acero y procesos de soldadura en función de la necesidad de construcción. La corrosión proceso por el cual los materiales se deterioran teniendo así consecuencias de seguridad, preservación de materiales y económicas, de aquí la necesidad de controlar la corrosión que garantice confort humano, larga vida útil de los materiales y ahorro económico de la industria. Es de vital importancia este estudio ya que con ello se observará la evolución de la corrosión en los especímenes mediante un ensayo de corrosión acelerada, aportando en su totalidad a la industria metalmecánica que permitirá planificación de procesos de soldadura, elección de recubrimientos y procesos de mantenimiento que garantizarán una mayor vida útil de los materiales y con ello el prestigio de las empresas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la tasa de corrosión en la cámara de niebla salina de las juntas soldadas de acero estructural A-36 mediante proceso SMAW con los electrodos de acero al carbono utilizando un recubrimiento anticorrosivo a base de solvente.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer procesos de preparación de probetas soldadas del acero estructural A-36.
- Realizar las probetas con los procesos establecidos mediante un proceso SMAW y con los electrodos E6011, E6013 y E7018.
- Establecer procesos de preparación para la aplicación del recubrimiento y realización del ensayo en la cámara de niebla salina.
- Determinar la tasa de corrosión de las probetas del acero estructural A-36.
- Evaluar y establecer la junta con menor afectación corrosiva que se obtiene concluido el ensayo.

CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

La evolución del hombre y los materiales han dado lugar a estos términos como características auténticas para establecer fundamentos empíricos y científicos que nos garanticen la identificación de las propiedades y estructuras de los materiales. La Ciencia de los materiales que hace su estudio investigativo de la relación entre las propiedades y la estructura de los materiales, en cambio, la Ingeniería de los materiales hace su estudio con el diseño y proyección de estructuras de un material con el fin de llegar a un conjunto de propiedades que lo caracterice [7].

Dos términos que yendo de la mano buscan el bien común en nuestros tiempos entre la naturaleza y el hombre, creando, innovando e investigando materiales que cumplan funciones iguales o superiores a materiales existentes y no muy amigables con el ambiente [7].

2.1.2 ACEROS

Los aceros constituidos principalmente por una aleación de hierro y carbono estando en los rangos siguientes hasta el 0.3% de contenido en peso de carbono, denominado acero de bajo carbono, de 0.3-0.6 % denominado como un acero de medio carbono, de 0.6-0.77 % están los aceros de alto carbono y menores al 2.14 % los aceros comúnmente denominados aceros de herramientas. Todos estos con pequeños porcentajes de elementos como Mn, P, Si y S, para mejorar las propiedades mecánicas de los aceros y en porcentajes específicos de elementos como Ni, Cr, Mo, V, W y Mn con el fin de dar características especiales y propiedades para las aplicaciones ingenieriles. Siendo la cantidad de carbono el elemento de caracterización de propiedades y los posibles tratamientos térmicos aplicables a los aceros [8].

El acero estructural A-36 objeto de nuestro estudio clasificado como un acero de bajo carbono (0.25-0.29% C), con un esfuerzo mínimo a la fluencia de 36300 PSI, esfuerzo a la tensión en el rango de 58000-79800 PSI, muy dúctil y trabajable por la cantidad de carbono, específico para trabajos de componentes estructurales remachados, atornillados y soldados [8].

2.1.3 SOLDADURA SMAW

SMAW (del inglés Shielded Metal Arc Welding), la soldadura de arco con metal revestido, técnica que requiere de calor, metal base y una varilla de aporte revestido consumible (electrodo) [9]. Una pinza sostiene al electrodo por el cual se hace circular una corriente eléctrica proveniente de una fuente, sea alterna o directa, entre el electrodo y el metal base se genera un arco eléctrico alcanzando temperaturas entre 4000 y 5000 °C, derritiéndose el electrodo en el metal base y a la vez el revestimiento de la varilla de aporte se combustiona generando una atmósfera de protección hacia el metal base de humedad y gases contaminantes como se indica en la Figura 2-1. [10].

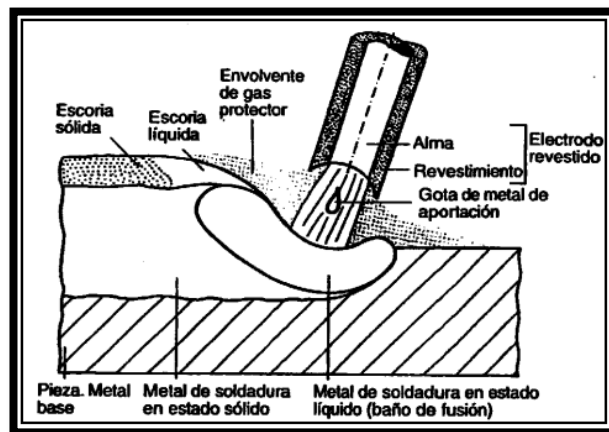


Figura 2-1: Elementos de la Soldadura SMAW.
Fuente: [11]

2.1.4 ELECTRODOS PARA ACEROS AL CARBONO

Con la especificación AWS A5.1, referente a los electrodos para soldar aceros al carbono, brinda esta designación para electrodos con revestimiento:

EXXXY

E = Electrodo para suelda manual por arco.

XX = Resistencia mínima a la tensión en ksi.

YY = Posición de soldadura, tipo de revestimiento y tipo de corriente para el cual es adecuado el electrodo. [12]

2.1.4.1 ELECTRODO E6011

Electrodo con revestimiento celulósico color blanco punta azul para soldaduras de penetración en todas las posiciones, se lo utiliza con corriente alterna o continua (electrodo positivo), ideal para aplicaciones con acero de bajo carbono, la Figura 2-2 indica su composición química, características mecánicas y amperajes recomendados [13].

C	0.08-0.12%	Mn	0.4-0.6%	Si	0.25%
Resistencia a la Tracción		Elongación		Resistencia al Impacto	
48-51 kg / mm ²		24-26%		CHARPY - V	
68.000 a 72.000 lbs./pulg ²				Joules 55 - 75 (-29°C)	
Para corriente alterna o continua Electrodo al polo positivo					
ømm	øPulg.	Amperaje			
2.50	3/32	70- 90			
3.20	1/8	90-120			
4.00	5/32	120-150			
5.00	3/16	150-180			

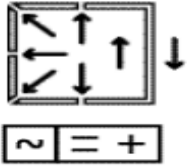


Figura 2-2: Composición química, propiedades mecánicas, posición de soldeo, corriente y amperajes para el electrodo E6011.

Fuente: [13]

2.1.4.2 ELECTRODO E6013

Electrodo con revestimiento rutílico color azul punta azul para soldaduras de acero bajo en carbono sin aleaciones en todas las posiciones, se lo utiliza con corriente alterna o continua (electrodo positivo o negativo), ideal para aplicaciones de estructuras, carrocerías y carpintería metálica, excelente acabado y fácil remoción de escoria, la Figura 2-3. indica sus características mecánicas y amperajes recomendados [13].

Resistencia a la Tracción		Elongación
48-56 kg./mm ²		20 - 22 %
68.000-80.000 lbs/pulg ²		
Para corriente alterna o continua Electrodo al polo negativo y positivo.		
∅mm.	∅Pulg.	Amperaje
2.5	3/32	60 - 85
3.20	1/8	100 - 130
4.00	5/32	140 - 180

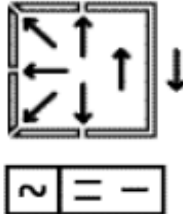


Figura 2-3: Propiedades mecánicas, posición de soldeo, corriente y amperajes para el electrodo E6013.

Fuente: [13]

2.1.4.3 ELECTRODO E7018

Electrodo con revestimiento de bajo hidrógeno con polvo de hierro para soldaduras de aceros con alta resistencia a la tracción en todas las posiciones, se lo utiliza con corriente alterna o continua (electrodo positivo), ideal para aplicaciones de elementos sometidos a grandes presiones, mínima chisporroteo, excelente acabado y fácil remoción de escoria, la Figura 2-4. indica su composición química, características mecánicas y amperajes recomendados [13].

C	0.08%	Mn	1.0%	Si	0.6%
Resistencia a la Tracción		Elongación		Resistencia al Impacto	
54-57 kg/mm ²		30 - 34%		CHARPY-V	
76.000				Jooles	
81.000 lbs/pulg ²				70 - 90 (-29°C)	
Para corriente continua o alterna Electrodo al polo positivo					
∅ mm	∅ Pulg.	Amperaje			
3.20	1/8	100-140			
4.00	5/32	140-190			
5.00	3/16	190-250			

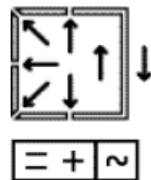
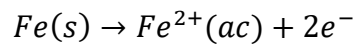


Figura 2-4: Composición química, propiedades mecánicas, posición de soldeo, corriente y amperajes para el electrodo E7018.

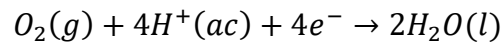
Fuente: [13]

2.1.5 CORROSIÓN

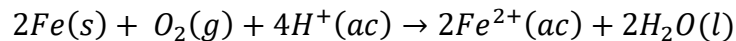
La corrosión es el proceso de deterioro de los metales por un proceso electroquímico provocando daños considerables en construcciones con este material afectando de gran forma el aspecto económico empresarial. Las reacciones implicadas son muy complejas y todavía no se conocen en su totalidad, se cree que las principales etapas son las siguientes. Una parte de la superficie del metal funciona como ánodo, donde se lleva a cabo la oxidación. [14]



Los electrones donados por el hierro reducen el oxígeno atmosférico a agua en el cátodo que, a su vez, es otra región de la misma superficie del metal: [14]



La reacción redox global es



Con los datos de la Tabla 19.1 (ANEXO J) encontramos la fem estándar para este proceso:

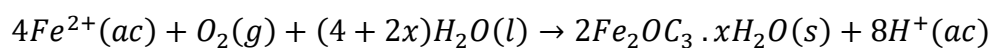
$$E_{celda}^{\circ} = E_{cátodo}^{\circ} - E_{ánodo}^{\circ}$$

$$E_{celda}^{\circ} = 1.23V - (-0.44V)$$

$$E_{celda}^{\circ} = 1.67V$$

Observe que esta reacción se lleva a cabo en medio ácido: parte de los iones H^{+} provienen de la reacción del dióxido de carbono atmosférico con el agua con la que se forma H_2CO_3 . [14]

Los iones Fe^{2+} que se formaron en el ánodo se oxidan posteriormente por el oxígeno: [14]



Ésta forma hidratada de Óxido de Hierro (III) es lo que se conoce como herrumbre. La cantidad de agua asociada con el óxido de hierro es variable, así que la formula se representa como $Fe_2OC_3 \cdot xH_2O$. [14]

En la Figura 2-5 se muestra el mecanismo de formación del óxido de hierro. El circuito eléctrico se completa por la migración de electrones y de iones: esto explica por qué la oxidación es tan rápida en el agua salada. [14]

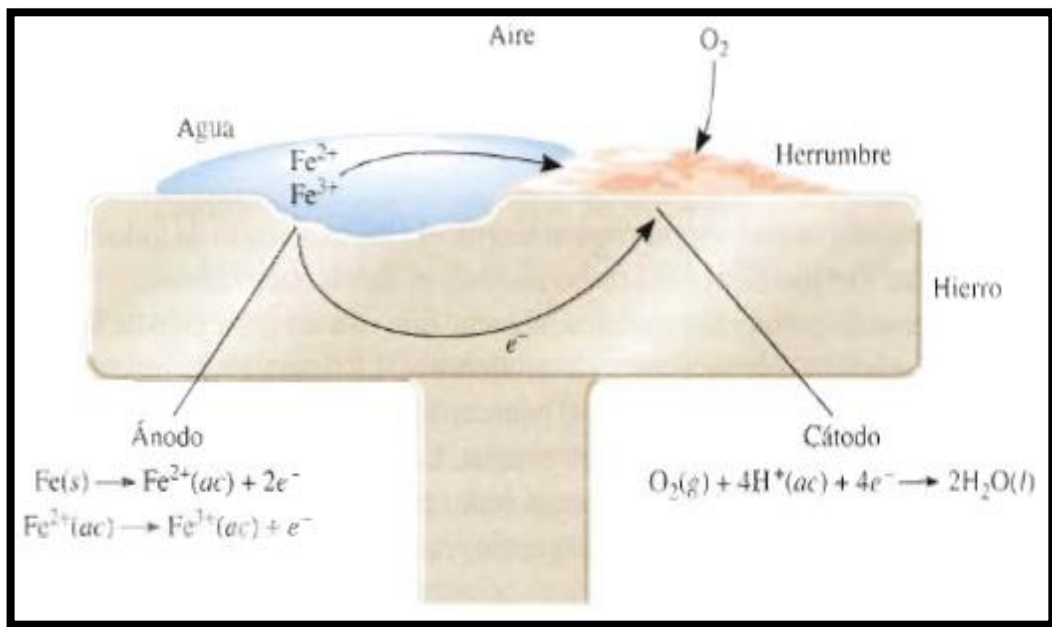


Figura 2-5: Proceso electroquímico implicado en la formación de la herrumbre.

Autor: [14]

2.1.6 TIPOS DE CORROSIÓN

La corrosión tiene distintas formas de manifestarse sobre las superficies que mostrando forma, tamaño y localización específico en el material se la ha clasificado en los siguientes tipos más comunes [15].

2.1.6.1 ATAQUE UNIFORME

El ataque uniforme se genera mediante una reacción electroquímica sobre todo o un área considerable de material expuesto donde el material tiende a perder espesor razón por la cual puede llegar a fallar. Técnicamente el efecto no es de consideración y se lo puede prevenir con recubrimientos o protecciones catódicas [15].

2.1.6.2 CORROSIÓN GALVÁNICA

La corrosión galvánica se produce cuando metales diferentes sometidos a una solución corrosiva tienen contacto generando una diferencia de potencial, siendo el más afectado el metal menos resistente y contribuyendo a que el metal más resistente se corra en lo más mínimo posible. El metal menos resistente se convierte en ánodo y más resistente en cátodo, de aquí el concepto de la protección anódica al metal como una forma eficaz para prevenir la corrosión [15].

2.1.6.3 CORROSIÓN DE LA GRIETA

La corrosión de la grieta se produce en las anomalías de las superficies metálicas tales como poros o grietas o a su vez en los orificios realizados para los tornillos, pernos o remaches de los elementos metálicos [15].

2.1.6.4 PICADURAS

Las picaduras son pequeños orificios bien localizados en la superficie del material, con diámetros pequeños y grandes. En la mayoría de casos es muy difícil de detectar este efecto debido a que su diámetro es muy pequeño, siendo el efecto de corrosión más destructivo debido a la perforación, difícil de predecir aun mediante estudios de laboratorio lo que hace que el elemento falle muy rápidamente [15].

2.1.6.5 CORROSIÓN INTERGRANULAR

La corrosión intergranular ocurre debido a impurezas en los límites del grano siendo estos corroídos cuando el metal se corroe ya que son más reactivos que la matriz, provocando la desintegración de la aleación o la pérdida de su fuerza. Este tipo de efecto no es de mucha consideración [15].

2.1.6.6 LIXIVIACIÓN SELECTIVA

La lixiviación selectiva corresponde al proceso de desprendimiento de un elemento de la aleación por causa del efecto de corrosión. Un ejemplo claro es el desprendimiento del zinc en las láminas metálicas que cubren los techos [15].

2.1.6.7 CORROSIÓN POR EROSIÓN

La corrosión por erosión presenta un patrón direccional de surcos sobre el material, las fallas de los elementos son inesperados y ocurren en tiempos cortos [15].

2.1.6.8 CORROSIÓN BAJO TENSIÓN

La corrosión bajo tensión causa un agrietamiento del elemento metálico por causa de la corrosión en combinación con las tensiones constantes a la que está sometida el material, donde las tensiones pueden ser debido a esfuerzos interiores o a cargas exteriormente aplicadas, en este caso tenemos la formación de grietas por causa de la discontinuidad de las capas protectoras y por consiguiente la propagación de estas grietas por el material generando la falla del material [15].

2.1.7 EVALUACIÓN DEL DAÑO POR CORROSIÓN

Según la norma ASTM G1 se realiza la evaluación cuantitativa de la tasa de corrosión por pérdida de masa, donde se realiza un proceso de preparación, limpieza, dimensionamiento y medición de masa de las probetas previo al análisis, así como, limpieza de los productos corrosivos, dimensionamiento y medición de masa de las muestras post el ensayo para el cálculo respectivo. Establecido los parámetros antes mencionados y cálculos auxiliares necesarios (área y pérdida de masa de la probeta) la tasa de corrosión promedio se puede obtener con la siguiente expresión [16]:

$$Tasa\ de\ Corrosión = \frac{K \times W}{A \times T \times D} \quad \text{Ec. 1 [16]}$$

dónde:

- K = Una constante
- T = Tiempo de exposición (horas)
- A = Área en cm^2 ,
- W = Pérdida de masa (gramos), y
- D = Densidad en g/cm^3 (ver Apéndice X1 ANEXO H)

Tabla 2-1: Constante K para cálculo de la tasa de corrosión.

Unidades deseadas de velocidad de corrosión	Constante (K) en la corrosión
	Ecuación de tasa
mils por año (<i>mpy</i>)	$3,45 \times 10^6$
pulgadas por año (<i>ipy</i>)	$3,45 \times 10^3$
pulgadas por mes (<i>ipm</i>)	$2,87 \times 10^2$
milímetros por año (<i>mm/y</i>)	$8,76 \times 10^4$
micrómetros por año ($\mu m/y$)	$8,76 \times 10^7$
picómetros por segundo (<i>pm/s</i>)	$2,87 \times 10^6$
gramos por metro cuadrado por hora (g/m^2h)	$1,00 \times 10^4 \times D$
miligramos por decímetro cuadrado por día (<i>mdd</i>)	$2,4 \times 10^6 \times D$
microgramos por metro cuadrado por segundo ($\mu g/m^2s$)	$2,78 \times 10^6 \times D$

Fuente: [16]

2.1.8 EVALUACIÓN DEL GRADO DE CORROSIÓN

Método de evaluación cualitativo para superficies de acero pintadas mediante inspección visual descrita detalladamente en la norma ASTM D610. La norma establece el proceso de evaluación de las muestras mediante la visualización, el porcentaje, grado y localización de la oxidación en las superficies de las probetas, determinaran el grado de corrosión descrita en la Tabla 2-2 donde nos indica los valores de los parámetros antes citados [17]:

Tabla 2-2: Escala y descripción de las calificaciones de óxido para superficies de acero pintadas.

Grado de óxido	Porcentaje de superficie oxidada	Ejemplos visuales		
		Puntual (S)	General (G)	Específico (P)
10	Menor o igual al 0.01 %	-	-	-
9	Más del 0,01 % y hasta el 0,03 %	9-S	9-G	9-P
8	Más del 0,03 % y hasta el 0,1 %	8-S	8-G	8-P
7	Más del 0,1 % y hasta el 0.3 %	7-S	7-G	7-P
6	Más del 0,3 % y hasta el 1 %	6-S	6-G	6-P
5	Más del 1 % y hasta el 3 %	5-S	5-G	5-P
4	Más del 3 % y hasta el 10 %	4-S	4-G	4-P
3	Más del 10 % y hasta el 16 %	3-S	3-G	3-P
2	Más del 16 % y hasta el 33 %	2-S	2-G	2-P
1	Más del 33 % y hasta el 50 %	1-S	1-G	1-P
0	Más del 50 %	-	-	-

Fuente: [17]

Los gráficos de esta Norma nos ayudan de mejor manera a evaluar las superficies de las probetas ensayadas con la siguiente jerarquía:

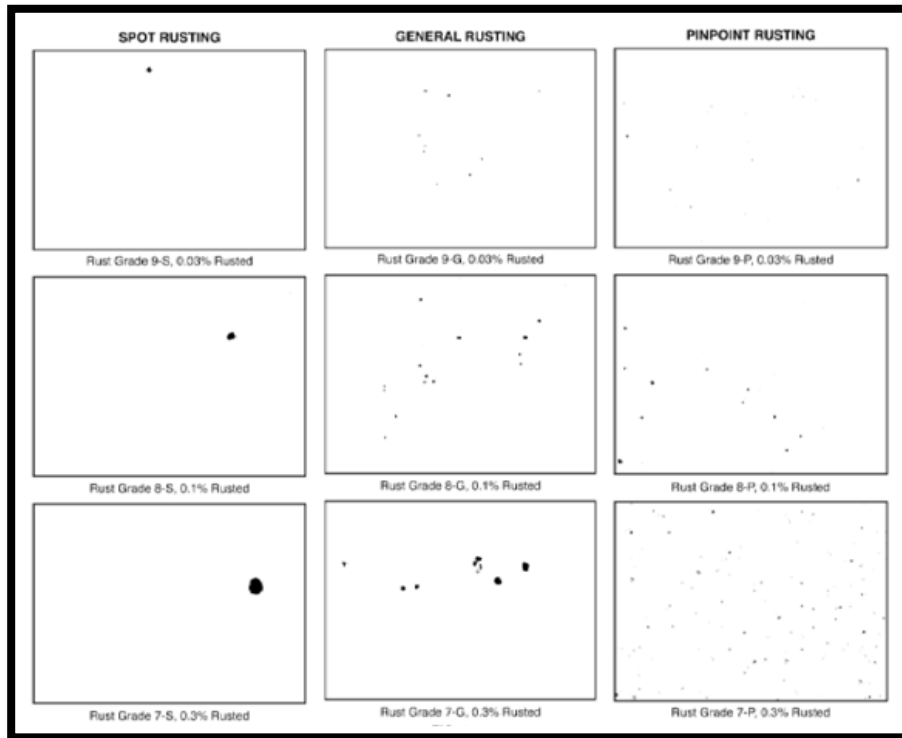


Figura 2-6: Ejemplos visuales de porcentajes de corrosión 1.

Fuente: [17]

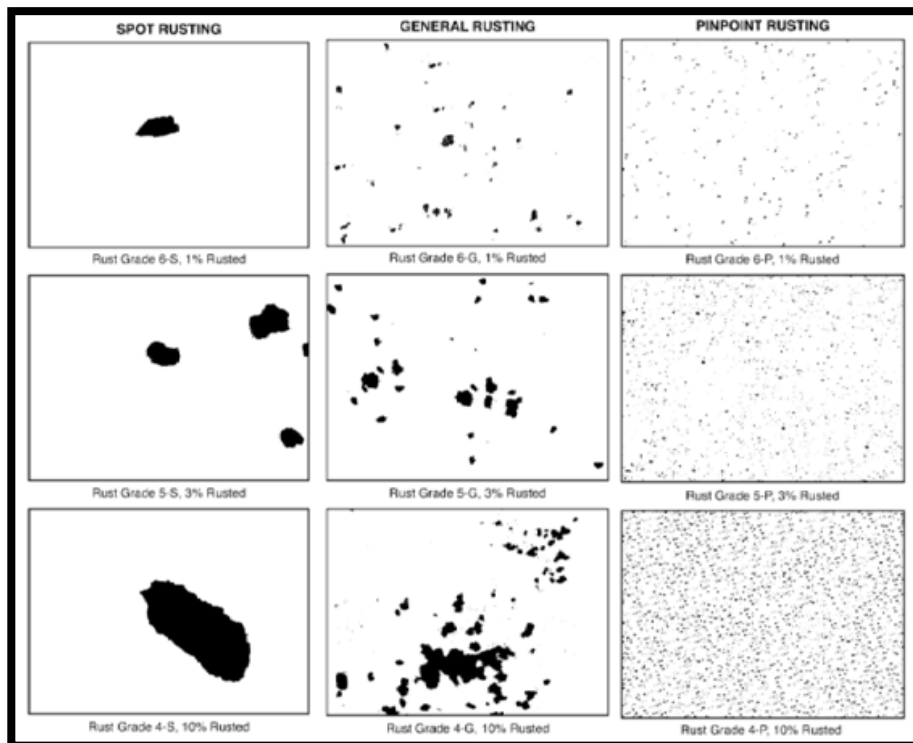


Figura 2-7: Ejemplos visuales de porcentajes de corrosión 2.

Fuente: [17]

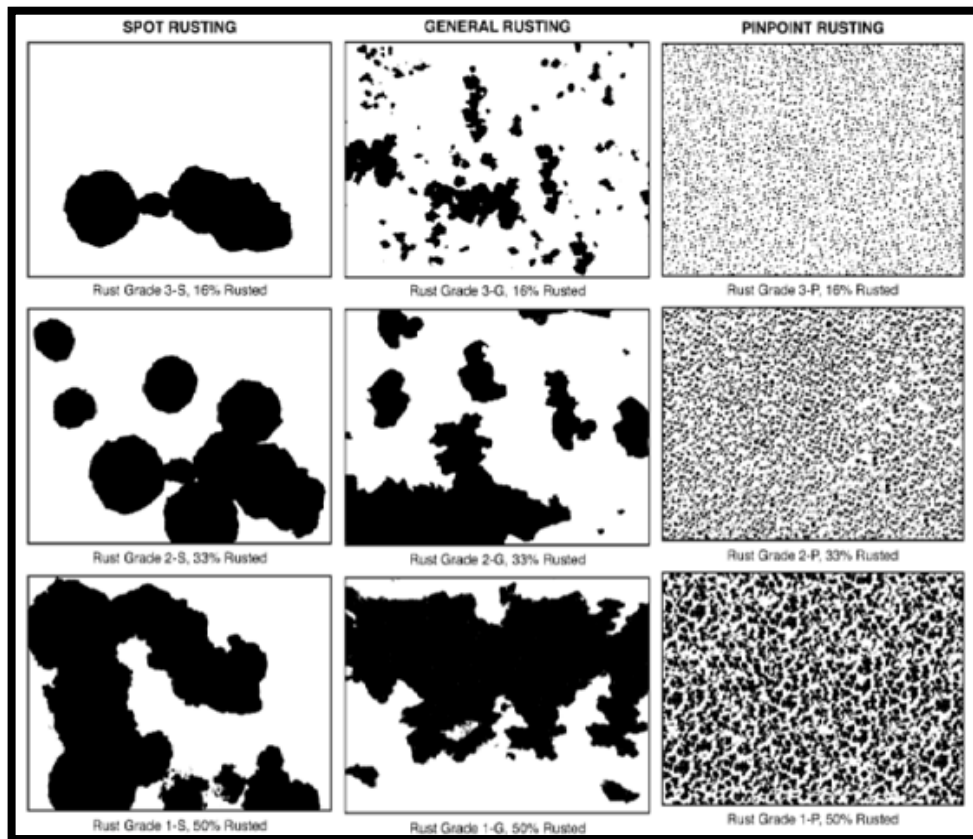


Figura 2-8: Ejemplos visuales de porcentajes de corrosión 3.
Fuente: [17]

2.1.9 PINTURAS ANTICORROSIVAS

Las pinturas anticorrosivas producto a bajo costo de mayor eficiencia en el campo laboral cuya función principal es la protección del fenómeno de la corrosión en diferentes condiciones tales como, exposición ambiental, bajo tierra, inmersa en soluciones acuosas, para aumentar la vida útil de los materiales metálicos [18].

Están compuestos de sustancias adhesivas, impermeables y un pigmento inhibidor de corrosión muy eficaz. Para mayor eficiencia de estos recubrimientos dependen mucho de una pintura media, su función principal es la de mejorar la adhesión del anticorrosivo al material y de una pintura de terminación la cual crea una película de protección al anticorrosivo y sobre todo brinda la estética final de presentación de acabado de los materiales recubiertos [19].

2.1.10 TIPOS DE PROCESOS PARA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS

2.1.10.1 PULVERIZACIÓN

Este método de recubrimiento de materiales se lo puede realizar mediante sopletes o por airless (spray). Los sopletes más comunes usados son los de baja presión que empuja la pintura a través de un flujo de aire, esta combinación pintura – aire constituye un parámetro influyente significativo en la calidad de la aplicación y el acabado [20].

Los parámetros de control para la salida del flujo de pinturas hacia las áreas de recubrimiento son muy sencillas en este método, siendo así el caudal a pulverizar es controlado por la viscosidad de la pintura, la ubicación de la aguja y la presión del aire controlan la combinación pintura – aire y como último parámetro a controlar es el abanico que saldrá de la boquilla de la pistola que es ajustada mediante un tornillo [20].

La pistola se alimenta de pintura mediante tres sistemas conocidos y usados comúnmente, estos son, por succión donde el tanque de pintura se encuentra debajo de la pistola y utilizada para recubrimientos de baja viscosidad, por gravedad aquí el recipiente esta encima de la pistola y se lo utiliza para recubrimientos de viscosidad media y por presión donde la pintura es empujada hacia la pistola por acción de la presión del aire que este ejerce sobre el espacio libre de la pintura y el recipiente y se lo aplica con recubrimientos de alta viscosidad [20].

2.1.10.2 BROCHADO

El brochado es la técnica más sencilla para aplicar el recubrimiento en los materiales y es el método más antiguo que sigue vigente en la actualidad. La calidad del acabado y el tamaño del área a recubrir son los parámetros principales a tomar en cuenta para elegir el pincel o la brocha para el pintado [20].

Existe un sinnúmero de marcas, tipos y calidades de brochas o pinceles que marcan la diferencia en cuanto a comodidad del pintor al realizar el trabajo y la calidad de acabado superficial, siendo así que se distinguen estos artefactos por el origen de sus cerdas como son cerdas de origen animal, vegetal y sintético. Otros parámetros que

marcan significativamente diferencias es el acabado de las puntas de las cerdas, la longitud, las propiedades mecánicas (flexibilidad) y la densidad [20].

Luego de la utilización de los pinceles o las brochas es recomendable lavarlas con el disolvente de la pintura utilizada de esta manera evitaremos su deformación para futuros usos garantizando siempre el acabado superficial de alta calidad en cada aplicación [20].

2.1.11 ENSAYO DE NIEBLA SALINA

El ensayo de niebla salina es un método de corrosión acelerada que tiene como fin analizar la capacidad de resistencia de los materiales o los recubrimientos al ser sumergidos dentro de una cuba durante algún tiempo con parámetros controlados donde comienza una afectación por un ambiente corrosivo generado en el interior de la cuba [21].

Las condiciones y los parámetros a controlar vienen detallados en las normas y especificaciones que se utilizaran en el análisis dependiendo de los materiales, recubrimientos y ambientes corrosivos a evaluar.

2.1.11.1 CÁMARA DE NIEBLA SALINA

Cuba de volumen considerable construida con materiales resistentes a las temperaturas que ingresa en su interior y no vulnerable al ambiente corrosivo, su diseño es específico con el fin de generar simplemente el ambiente corrosivo siendo así su tapa cobertera con una presentación de techo inclinado 30° con el fin de que las gotas condensadas recorran el techo y se deslicen sobre las paredes de la cuba y no caigan directamente sobre las muestras, con respecto a la torre de pulverización ubicada en la parte superior media de la cámara para garantizar la distribución uniforme de la niebla, y la alimentación de la solución salina mediante un reservorio exterior a la cámara de 120 litros aproximadamente conectado a la cuba mediante una manguera de 10 mm de diámetro que mediante una bomba de impulso con regulación inyecta la solución salina [22].

El sistema de control ubicada en la parte frontal derecha permite la manipulación y la programación de los parámetros específicos que generaran el ambiente corrosivo

constante durante el tiempo que dure el ensayo, siendo estos, el caudal de la solución, la temperatura de la cámara, la presión de pulverización y el tiempo de duración del ensayo, además a esto el pulsador de marcha-paro de la cámara [22].

Principalmente para programación de los datos antes mencionados la cámara de niebla salina requiere de una conexión monofásica 220V alimentación neumática de 3 – 6 bares de presión y una alimentación hidráulica de 2 – 4 bares de presión para su funcionamiento normal [22].



Figura 2-9: Cámara de Niebla Salina.

Fuente: Autor

El Centro de Fomento Metalmeccánico Productivo Carrocero de la Provincia de Tungurahua Cantón Ambato Sector Catiglata cuenta con la cámara de niebla salina DYCOMETAL SSC 400 es decir que tiene un volumen de 400 litros de espacio para los análisis de los materiales. En este laboratorio y con este equipo se llevará a cabo el ensayo de corrosión acelerada bajo la Norma ASTM B117 y el complemento de procesos e instructivos más adelante detallados.

2.2 HIPÓTESIS

El análisis de la corrosión en la cámara de niebla salina de las juntas soldadas de acero A-36 mediante proceso SMAW con electrodos de acero al carbono utilizando un recubrimiento anticorrosivo a base de solvente, determinará la junta con menor tasa de corrosión.

2.3 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES

2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Juntas soldadas de acero A-36 mediante proceso SMAW con electrodos de acero al carbono utilizando un recubrimiento anticorrosivo a base de solvente.

2.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Tasa de corrosión.

2.3.3 TÉRMINO DE RELACIÓN

Efecto.

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Explícita: Además de describir el problema busca una relación causal con la solución mediante una estructuración investigativa para llegar a un fin.

Causa. - Estudio de la tasa de corrosión en las probetas de acero A-36 soldadas con proceso SMAW y recubiertas con un anticorrosivo a base de solvente en la cámara de niebla salina según la norma ASTM B117 (ANEXO E).

Efecto. – Evaluación del nivel de corrosión de las probetas ensayadas.

Descriptiva: Se describe los acontecimientos de efectos o problemas, antes, durante y al finalizar el ensayo con las probetas.

Bibliográfica: Se cita documentos para los criterios de aceptación y rechazo, debidamente analizando y comparando con criterios de autores expertos en el tema.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Se parte con la elaboración de las probetas soldando el acero A-36 con proceso SMAW con los electrodos de acero al carbono, seguidamente pasarán por un proceso de limpieza manual (lija), mecánica (grata) y por chorro (sandblasting), para posteriormente ser recubiertas por un anticorrosivo a base de solvente mediante dos procesos el pulverizado y el brochado. Los electrodos a utilizar en el proceso de soldadura para la elaboración de las probetas son los siguientes:

- Electrodo E6011
- Electrodo E6013
- Electrodo E7018

El ensayo se realizará según la norma ASTM B117 (ANEXO E) en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero en el Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos ubicado al Norte del Cantón Ambato Provincia de

Tungurahua. Se analizará cinco probetas para cada caso, evaluados mediante inspección visual y por el valor de la tasa de corrosión. En la Tabla 3-1 se describe la población que será estudiada en el ensayo durante 120 horas.

Tabla 3-1: Población de probetas a ensayar durante 24 horas.

Tipo de Limpieza	Tipo de Electrodo	Proceso de aplicación del recubrimiento	Número de probetas para 24 horas de ensayo
MANUAL	E6011	Pulverizado	5
		Brochado	5
	E6013	Pulverizado	5
		Brochado	5
	E7018	Pulverizado	5
		Brochado	5
MECÁNICA	E6011	Pulverizado	5
		Brochado	5
	E6013	Pulverizado	5
		Brochado	5
	E7018	Pulverizado	5
		Brochado	5
CHORRO	E6011	Pulverizado	5
		Brochado	5
	E6013	Pulverizado	5
		Brochado	5
	E7018	Pulverizado	5
		Brochado	5
Total de probetas a ensayar en 24 horas.			90

Fuente: Autor

Con un total de 120 horas de ensayo las probetas estarán distribuidas en 5 grupos las cuales estarán expuestas durante un tiempo específico dentro de la cámara de niebla salina como lo indica la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Grupos y tiempo de exposición de las probetas en la CNS.

GRUPO DE PROBETAS	TIEMPO EXPUESTO DE LAS PROBETAS (HORAS)
GRUPO A	24
GRUPO B	48
GRUPO C	72
GRUPO D	96
GRUPO E	120

Fuente: Autor

Bajo la norma ASTM G1 (ANEXO H) se realizó la aplicación del recubrimiento a las probetas, así como también especifica el método de limpieza luego de realizar el ensayo y la fundamentación del proceso para la evaluación por el valor de tasa de corrosión en las probetas sometidas al ambiente corrosivo.

La norma D610 (ANEXO G) tiene los fundamentos para la evaluación por Inspección Visual de las probetas una vez culminado el ensayo.

Para la evaluación inicial, durante y después del ensayo de las probetas, se documentará mediante mediciones periódicas, anotaciones en fichas técnicas y fotografías de los acontecimientos que vaya presentando las muestras en la cámara de niebla salina.

3.3 OPERACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable independiente: Juntas soldadas de acero A-36 mediante proceso SMAW con electrodos de acero al carbono utilizando un recubrimiento anticorrosivo a base de solvente.

Tabla 3-3: Especificaciones de la Variable Independiente.

CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEM	TÉCNICAS/ INSTRUMENTOS
Las juntas soldadas constituyen una sola pieza que proviene de la unión de dos piezas mediante un proceso de soldadura en este caso SMAW	Preparación de las probetas	Proceso de soldadura. Tipo de electrodos.	SMAW Electrodos de acero al carbono, E6011, E6013 y E7018	Manual AGA
	Preparación de superficie.	Método de limpieza.	Manual(lija) Mecánica(grata) Chorro (sandblasting)	Norma G1 Instructivos
	Proceso de aplicación del recubrimiento	Tipo de proceso	Pulverizado Brochado	Norma G1

Fuente: Autor

Variable dependiente: Tasa de corrosión.

Tabla 3-4: Especificaciones de la Variable Dependiente.

CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEM	TÉCNICAS/ INSTRUMENTOS
Valoración de la degradación del material en mm/año mediante cálculos matemáticos.	Superficie	Aspecto	Porcentaje de Corrosión	Inspección Visual Norma ASTM D610 Registro
	Parámetros Físicos	Tasa de corrosión	Masa Inicial Masa Final	Balanza de Precisión Norma ASTM G1 Registro
	Tiempo	Horas	¿ En cuántas horas se corroe el 5%, 10% y 15%?	Inspección Visual Registro Fichas Técnicas

Fuente: Autor

3.4 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Métodos de registro de datos con los cuales se llegará a la validación de la hipótesis y el cumplimiento de los objetivos planteados.

La información se registrará en fichas específicas de acuerdo a los acontecimientos y requerimientos del ensayo en el Laboratorio mismo donde se realiza el estudio, siendo responsabilidad propia del autor de los datos que genere el estudio, bajo los parámetros y procedimientos establecidos previo al análisis y con la tutela del analista técnico del Centro. Las inspecciones, mediciones y análisis de las muestras antes, durante y después del ensayo serán documentados y tabulados como corresponde.

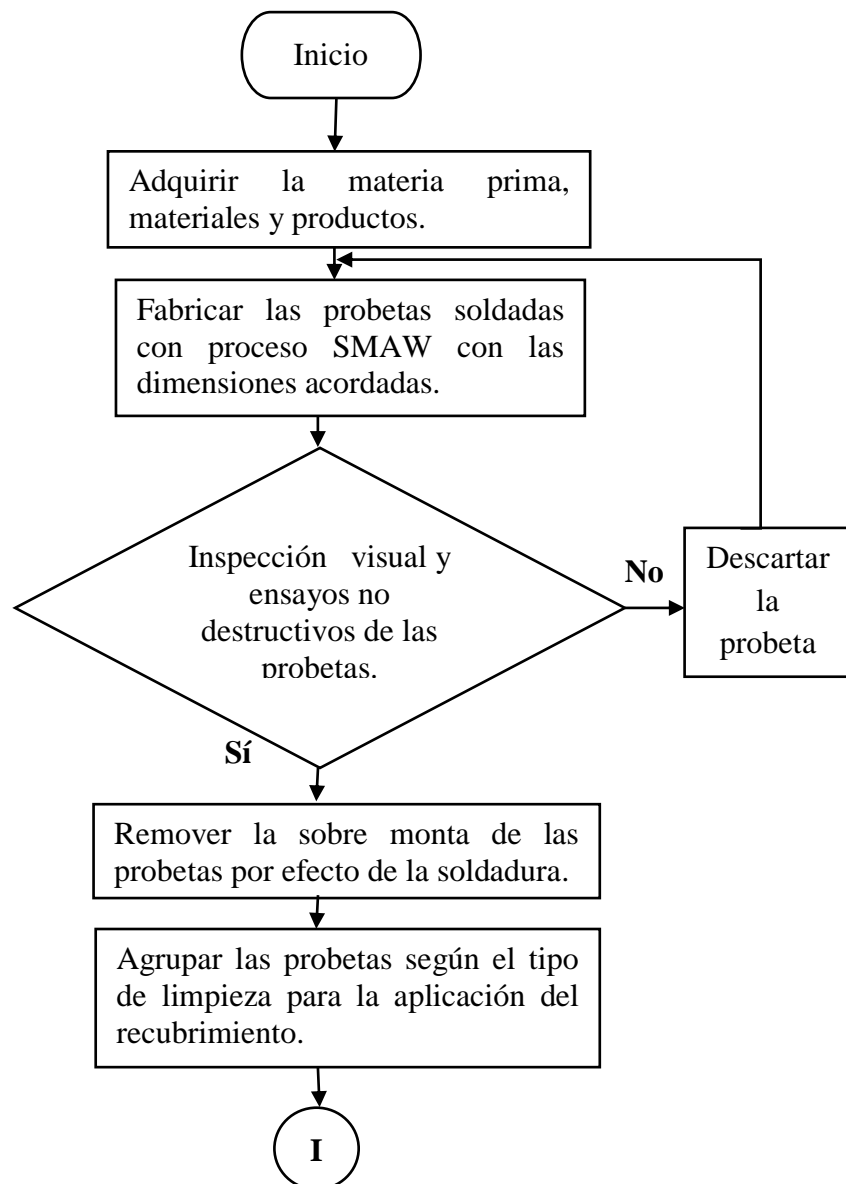
3.5 MÉTODO DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

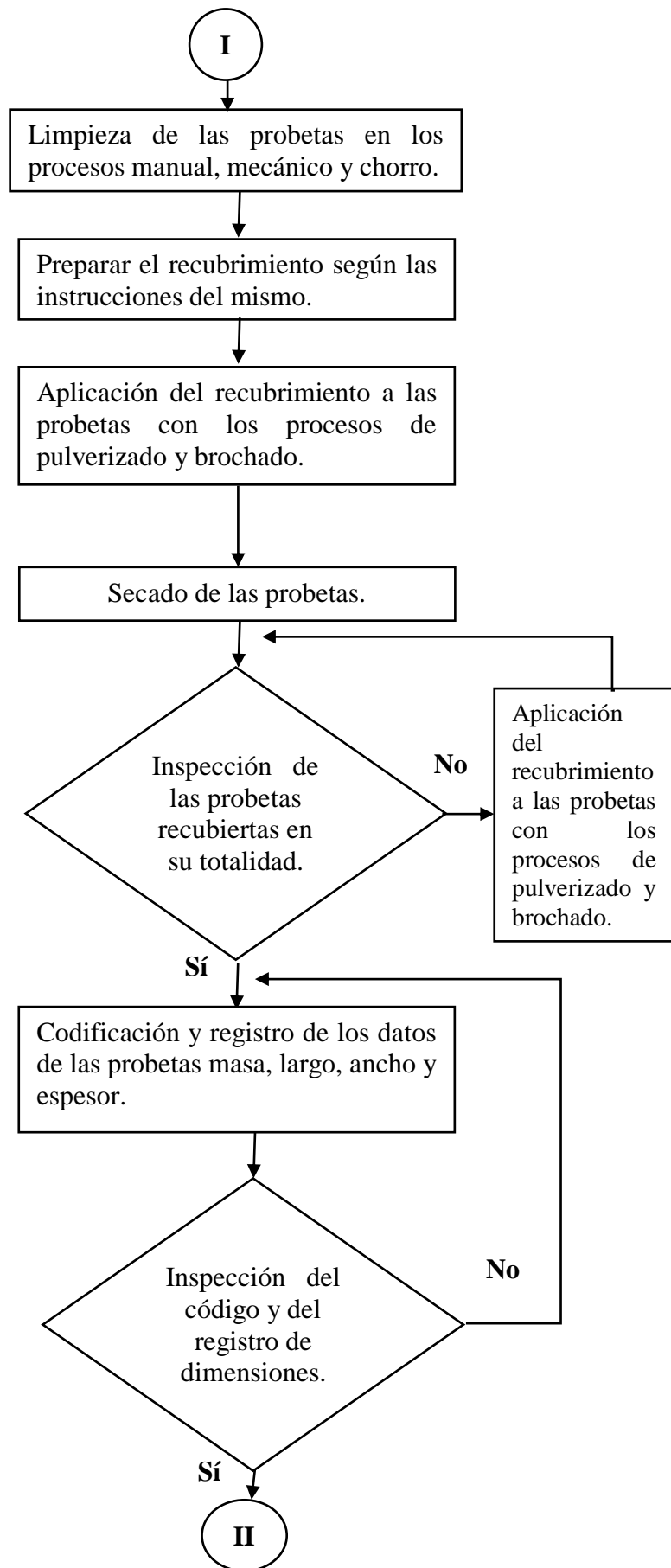
La parte fundamental del experimento es el análisis de los resultados ya que ello dará lugar a la validación de la hipótesis y el cumplimiento de los objetivos planteados, esto se realizará una vez concluido el estudio de corrosión de las muestras donde la información estará detallada mediante gráficos y tablas de registro para mejor interpretación de los resultados finales obtenidos de este estudio.

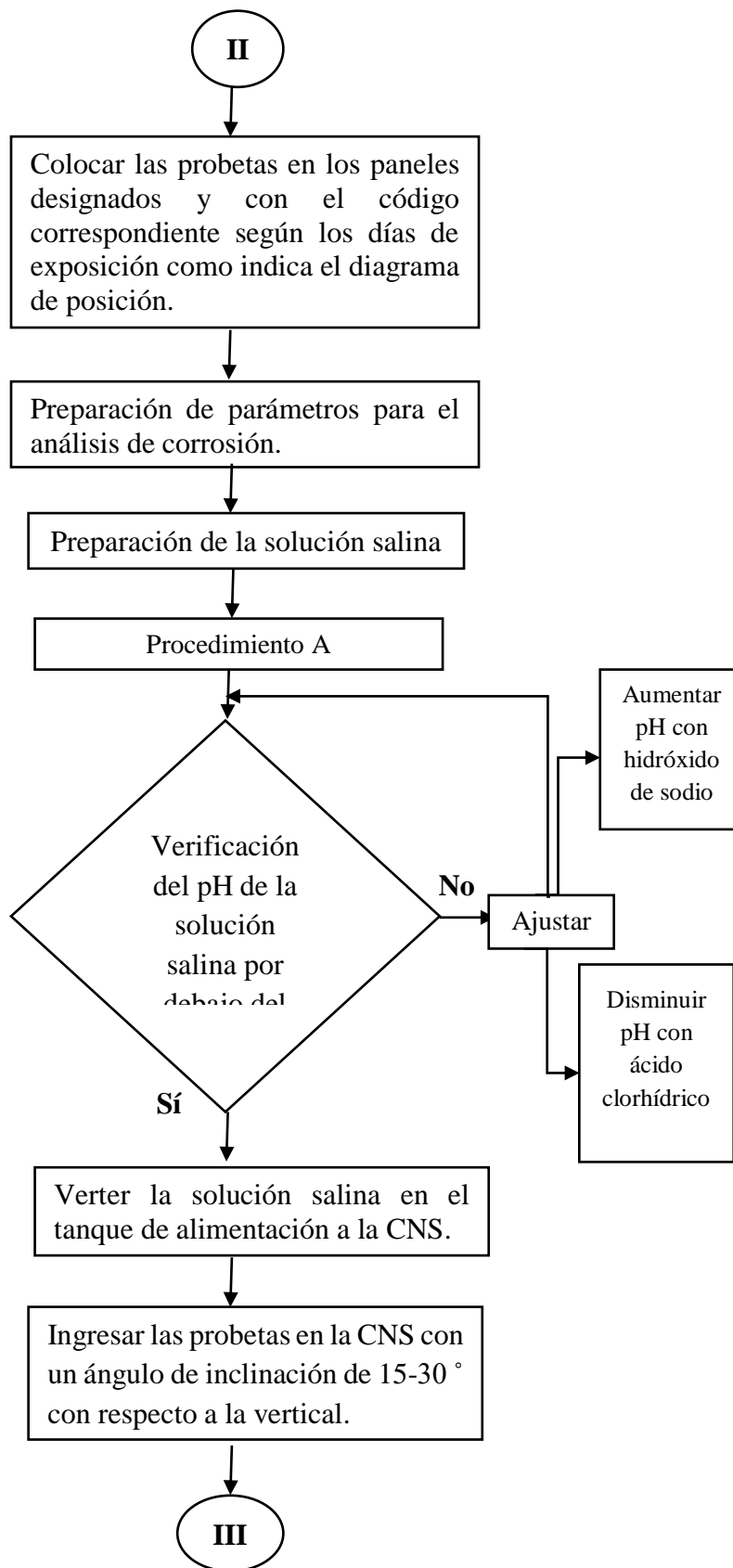
3.6 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

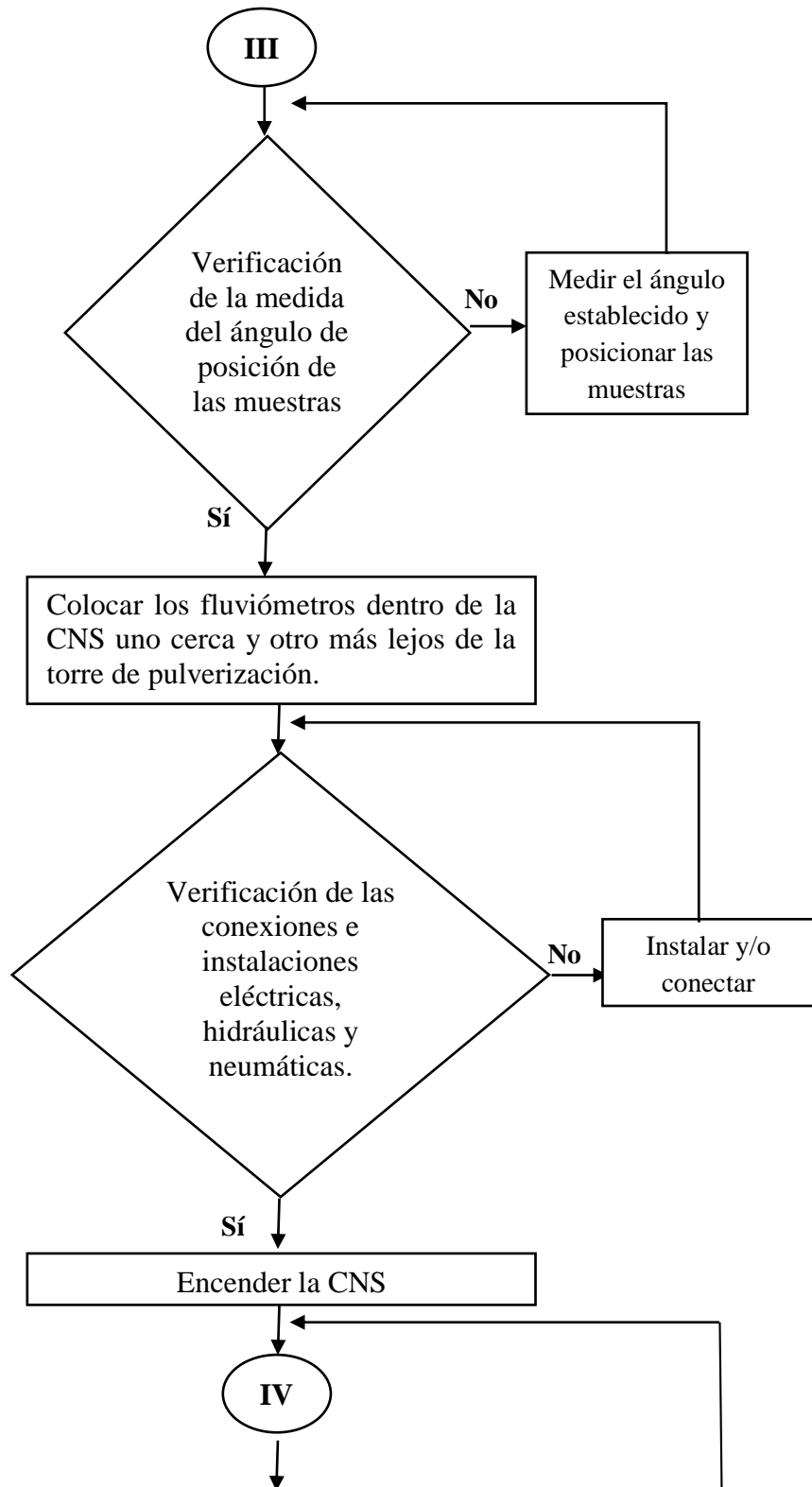
El análisis y la interpretación de los resultados se los realizará una vez concluido el estudio, donde se ejecuta la inspección visual de las muestras, así como la medición de la masa final de las probetas datos que nos proporcionará el valor de la tasa de corrosión, así como su línea de tendencia.

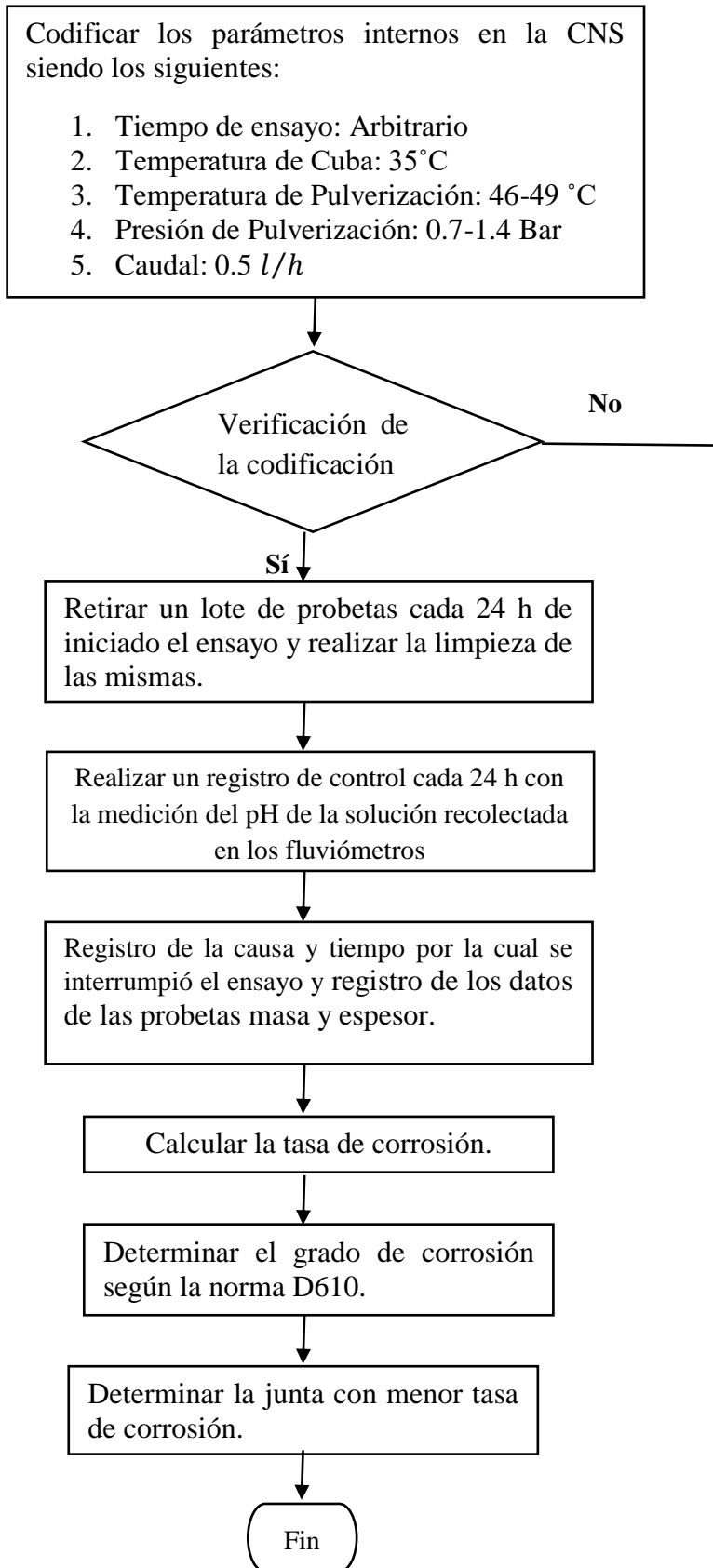
El siguiente diagrama de flujo registra detalladamente el proceso utilizado para el análisis e interpretación de los resultados del estudio planteado.



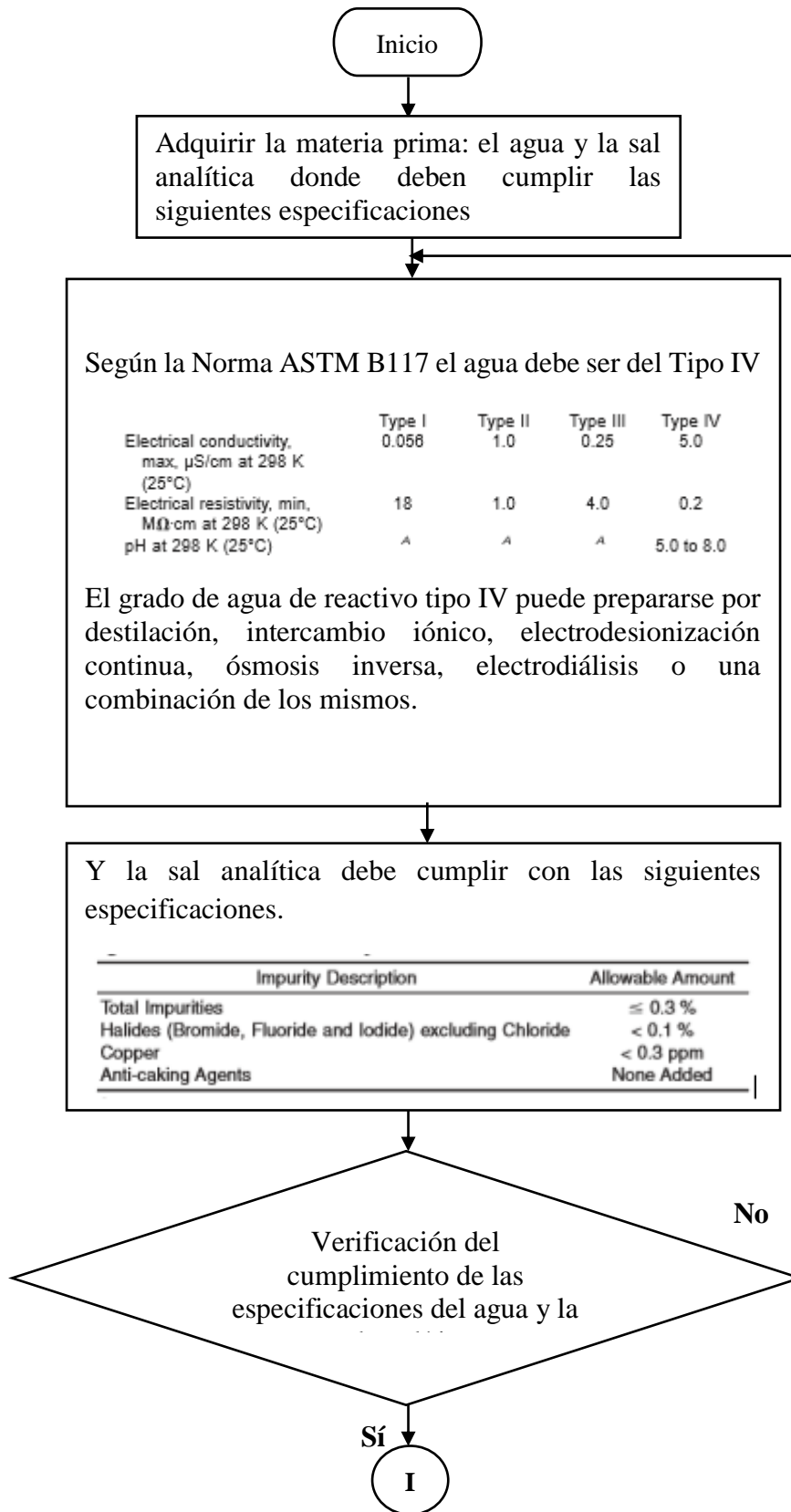


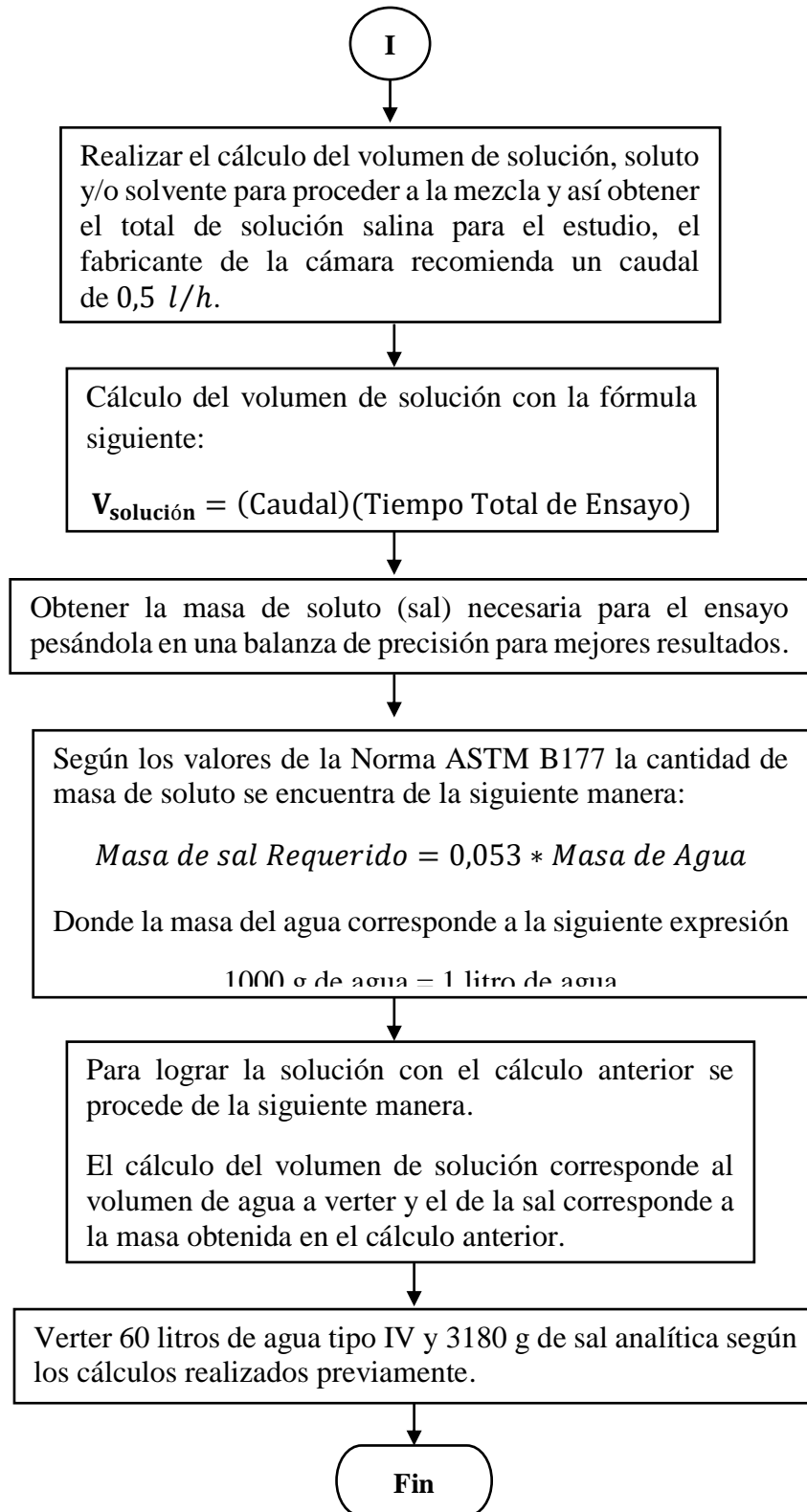






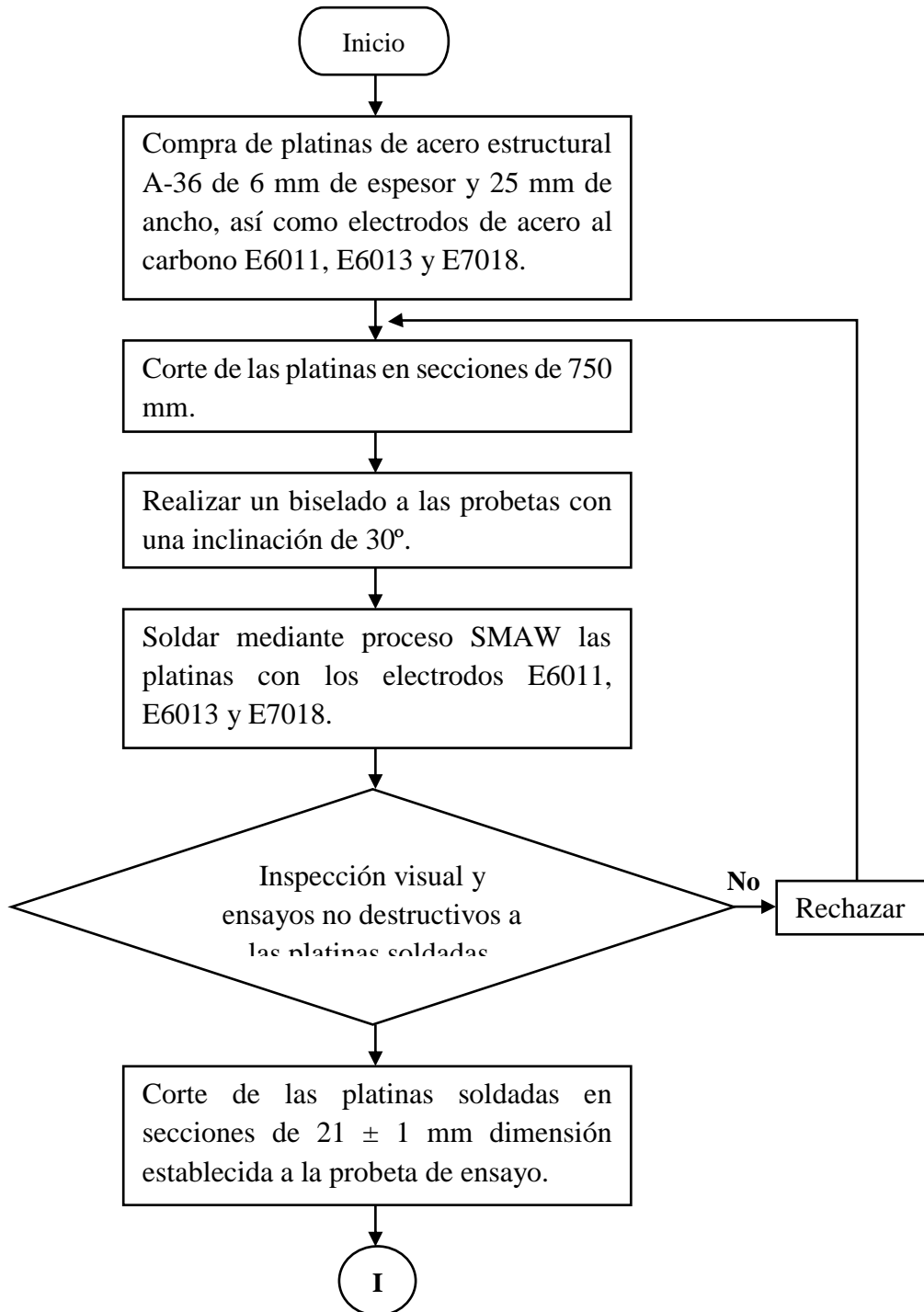
PROCEDIMIENTO A
ELABORACIÓN DE LA SOLUCIÓN SALINA

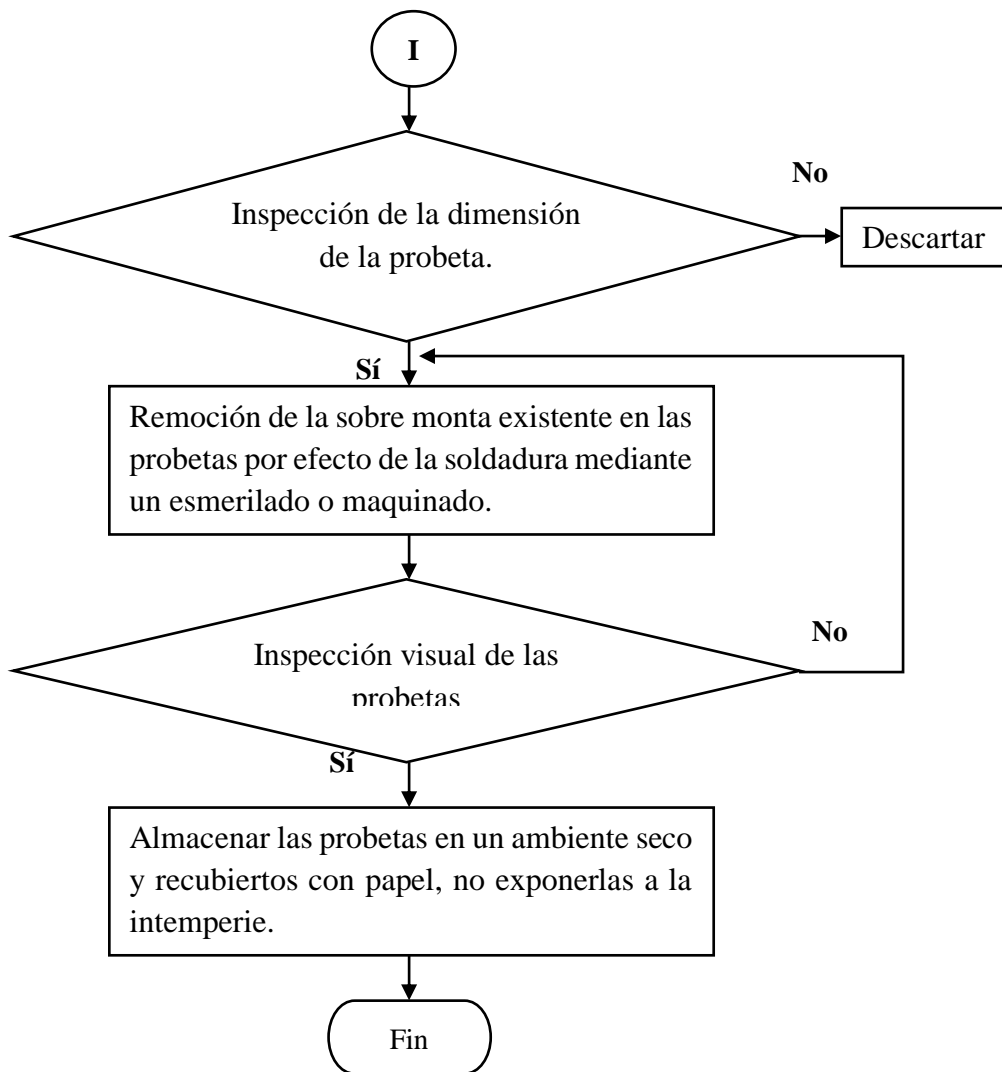




3.7 PROCEDIMIENTO

PROCEDIMIENTO B





3.7.1 MATERIA PRIMA

Realizar la compra u obtención de los elementos necesarios que se utilizarán en la ejecución del ensayo, siendo estos: platinas de acero estructural A-36 de 1 in. por 6 mm de espesor y un galón de recubrimiento anticorrosivo a base de solvente.

3.7.2 MUESTRAS SOLDADAS DE ACERO ESTRUCTURAL A-36

Se realiza el corte de las platinas en una dimensión de 750 mm de largo con el fin de facilitar el proceso de biselado y de soldadura para obtener posteriormente las probetas mediante corte en las dimensiones deseadas.



Figura 3-1: Platinas de acero A-36 de 6mm de espesor por 24 mm de ancho y 750 mm de largo.
Fuente: Autor

Realizar el biselado de la platina con 30° de inclinación sin talón caso que para realizar la soldadura debe formar un ángulo de 60° entre las dos platinas.



Figura 3-2: Biselado de las Platinas.
Fuente: Autor

Una vez realizado el biselado se procede a realizar la soldadura con los electrodos de acero al carbono E6011, E6013 y E7018.



Figura 3-3: Soldadura de las Platinas.
Fuente: Autor

Se realiza la inspección visual y ensayos no destructivos de las probetas de 750 mm de largo para garantizar la calidad de las muestras a obtener.



Figura 3-4: Ensayos no Destructivos a las platinas soldadas.
Fuente: Autor

Se efectúa el corte mediante una amoladora con pedestal y sistema de refrigeración en las dimensiones de las probetas para el análisis siendo 21mm.



Figura 3-5: Corte de la Platina de 750 mm en secciones de 21 mm
Fuente: Autor

Remoción mediante un esmerilado de la sobre monta efecto de la soldadura de las probetas soldadas y cortadas.



Figura 3-6: Remoción de la sobre monta de las probetas.
Fuente: Autor

Obtención de las probetas con las dimensiones 21x48x6 mm para realizar los procesos de limpieza y posteriormente la aplicación del recubrimiento con los métodos de pulverizado y brochado.



Figura 3-7: Probeta final previo a las limpiezas y la aplicación del recubrimiento.
Fuente: Autor

3.7.3 INSPECCIÓN Y VALIDACIÓN DE LAS MUESTRAS

La soldadura de las platinas está garantizada bajo una inspección visual y de tintas penetrantes elaborado en el Laboratorio de Ensayos no Destructivos del Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero por el Analista Técnico del mismo, donde establece el cumplimiento del proceso de soldadura mostrado en el ANEXO D. Luego del corte y su debida medición en las dimensiones correspondientes a la probeta a ensayar los lotes para el ensayo queda definida de la siguiente manera.

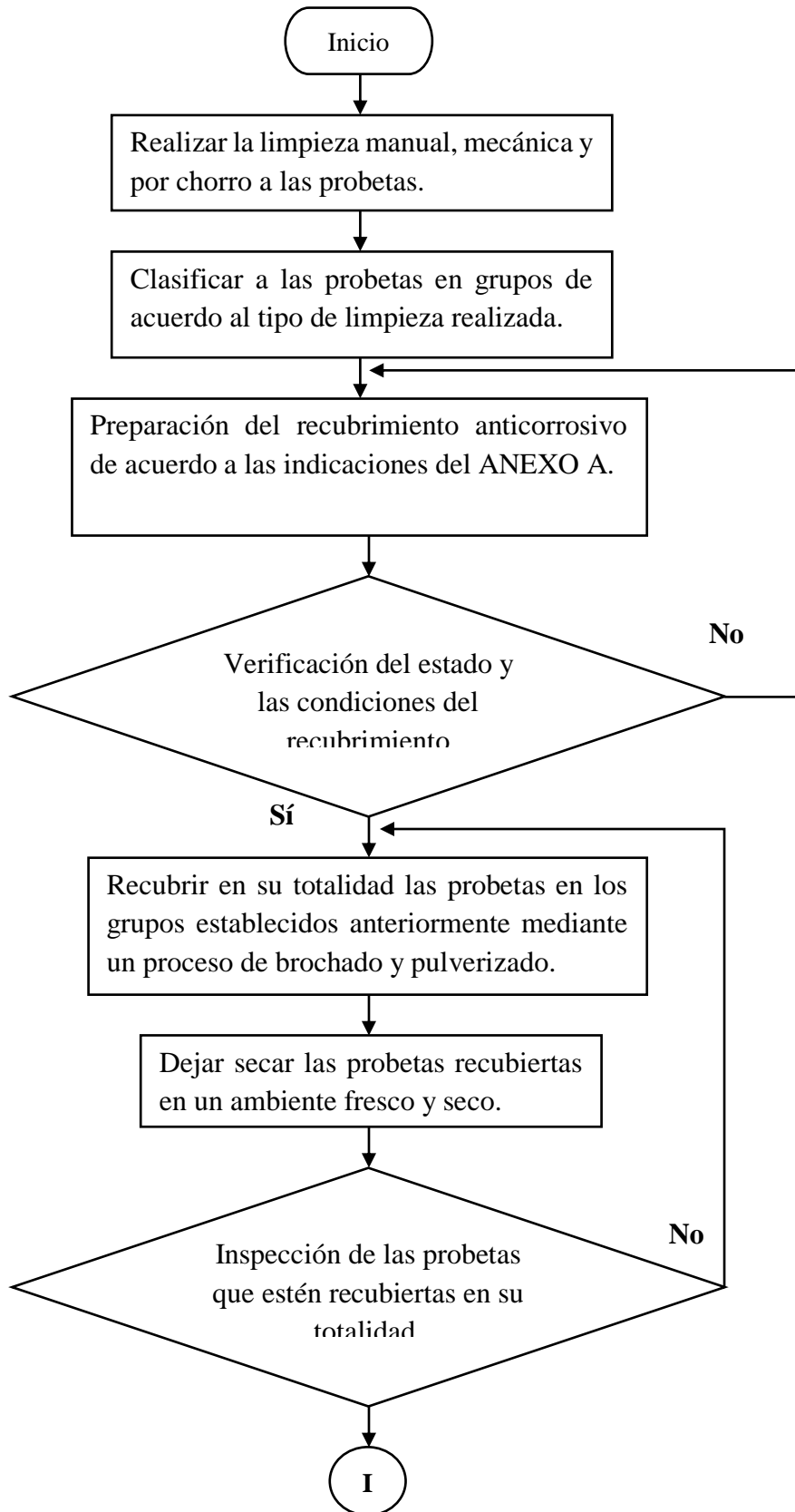
Tabla 3-5: Agrupación de las muestras para cada grupo que intervendrá en el análisis.

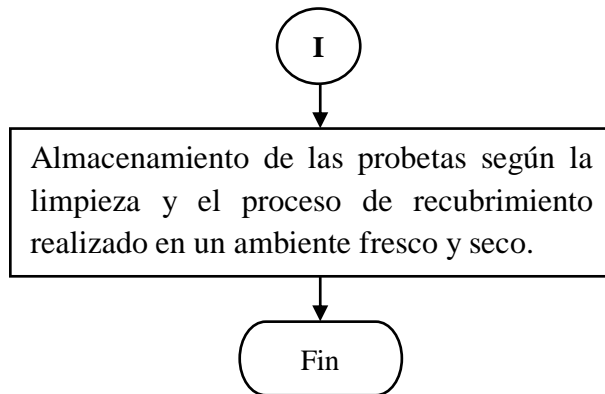
Grupo	Tipo de Electrodo	Proceso de aplicación del recubrimiento	Número de Probetas	Tipo de Limpieza.
GRUPO A	E6011	Pulverizado	5	Manual (30)
		Brochado	5	
	E6013	Pulverizado	5	
		Brochado	5	
	E7018	Pulverizado	5	Chorro (30)
		Brochado	5	
Total, de probetas de los 5 Grupos A, B, C, D, E, a ensayar.				450

Fuente: Autor

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO

PROCEDIMIENTO C





3.7.3.1 LIMPIEZA MANUAL

Previo a la aplicación del recubrimiento, se realiza la limpieza en todas las áreas de la muestra con una lija fina para aceros, como indica la Figura 3-8.



Figura 3-8: Limpieza manual con lija.
Fuente: Autor

3.7.3.2 LIMPIEZA MECÁNICA

Previo a la aplicación del recubrimiento, se realiza la limpieza en todas las áreas de la muestra mediante una grata accionada mediante un taladro o una amoladora como indica la Figura 3-9.



Figura 3-9: Limpieza mecánica con grata.
Fuente: Autor

3.7.3.3 LIMPIEZA POR SANDBLASTING

Previo a la aplicación del recubrimiento, se lo realiza en todas las áreas de la muestra mediante el servicio de sandblasting, que consiste en un chorro a presión de un material abrasivo para limpieza de aceros como lo indica la Figura 3-10.



Figura 3-10: Limpieza por chorro mediante sandblasting.

Fuente: Autor

3.7.4 PREPARACIÓN DEL RECUBRIMIENTO

Seguir las especificaciones técnicas que corresponde al recubrimiento a ser utilizado para su preparación y aplicación en las muestras como se muestra en el (ANEXO A).

3.7.5 APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO

Para aplicar el recubrimiento se agrupará a las muestras mediante el método de limpieza y el tipo de electrodo con cual fue soldado para realizar los dos procesos de aplicación establecidos el pulverizado y el brochado, como lo indica la Figura 3-11.



Figura 3-11: Aplicación del recubrimiento mediante pulverización y brochado.

Fuente: Autor

3.7.6 INSPECCIÓN DE LAS MUESTRAS CON RECUBRIMIENTO

La inspección de las muestras recubiertas se las realiza mediante una inspección visual de las mismas, fijándose muy detalladamente que cada probeta tenga el recubrimiento en su totalidad libre de poros, rasguños o zonas no cubiertas por el anticorrosivo, ya que esto puede afectar de manera considerable los resultados del ensayo. Si existe cualquiera de las anomalías antes citadas la probeta o muestra debe ser desechada.

3.7.7 REGISTRO Y TABULACIÓN DE DATOS

Obtener los datos de las dimensiones iniciales de las muestras una vez recubiertas por el anticorrosivo, siendo estas largo, ancho, espesor, masa y registrarlas.



Figura 3-12: Medición de las dimensiones de las probetas.
Fuente: Autor



Figura 3-13: Medición de la masa de las probetas.
Fuente: Autor

3.7.8 POSICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS EN LOS SOPORTES

Las muestras deben ser ubicadas en soportes que no afecten el desenvolvimiento correcto del ensayo, en este caso los soportes de material polimérico que no influye en el desarrollo del ensayo, así como una codificación que identifique cada una de las probetas con el debido proceso realizado para su fácil manipulación y registro de datos al final de su exposición en la cámara de niebla salina. La codificación se muestra en la Tabla 4-1.



Figura 3-14: Grupo A de probetas a ensayar 24 horas.
Fuente: Autor

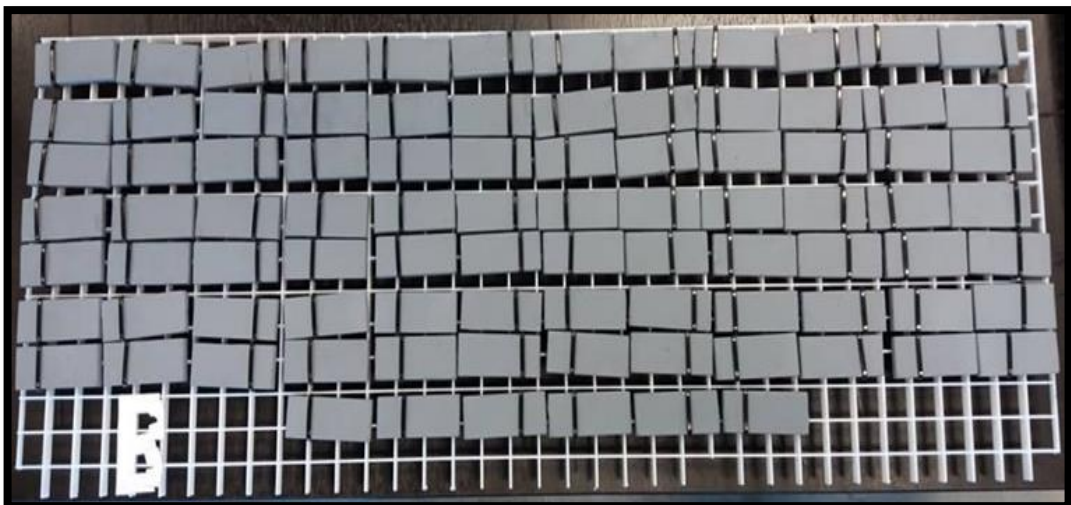


Figura 3-15: Grupo B de probetas a ensayar 48 horas.
Fuente: Autor



Figura 3-16: Grupo C de probetas a ensayar 76 horas.
Fuente: Autor



Figura 3-17: Grupo D de probetas a ensayar 96 horas.
Fuente: Autor



Figura 3-18: Grupo E de probetas a ensayar 120 horas.
Fuente: Autor

Una ilustración para la identificación de las muestras previo a ser analizadas y extraídas de la cámara se muestra en la Figura 3-19.

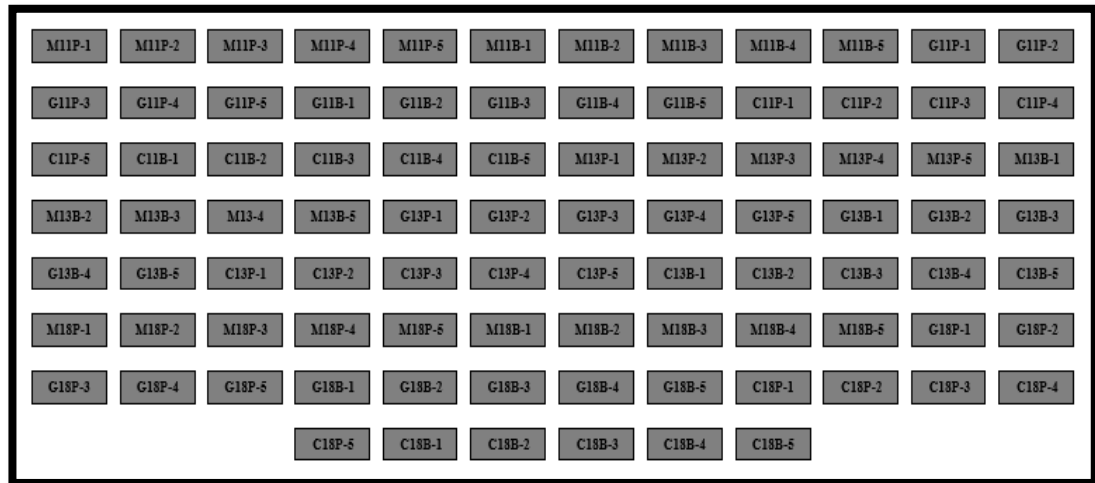


Figura 3-19: Posición y codificación de las probetas en los grupos.

Fuente: Autor

3.7.9 PREPARACIÓN PARA EL ANÁLISIS EN LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA

El Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero de la provincia de Tungurahua cantón Ambato con su laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos lugar donde se efectuará el presente análisis bajo los siguientes parámetros e instrucciones.

3.7.10 CÁLCULO DE VOLUMEN DE SOLUCIÓN

Siendo 120 horas de tiempo de ensayo y un caudal de 0.5 lt/h según las recomendaciones del fabricante de la cámara, el volumen de solución se expresa de la siguiente manera.

$$V_{\text{solución}} = (\text{Caudal})(\text{Tiempo})$$

$$V_{\text{solución}} = (0.5 \text{ lt/h})(120 \text{ h})$$

$$V_{\text{solución}} = 60 \text{ lt}$$

3.7.10.1 CANTIDAD DE SOLUTO

$$\text{Solución Líquida} = \text{Soluta} + \text{Solvente}$$

Para la combinación de la solución tenemos sal granulada y agua destilada y de acuerdo a la Norma ASTM B117 realizaremos una solución al 5% de acuerdo con los valores de la cantidad de masa de soluto se encuentra de la siguiente manera:

$$\text{Masa de sal Requerido} = 0,053 * \text{Masa de Agua} \quad \text{Ec. 2 [23]}$$

Donde la masa del agua corresponde a la siguiente expresión:

$$1 \text{ litro de agua} = 1 \text{ kg de masa de agua}$$

$$\text{Masa de sal Requerido} = 0,053 * 60000 \text{ g}$$

$$\text{Masa de sal Requerido} = 3180 \text{ g}$$

Para la solución salina se necesita 3180 g de sal analítica y 60000 g de agua Tipo IV.

3.7.10.2 PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Una vez calculado la cantidad de masa de soluto para obtener una solución de 60 l, procedemos a realizar la mezcla de agua del Tipo IV (ANEXO F) con la sal analítica como se muestra en las Figuras 3-20, 3-21 y 3-22.



Figura 3-20: Medición de la masa de la sal analítica.

Fuente: Autor



Figura 3-21: Medición del volumen de agua Tipo IV.

Fuente: Autor



Figura 3-22: Mezcla de la sal analítica y el agua Tipo IV.
Fuente: Autor

3.7.10.3 MEDICIÓN Y CONTROL DEL pH DE LA SOLUCIÓN

La Norma ASTM B117 indica que el pH la solución debe estar por debajo de 6.5 medido a una temperatura de 23 ± 3 °C y se lo registrará una vez al día durante el tiempo que se realice en ensayo, las mediciones se los realiza con un pH-metro que validará este valor caso contrario el pH se lo ajustara con la utilización de “ácido clorhídrico (HCl) diluido y de grado reactivo o hidróxido de sodio de grado reactivo (NaOH)” según la indicación de la Norma para disminuir y aumentar el valor del pH respectivamente [23].

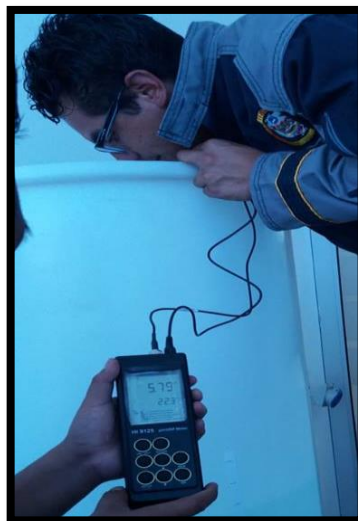


Figura 3-23: Medición del pH de la solución salina.
Fuente: Autor

3.7.10.4 POSTURA DE LAS PROBETAS EN LA CÁMARA DE NIEBLA

SALINA

Como lo indica la Norma ASTM B117 las muestras deberán ser colocadas entre “15° y 30° desde la vertical y preferiblemente paralelas a la dirección principal del flujo de niebla” como lo indica la Figura 3-24.



Figura 3-24: Posicionamiento de las muestras en el interior de la cámara.

Fuente: Autor

3.7.10.5 PARÁMETROS A SELECCIONAR EN LA CÁMARA DE NIEBLA

SALINA

En primer lugar, asegurarnos de las instalaciones externas a la cámara de niebla salina como son, instalación eléctrica (220 V), instalación hidráulica (2-4 bar), instalación neumática (3-6 bar) y la instalación del tanque donde se encuentra la solución salina. Seleccionaremos en el tablero de control de la cámara los parámetros correspondientes como lo indica la Norma ASTM B117 como es temperatura de 35 ± 2 °C, caudal siendo 0.5 lt/h, la presión de 1.2 bares y el tiempo de 120 h. La Figura 3-25 indica la selección de los parámetros en el tablero de control de la Cámara de Niebla Salina.



Figura 3-25: Sistema de control y regulación de la cámara de niebla salina.

Fuente: Autor

3.7.10.6 REALIZACIÓN DEL ENSAYO

Luego de seleccionar los parámetros en el tablero de control de la cámara se inicia con el ensayo, a partir de este momento se realiza los controles correspondientes cada 24 horas, siendo así, el volumen de solución recolectado en los fluviómetros en el rango de 24-48 ml y la extracción de un grupo de muestras para su respectivo análisis.

3.7.10.7 PARÁMETROS DE CONTROL

A la solución recolectada en los fluviómetros se les realizará la medición del pH donde su valor debe estar en los valores del rango de 6.5 – 7.2, a una temperatura de 23 ± 3 °C, así como la cantidad de solución salina recolectada debe ser de 1 – 2 ml por cada 80 cm^2 de recolección horizontal en cada hora de ensayo, validando así la calidad del análisis en la Cámara de Niebla Salina. Estas mediciones se las realiza cada 24 h (norma ASTM B117).



Figura 3-26: Fluviómetro con solución salina recolectada en el interior de la cámara durante el ensayo.

Fuente: Autor

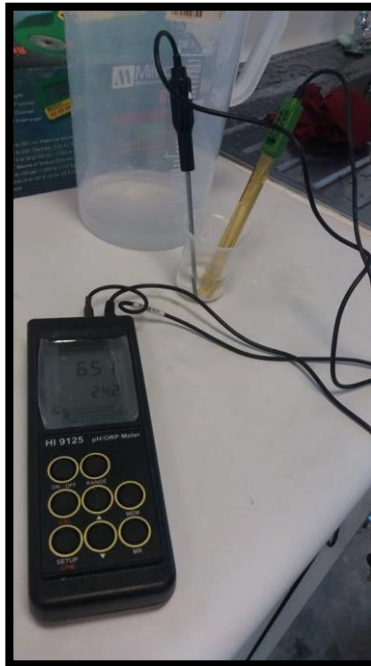


Figura 3-27: Medición del pH de la solución recolectada en el fluviómetro.
Fuente: Autor

3.7.10.8 TABULACIÓN DE LOS DATOS

Se deben tabular los datos de masa de las muestras el momento en que el grupo de probetas correspondiente salga cada 24 horas, esto luego de ser lavadas para remover la sal, así como la realización de una inspección visual para asignarles el grado de corrosión respectivo.

3.7.11 CÁLCULOS

Una vez culminado el análisis en las 120 horas del total del ensayo con los datos obtenidos se realiza la valoración de los resultados realizando los siguientes cálculos e inspecciones.

3.7.11.1 CÁLCULO DE LA TASA DE CORROSIÓN

El cálculo del valor de la tasa de corrosión se la realizará para todos los casos analizados para la comparación y determinar la junta con menor tasa de corrosión. Aplicaremos la fórmula para un caso como demostración los demás valores se las observa en las fichas técnicas.

$$Tasa\ de\ Corrosión = \frac{K \times W}{A \times T \times D} \qquad \text{Ec.1}$$

$$Tasa\ de\ Corrosi3n = \frac{87600 \times 0,010}{10,25 \times 120 \times 7,86}$$

$$Tasa\ de\ Corrosi3n = 0,091\ mm/a\tilde{n}o$$

Donde

K = Una constante = **87600 mm/año**

T = Tiempo de exposici3n (horas) = **120 h**

A = 3rea en cm^2 = **10,25 cm^2**

W = P3rdida de masa (gramos) = **0,010 g**

D = Densidad en g/cm^3 (ver Ap3ndice X1- ANEXO H) = **7,86 g/cm^3**

Se ha tomado los valores del 3tem N3 21 de la Ficha T3cnica 4-1 que existe datos para sacar el valor de tasa de corrosi3n, los dem3s valores son calculados mediante la hoja de c3lculo Excel.

3.7.11.2 VALORACI3N DEL GRADO DE CORROSI3N

El grado de corrosi3n fue valorado mediante inspecci3n visual siguiendo los pasos de la Norma ASTM D610 (ANEXO G), determinando el 3rea afectada por oxidaci3n de las muestras y mediante comparaci3n con las Figuras 2-5, 2-6 y 2-7 y la Tabla 2-2 se determin3 el grado de corrosi3n de cada proceso.

3.7.11.3 AN3LISIS DE LOS RESULTADOS

Concluido el c3lculo de la tasa de corrosi3n en todos los procesos se determinar3 la junta con menor valor siendo el proceso que mejores resultados nos brinda en aplicaciones. En cuanto al grado de corrosi3n por inspecci3n visual nos permitir3 determinar el proceso que menos afectaci3n corrosiva presenta.

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS RESULTANTES

Los datos medidos cronológicamente cada 24 horas con la extracción de cada grupo de probetas correspondiente y los parámetros de control se tabulan en las Fichas Técnicas y se realizan los cálculos de la tasa de corrosión.

4.1 TABULACIÓN DE LOS DATOS INICIALES, FINALES Y CALCULADOS

Los datos iniciales, finales y calculados se indican en las Fichas Técnicas mostradas a continuación. La Tabla 4-1 muestra la codificación de las Fichas y su respectivo significado para mejor comprensión de los resultados.

Tabla 4-1: Codificación de las Probetas.

Código de las Probetas	Significado
M11P	Limpieza manual-E6011-Pulverizado
M11B	Limpieza manual-E6011-Brochado
G11P	Limpieza con grata-E6011-Pulverizado
G11B	Limpieza con grata-E6011-Brochado
C11P	Limpieza por chorro-E6011-Pulverizado
C11B	Limpieza por chorro-E6011-Brochado
M13P	Limpieza manual-E6013-Pulverizado
M13B	Limpieza manual-E6013-Brochado
G13P	Limpieza con grata-E6013-Pulverizado
G13B	Limpieza con grata-E6013-Brochado
C13P	Limpieza por chorro-E6013-Pulverizado
C13B	Limpieza por chorro-E6013-Brochado
M18P	Limpieza manual-E7018-Pulverizado
M18B	Limpieza manual-E7018-Brochado
G18P	Limpieza con grata-E7018-Pulverizado
G18B	Limpieza con grata-E7018-Brochado
C18P	Limpieza por chorro-E7018-Pulverizado
C18B	Limpieza por chorro-E7018-Brochado

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-1: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión M11P.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div>  </div>												
FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS												
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos										
Provincia/Ciudad:		Tungurahua-Ambato				Máquina:		Cámara de Niebla Salina SSC 400				
Fecha de datos iniciales:		09/11/2018		Fecha de datos finales:		15-19/11/2018		Norma:		ASTM B117		
Ensayo:		Corrosión Acelerada en la CNS				Tipo de Soldadura:		SMAW		Electrodo:		E6011
Método de Limpieza:		Manual - Lija				Tipo de Recubrimiento:		Anticorrosivo base solvente				
Tipo de aplicación del recubrimiento:		Pulverización				Código:		M11P				
Constante K de Corrosión:		87600 mm/año				Densidad del Material:		7.86 g/cm ³				
DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS												
ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	47,39	21,50	10,19	5,89	5,89	45,34	45,34	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	47,60	22,01	10,48	5,83	5,83	46,83	46,83	0,000	0,000		
3	24	47,32	21,85	10,34	5,90	5,90	45,57	45,57	0,000	0,000		
4	24	47,55	22,03	10,48	5,80	5,80	46,46	46,46	0,000	0,000		
5	24	47,29	21,44	10,14	5,81	5,81	43,14	43,14	0,000	0,000		

6	48	48,62	21,58	10,49	5,82	5,82	45,49	45,49	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	48,41	21,44	10,38	5,84	5,84	45,03	45,03	0,000	0,000		
8	48	47,60	20,68	9,84	5,91	5,91	43,93	43,93	0,000	0,000		
9	48	47,29	21,85	10,33	5,89	5,89	45,97	45,97	0,000	0,000		
10	48	48,29	21,60	10,43	5,89	5,89	46,24	46,24	0,000	0,000	0,000	0,000
11	72	47,87	20,16	9,65	5,87	5,87	42,53	42,53	0,000	0,000		
12	72	47,67	20,36	9,71	5,9	5,9	43,18	43,18	0,000	0,000		
13	72	47,85	20,52	9,82	5,79	5,79	42,52	42,52	0,000	0,000		
14	72	47,35	20,93	9,91	5,75	5,75	43,18	43,18	0,000	0,000	0,000	0,000
15	72	48,39	20,91	10,12	5,89	5,89	43,92	43,92	0,000	0,000		
16	96	48,05	22,05	10,60	5,87	5,87	46,63	46,63	0,000	0,000		
17	96	47,34	21,63	10,24	5,9	5,9	45,35	45,35	0,000	0,000		
18	96	47,32	22,05	10,43	5,87	5,87	46,12	46,12	0,000	0,000	0,000	0,000
19	96	48,25	21,63	10,44	5,89	5,89	45,24	45,24	0,000	0,000		
20	96	48,34	21,54	10,41	5,91	5,91	44,03	44,03	0,000	0,000		
21	120	47,09	21,77	10,25	5,89	5,89	45,69	45,68	0,010	0,091		
22	120	47,62	22,01	10,48	5,82	5,82	45,35	45,34	0,010	0,089		
23	120	48,40	21,60	10,45	5,92	5,92	45,27	45,26	0,010	0,089		
24	120	48,16	21,31	10,26	5,8	5,8	44,41	44,4	0,010	0,090		
25	120	48,26	21,08	10,17	5,87	5,87	44,15	44,14	0,010	0,091		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-1: Tasa de Corrosión vs Tiempo M11P.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras presentan valores de tasa de corrosión a las 120 horas de análisis.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-2: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión M11B.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS

Lugar/Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero - Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos		
Provincia/Ciudad:	Tungurahua-Ambato	Máquina:	Cámara de Niebla Salina SSC 400
Fecha de datos iniciales:	08/11/2018	Fecha de datos finales:	15-19/11/2018
Ensayo:	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma:	ASTM B117
Método de Limpieza:	Manual - Lija	Tipo de Soldadura:	SMAW Electrodo: E6011
Tipo de aplicación del recubrimiento:	Brochado	Tipo de Recubrimiento:	Anticorrosivo base solvente
Constante K de Corrosión:	87600 mm/año	Código:	M11B
		Densidad del Material:	7.86 g/cm ³

DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS

ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	48,27	22,02	10,63	5,74	5,74	45,34	45,34	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	48,40	21,41	10,36	5,84	5,84	44,85	44,85	0,000	0,000		
3	24	47,48	22,03	10,46	5,90	5,90	46,02	46,02	0,000	0,000		
4	24	47,42	20,30	9,63	5,95	5,95	43,08	43,08	0,000	0,000		
5	24	47,50	21,86	10,38	5,86	5,86	46,15	46,15	0,000	0,000		

6	48	48,07	20,87	10,03	5,73	5,73	43,13	43,13	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	47,60	20,61	9,81	5,93	5,93	41,60	41,60	0,000	0,000		
8	48	47,62	20,70	9,86	5,94	5,94	41,30	41,30	0,000	0,000		
9	48	47,76	20,39	9,74	5,96	5,96	40,61	40,61	0,000	0,000		
10	48	47,77	20,18	9,64	5,92	5,92	40,78	40,78	0,000	0,000		
11	72	47,61	20,70	9,86	5,62	5,62	42,89	42,89	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	47,77	21,17	10,11	5,91	5,91	44,25	44,25	0,000	0,000		
13	72	48,03	21,31	10,24	5,80	5,80	45,14	45,14	0,000	0,000		
14	72	48,04	20,81	10,00	5,91	5,91	42,36	42,36	0,000	0,000		
15	72	47,78	21,12	10,09	5,85	5,85	44,28	44,28	0,000	0,000		
16	96	47,53	22,05	10,48	5,80	5,80	46,74	46,74	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	47,53	21,38	10,16	5,76	5,76	44,42	44,42	0,000	0,000		
18	96	48,08	21,07	10,13	5,85	5,85	44,22	44,22	0,000	0,000		
19	96	48,05	21,41	10,29	5,57	5,57	43,44	43,44	0,000	0,000		
20	96	48,07	21,12	10,15	5,79	5,79	44,59	44,59	0,000	0,000		
21	120	47,60	20,18	9,61	5,84	5,84	42,18	42,17	0,010	0,097	0,066	0,093
22	120	48,03	20,99	10,08	5,83	5,83	43,71	43,70	0,010	0,092		
23	120	47,44	20,57	9,76	5,88	5,88	41,35	41,35	0,000	0,000		
24	120	48,02	21,43	10,29	5,81	5,81	44,45	44,44	0,010	0,090		
25	120	47,11	21,17	9,97	5,90	5,90	43,89	43,87	0,020	0,186		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-2: Tasa de Corrosión vs Tiempo M11B.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras presentan valores de tasa de corrosión a las 120 horas de análisis.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-3: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión G11P.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> </div>  </div>												
FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS												
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos										
Provincia/Ciudad:		Tungurahua-Ambato				Máquina:			Cámara de Niebla Salina SSC 400			
Fecha de datos iniciales:		09/11/2018		Fecha de datos finales:		15-19/11/2018		Norma:		ASTM B117		
Ensayo:		Corrosión Acelerada en la CNS					Tipo de Soldadura:		SMAW	Electrodo:	E6011	
Método de Limpieza:		Mecánica - Grata					Tipo de Recubrimiento:		Anticorrosivo base solvente			
Tipo de aplicación del recubrimiento:		Pulverización					Código:		G11P			
Constante K de Corrosión:		87600 mm/año					Densidad del Material:		7.86 g/cm ³			
DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS												
ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	47,85	20,07	9,60	5,90	5,90	41,20	41,20	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	47,99	20,30	9,74	5,92	5,92	42,81	42,81	0,000	0,000		
3	24	48,05	20,79	9,99	5,91	5,91	44,16	44,16	0,000	0,000		
4	24	48,03	20,05	9,63	5,88	5,88	40,17	40,17	0,000	0,000		
5	24	48,05	20,59	9,89	5,84	5,84	42,76	42,76	0,000	0,000		

6	48	48,02	20,37	9,78	5,84	5,84	42,08	42,08	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	47,97	20,48	9,82	5,80	5,80	42,56	42,56	0,000	0,000		
8	48	47,79	21,38	10,22	5,81	5,81	44,51	44,51	0,000	0,000		
9	48	48,57	21,10	10,25	5,87	5,87	44,14	44,14	0,000	0,000		
10	48	47,58	21,13	10,05	5,89	5,89	44,14	44,14	0,000	0,000		
11	72	48,03	20,91	10,04	5,90	5,90	43,66	43,66	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	47,27	21,70	10,26	5,97	5,97	45,51	45,51	0,000	0,000		
13	72	48,04	21,44	10,30	5,94	5,94	45,49	45,49	0,000	0,000		
14	72	48,05	22,01	10,58	5,92	5,92	45,71	45,71	0,000	0,000		
15	72	48,02	21,21	10,19	5,81	5,81	43,68	43,68	0,000	0,000		
16	96	47,65	21,34	10,17	5,84	5,84	45,42	45,42	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	48,06	21,03	10,11	5,80	5,80	43,06	43,06	0,000	0,000		
18	96	47,67	20,91	9,97	5,95	5,95	43,81	43,81	0,000	0,000		
19	96	48,02	20,89	10,03	5,85	5,85	43,94	43,94	0,000	0,000		
20	96	48,04	20,65	9,92	5,88	5,88	44,59	44,59	0,000	0,000		
21	120	47,29	21,39	10,12	5,88	5,88	43,92	43,90	0,020	0,184	0,051	0,132
22	120	48,02	20,07	9,64	5,83	5,83	40,88	40,87	0,010	0,096		
23	120	48,05	20,66	9,93	5,91	5,91	44,02	44,01	0,010	0,094		
24	120	48,01	20,40	9,79	5,89	5,89	43,38	43,37	0,010	0,095		
25	120	48,01	20,30	9,75	5,81	5,81	42,21	42,19	0,020	0,191		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-3: Tasa de Corrosión vs Tiempo G11P.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras presentan valores de tasa de corrosión a las 120 horas de análisis.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-4: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión G11B.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div>  </div>												
FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS												
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos										
Provincia/Ciudad:		Tungurahua-Ambato				Máquina:			Cámara de Niebla Salina SSC 400			
Fecha de datos iniciales:		08/11/2018		Fecha de datos finales:		15-19/11/2018		Norma:		ASTM B117		
Ensayo:		Corrosión Acelerada en la CNS					Tipo de Soldadura:		SMAW	Electrodo:	E6011	
Método de Limpieza:		Mecánica - Grata					Tipo de Recubrimiento:		Anticorrosivo base solvente			
Tipo de aplicación del recubrimiento:		Brochado					Código:		G11B			
Constante K de Corrosión:		87600 mm/año					Densidad del Material:		7.86 g/cm ³			
DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS												
ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	47,58	22,04	10,49	5,91	5,91	46,17	46,17	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	47,62	22,07	10,51	5,96	5,96	47,45	47,45	0,000	0,000		
3	24	48,05	21,70	10,43	5,92	5,92	45,81	45,81	0,000	0,000		
4	24	47,04	21,72	10,22	5,96	5,96	45,47	45,47	0,000	0,000		
5	24	48,05	21,59	10,37	5,78	5,78	45,02	45,02	0,000	0,000		

6	48	47,81	21,32	10,19	5,92	5,92	44,56	44,56	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	47,93	21,84	10,47	5,84	5,84	45,93	45,93	0,000	0,000		
8	48	48,02	21,33	10,24	5,80	5,80	45,04	45,04	0,000	0,000		
9	48	48,04	21,45	10,30	5,67	5,67	43,75	43,75	0,000	0,000		
10	48	47,99	22,05	10,58	5,84	5,84	46,54	46,54	0,000	0,000		
11	72	48,05	21,10	10,14	6,04	6,04	45,28	45,28	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	47,27	21,78	10,30	5,80	5,80	45,35	45,35	0,000	0,000		
13	72	47,52	21,56	10,25	5,97	5,97	44,51	44,51	0,000	0,000		
14	72	47,42	21,51	10,20	5,68	5,68	44,69	44,69	0,000	0,000		
15	72	48,06	21,75	10,45	5,95	5,95	45,53	45,53	0,000	0,000		
16	96	47,81	21,64	10,35	5,91	5,91	45,58	45,58	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	48,07	21,74	10,45	5,95	5,95	46,37	46,37	0,000	0,000		
18	96	47,32	21,91	10,37	5,88	5,88	46,54	46,54	0,000	0,000		
19	96	47,87	21,98	10,52	5,88	5,88	46,26	46,26	0,000	0,000		
20	96	47,62	22,02	10,49	5,87	5,87	46,60	46,60	0,000	0,000		
21	120	48,56	21,64	10,51	5,82	5,82	46,28	46,27	0,010	0,088	0,065	0,091
22	120	47,13	22,01	10,37	5,96	5,96	46,16	46,16	0,000	0,000		
23	120	47,36	21,82	10,33	5,88	5,88	45,40	45,39	0,010	0,090		
24	120	47,68	21,27	10,14	5,98	5,98	44,91	44,9	0,010	0,092		
25	120	48,02	21,06	10,11	5,61	5,61	43,79	43,77	0,020	0,184		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-4: Tasa de Corrosión vs Tiempo G11B.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras presentan valores de tasa de corrosión a las 120 horas de análisis.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-5: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión C11P.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> </div>  </div>												
FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS												
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos										
Provincia/Ciudad:		Tungurahua-Ambato				Máquina:			Cámara de Niebla Salina SSC 400			
Fecha de datos iniciales:		09/11/2018		Fecha de datos finales:		15-19/11/2018		Norma:		ASTM B117		
Ensayo:		Corrosión Acelerada en la CNS				Tipo de Soldadura:		SMAW		Electrodo:	E6011	
Método de Limpieza:		Sandblasting				Tipo de Recubrimiento:		Anticorrosivo base solvente				
Tipo de aplicación del recubrimiento:		Pulverizado				Código:		C11P				
Constante K de Corrosión:		87600 mm/año				Densidad del Material:		7.86 g/cm ³				
DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS												
ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	48,09	20,62	9,92	5,88	5,88	43,43	43,43	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	48,03	21,40	10,28	5,80	5,80	45,13	45,13	0,000	0,000		
3	24	47,35	21,02	9,95	5,81	5,81	44,21	44,21	0,000	0,000		
4	24	47,52	21,17	10,06	5,94	5,94	43,15	43,15	0,000	0,000		
5	24	48,00	20,03	9,61	5,86	5,86	41,32	41,32	0,000	0,000		

6	48	47,59	21,96	10,45	5,88	5,88	44,98	44,98	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	48,06	21,24	10,21	5,69	5,69	43,62	43,62	0,000	0,000		
8	48	47,78	21,02	10,04	5,84	5,84	44,59	44,59	0,000	0,000		
9	48	48,09	21,31	10,25	5,73	5,73	43,70	43,70	0,000	0,000		
10	48	48,06	21,02	10,10	5,85	5,85	44,73	44,73	0,000	0,000		
11	72	47,48	20,05	9,52	5,87	5,87	40,69	40,69	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	48,01	20,08	9,64	5,85	5,85	41,78	41,78	0,000	0,000		
13	72	47,55	20,05	9,53	5,86	5,86	41,45	41,45	0,000	0,000		
14	72	47,53	20,05	9,53	5,93	5,93	40,42	40,42	0,000	0,000		
15	72	48,01	20,33	9,76	5,77	5,77	42,72	42,72	0,000	0,000		
16	96	47,77	21,59	10,31	5,82	5,82	45,01	45,01	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	47,24	22,00	10,39	5,82	5,82	46,36	46,36	0,000	0,000		
18	96	47,24	21,27	10,05	5,87	5,87	43,20	43,20	0,000	0,000		
19	96	48,02	21,03	10,10	5,64	5,64	43,80	43,80	0,000	0,000		
20	96	47,49	21,60	10,26	5,84	5,84	44,34	44,34	0,000	0,000		
21	120	48,03	21,18	10,17	5,83	5,83	44,21	44,21	0,000	0,000	0,084	0,056
22	120	48,04	20,76	9,97	5,80	5,80	43,52	43,50	0,020	0,186		
23	120	48,02	20,15	9,68	5,89	5,89	42,57	42,56	0,010	0,096		
24	120	47,27	21,39	10,11	5,89	5,89	44,42	44,42	0,000	0,000		
25	120	47,38	20,04	9,49	5,72	5,72	41,83	41,83	0,000	0,000		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-5: Tasa de Corrosión vs Tiempo C11P.





Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras presentan valores de tasa de corrosión a las 120 horas de análisis.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-6: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión C11B.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div>  </div>												
FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS												
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos										
Provincia/Ciudad:		Tungurahua-Ambato				Máquina:			Cámara de Niebla Salina SSC 400			
Fecha de datos iniciales		08/11/2018	Fecha de datos finales		15-19/11/2018		Norma:			ASTM B117		
Ensayo:		Corrosión Acelerada en la CNS					Tipo de Soldadura:		SMAW	Electrodo:	E6011	
Método de Limpieza:		Sandblasting					Tipo de Recubrimiento:		Anticorrosivo base solvente			
Tipo de aplicación del recubrimiento:		Brochado					Código:			C11B		
Constante K de Corrosión:		87600 mm/año					Densidad del Material:			7.86 g/cm ³		
DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS												
ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	48,01	21,33	10,24	5,84	5,84	44,35	44,35	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	47,77	22,03	10,52	5,87	5,87	46,56	46,56	0,000	0,000		
3	24	47,85	20,66	9,89	5,76	5,76	42,76	42,76	0,000	0,000		
4	24	48,04	20,69	9,94	5,72	5,72	43,00	43,00	0,000	0,000		
5	24	47,37	20,75	9,83	5,90	5,90	42,73	42,73	0,000	0,000		

6	48	47,97	20,84	10,00	5,74	5,74	42,75	42,75	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	47,74	21,27	10,15	5,73	5,73	44,22	44,22	0,000	0,000		
8	48	47,23	20,84	9,84	5,86	5,86	43,26	43,26	0,000	0,000		
9	48	48,05	21,20	10,19	5,93	5,93	45,40	45,40	0,000	0,000		
10	48	48,00	20,65	9,91	5,91	5,91	43,12	43,12	0,000	0,000		
11	72	48,04	21,27	10,22	5,83	5,83	44,69	44,69	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	47,57	21,67	10,31	5,83	5,83	45,20	45,20	0,000	0,000		
13	72	47,80	21,58	10,32	5,87	5,87	44,92	44,92	0,000	0,000		
14	72	48,02	21,16	10,16	5,84	5,84	43,72	43,72	0,000	0,000		
15	72	48,06	21,32	10,25	5,71	5,71	44,64	44,64	0,000	0,000		
16	96	48,04	20,94	10,06	5,81	5,81	44,08	44,08	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	47,50	21,03	9,99	5,85	5,85	44,23	44,23	0,000	0,000		
18	96	47,28	22,20	10,50	5,83	5,83	46,80	46,80	0,000	0,000		
19	96	48,02	21,88	10,51	5,50	5,50	44,62	44,62	0,000	0,000		
20	96	48,02	21,09	10,13	5,91	5,91	44,44	44,44	0,000	0,000		
21	120	48,05	22,05	10,60	5,92	5,92	47,38	47,37	0,010	0,088	0,050	0,124
22	120	47,44	22,04	10,46	5,92	5,92	46,11	46,10	0,010	0,089		
23	120	48,03	21,69	10,42	5,85	5,85	45,14	45,12	0,020	0,178		
24	120	47,85	22,60	10,81	5,90	5,90	46,11	46,10	0,010	0,086		
25	120	48,26	21,62	10,43	5,83	5,83	45,79	45,77	0,020	0,178		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-6: Tasa de Corrosión vs Tiempo C11B.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras presentan valores de tasa de corrosión a las 120 horas de análisis.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-7: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión M13P.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div>  </div>													
FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS													
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos											
Provincia/Ciudad:		Tungurahua-Ambato				Máquina:			Cámara de Niebla Salina SSC 400				
Fecha de datos iniciales:		09/11/2018		Fecha de datos finales:		15-19/11/2018		Norma:			ASTM B117		
Ensayo:		Corrosión Acelerada en la CNS						Tipo de Soldadura:		SMAW		Electrodo:	E6013
Método de Limpieza:		Manual - Lija						Tipo de Recubrimiento:		Anticorrosivo base solvente			
Tipo de aplicación del recubrimiento:		Pulverizado						Código:		M13P			
Constante K de Corrosión:		87600 mm/año						Densidad del Material:		7.86 g/cm ³			
DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS													
ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN			
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)	
1	24	48,02	21,33	10,24	5,78	5,78	45,29	45,29	0,000	0,000	0,000	0,000	
2	24	47,96	21,99	10,55	5,80	5,80	46,47	46,47	0,000	0,000			
3	24	48,01	20,90	10,03	5,89	5,89	43,96	43,96	0,000	0,000			
4	24	48,02	20,08	9,64	5,80	5,80	41,54	41,54	0,000	0,000			
5	24	48,05	20,46	9,83	5,81	5,81	43,39	43,39	0,000	0,000			

6	48	48,01	21,24	10,20	5,86	5,86	43,96	43,96	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	48,01	20,05	9,63	5,82	5,82	40,50	40,50	0,000	0,000		
8	48	48,02	20,09	9,65	5,74	5,74	41,14	41,14	0,000	0,000		
9	48	47,99	20,51	9,84	5,78	5,78	42,52	42,52	0,000	0,000		
10	48	47,61	20,11	9,57	5,86	5,86	42,42	42,42	0,000	0,000		
11	72	47,98	21,85	10,48	5,96	5,96	45,88	45,88	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	48,05	20,71	9,95	5,80	5,80	42,44	42,44	0,000	0,000		
13	72	48,02	20,08	9,64	5,75	5,75	42,11	42,11	0,000	0,000		
14	72	48,04	20,71	9,95	5,77	5,77	42,72	42,72	0,000	0,000		
15	72	48,01	20,17	9,68	5,84	5,84	42,40	42,40	0,000	0,000		
16	96	47,92	20,30	9,73	5,90	5,90	42,49	42,49	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	48,02	20,37	9,78	5,84	5,84	42,54	42,54	0,000	0,000		
18	96	48,01	20,03	9,62	5,91	5,91	41,29	41,29	0,000	0,000		
19	96	48,02	20,17	9,69	5,88	5,88	42,59	42,59	0,000	0,000		
20	96	48,03	20,52	9,86	5,90	5,90	42,20	42,20	0,000	0,000		
21	120	48,03	20,66	9,92	5,88	5,88	43,07	43,07	0,000	0,000	0,042	0,019
22	120	47,66	20,09	9,57	5,73	5,73	40,49	40,49	0,000	0,000		
23	120	47,78	20,33	9,71	5,82	5,82	42,01	42,01	0,000	0,000		
24	120	48,05	20,82	10,00	5,76	5,76	43,47	43,46	0,010	0,093		
25	120	48,01	21,56	10,35	5,79	5,79	44,63	44,63	0,000	0,000		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-7: Tasa de Corrosión vs Tiempo M13P.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras presentan valores de tasa de corrosión a las 120 horas de análisis.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-8: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión M13B.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> </div>  </div>													
FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS													
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos											
Provincia/Ciudad:		Tungurahua-Ambato				Máquina:			Cámara de Niebla Salina SSC 400				
Fecha de datos iniciales:		09/11/2018		Fecha de datos finales:		15-19/11/2018		Norma:			ASTM B117		
Ensayo:		Corrosión Acelerada en la CNS						Tipo de Soldadura:		SMAW		Electrodo:	E6013
Método de Limpieza:		Manual - Lija						Tipo de Recubrimiento:		Anticorrosivo base solvente			
Tipo de aplicación del recubrimiento:		Brochado						Código:		M13B			
Constante K de Corrosión:		87600 mm/año						Densidad del Material:		7.86 g/cm ³			
DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS													
ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN			
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)	
1	24	48,03	21,23	10,20	5,89	5,89	44,25	44,25	0,000	0,000	0,000	0,000	
2	24	47,95	22,03	10,56	5,93	5,93	47,18	47,18	0,000	0,000			
3	24	47,75	21,99	10,50	5,74	5,74	45,69	45,69	0,000	0,000			
4	24	47,79	22,02	10,52	5,89	5,89	46,38	46,38	0,000	0,000			
5	24	47,89	21,98	10,53	5,95	5,95	46,9	46,9	0,000	0,000			

6	48	47,68	22	10,49	5,96	5,96	45,45	45,45	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	47,62	21,88	10,42	5,94	5,94	44,42	44,42	0,000	0,000		
8	48	48,05	21,37	10,27	5,75	5,75	44,76	44,76	0,000	0,000		
9	48	47,78	21,81	10,42	5,91	5,91	45,34	45,34	0,000	0,000		
10	48	48,06	21,86	10,51	5,91	5,91	46,34	46,34	0,000	0,000		
11	72	47,57	22,02	10,47	5,85	5,85	46,47	46,47	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	48,02	22,04	10,58	6,05	6,05	46,88	46,88	0,000	0,000		
13	72	47,72	21,9	10,45	5,92	5,92	46,12	46,12	0,000	0,000		
14	72	48,05	21,51	10,34	5,75	5,75	44,57	44,57	0,000	0,000		
15	72	48,03	21,75	10,45	5,93	5,93	45,63	45,63	0,000	0,000		
16	96	47,69	22,02	10,50	5,77	5,77	46,25	46,25	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	47,68	21,93	10,46	5,83	5,83	45,13	45,13	0,000	0,000		
18	96	47,67	21,95	10,46	5,94	5,94	45,67	45,67	0,000	0,000		
19	96	47,82	22,08	10,56	5,99	5,99	46,95	46,95	0,000	0,000		
20	96	47,9	22,02	10,55	6,03	6,03	45,73	45,73	0,000	0,000		
21	120	47,94	20,52	9,84	5,94	5,94	43,09	43,09	0,000	0,000	0,000	0,000
22	120	48,07	20,37	9,79	5,77	5,77	42,45	42,45	0,000	0,000		
23	120	48	21,57	10,35	5,88	5,88	47,34	47,34	0,000	0,000		
24	120	48,02	21	10,08	5,97	5,97	44,28	44,28	0,000	0,000		
25	120	47,98	21,14	10,14	5,87	5,87	43,99	43,99	0,000	0,000		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-8: Tasa de Corrosión vs Tiempo M13B.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras no presentan valores de tasa de corrosión.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-9: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión G13P.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> </div>  </div>												
FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS												
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos										
Provincia/Ciudad:		Tungurahua-Ambato				Máquina:			Cámara de Niebla Salina SSC 400			
Fecha de datos iniciales:		09/11/2018		Fecha de datos finales:		15-19/11/2018		Norma:		ASTM B117		
Ensayo:		Corrosión Acelerada en la CNS					Tipo de Soldadura:		SMAW	Electrodo:	E6013	
Método de Limpieza:		Mecánica - Grata					Tipo de Recubrimiento:		Anticorrosivo base solvente			
Tipo de aplicación del recubrimiento:		Pulverizado					Código:		G13P			
Constante K de Corrosión:		87600 mm/año					Densidad del Material:		7.86 g/cm ³			
DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS												
ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	47,73	22,03	10,51	5,88	5,88	46,71	46,71	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	47,90	22,01	10,54	5,91	5,91	46,00	46,00	0,000	0,000		
3	24	47,97	21,61	10,37	5,79	5,79	44,09	44,09	0,000	0,000		
4	24	47,52	21,21	10,08	5,81	5,81	43,70	43,70	0,000	0,000		
5	24	48,02	21,01	10,09	5,84	5,84	43,73	43,73	0,000	0,000		

6	48	48,04	20,07	9,64	5,85	5,85	40,97	40,97	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	48,01	20,06	9,63	5,90	5,90	40,28	40,28	0,000	0,000		
8	48	47,83	20,02	9,58	5,86	5,86	40,03	40,03	0,000	0,000		
9	48	48,02	20,81	9,99	5,79	5,79	43,54	43,54	0,000	0,000		
10	48	47,99	20,51	9,84	5,86	5,86	42,52	42,52	0,000	0,000		
11	72	48,03	21,05	10,11	5,79	5,79	42,41	42,41	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	47,88	20,40	9,77	5,90	5,90	41,70	41,70	0,000	0,000		
13	72	48,05	20,67	9,93	5,85	5,85	44,07	44,07	0,000	0,000		
14	72	47,86	21,45	10,27	5,82	5,82	44,20	44,20	0,000	0,000		
15	72	48,09	21,24	10,21	5,93	5,93	45,56	45,56	0,000	0,000		
16	96	48,07	21,27	10,22	5,91	5,91	44,23	44,23	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	47,94	21,92	10,51	5,98	5,98	45,78	45,78	0,000	0,000		
18	96	48,01	20,37	9,78	5,90	5,90	43,23	43,23	0,000	0,000		
19	96	48,01	21,66	10,40	5,95	5,95	45,00	45,00	0,000	0,000		
20	96	48,04	20,09	9,65	5,80	5,80	42,68	42,68	0,000	0,000		
21	120	48,04	20,08	9,65	5,83	5,83	41,43	41,43	0,000	0,000	0,043	0,077
22	120	47,98	20,60	9,88	5,86	5,86	43,05	43,04	0,010	0,094		
23	120	48,01	20,04	9,62	5,83	5,83	40,13	40,12	0,010	0,097		
24	120	48,05	20,18	9,70	5,92	5,92	42,92	42,91	0,010	0,096		
25	120	48,06	20,04	9,63	5,88	5,88	41,89	41,88	0,010	0,096		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-9: Tasa de Corrosión vs Tiempo G13P.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras presentan valores de tasa de corrosión a las 120 horas de análisis.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-10: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión G13B.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS

Lugar/Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos		
Provincia/Ciudad:	Tungurahua-Ambato	Máquina:	Cámara de Niebla Salina SSC 400
Fecha de datos iniciales:	08/11/2018	Fecha de datos finales:	15/11/2018
Ensayo:	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma:	ASTM B117
Método de Limpieza:	Mecánica - Grata	Tipo de Soldadura:	SMAW Electrodo: E6013
Tipo de aplicación del recubrimiento:	Brochado	Tipo de Recubrimiento:	Anticorrosivo base solvente
Constante K de Corrosión:	87600 mm/año	Código:	G13B
		Densidad del Material:	7.86 g/cm ³

DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS

ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	48,02	21,25	10,20	5,86	5,86	44,44	44,44	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	48,05	20,84	10,01	5,82	5,82	43,38	43,38	0,000	0,000		
3	24	48,09	21,00	10,10	5,90	5,90	44,35	44,35	0,000	0,000		
4	24	48,07	21,18	10,18	5,71	5,71	43,38	43,38	0,000	0,000		
5	24	48,07	21,16	10,17	5,82	5,82	44,91	44,91	0,000	0,000		

6	48	47,66	21,92	10,45	5,95	5,95	45,53	45,53	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	48,01	21,90	10,51	5,94	5,94	45,63	45,63	0,000	0,000		
8	48	48,04	21,91	10,53	5,98	5,98	46,68	46,68	0,000	0,000		
9	48	48,04	20,85	10,02	5,76	5,76	43,11	43,11	0,000	0,000		
10	48	48,02	20,67	9,93	5,88	5,88	42,90	42,90	0,000	0,000		
11	72	47,91	22,05	10,56	6,01	6,01	47,47	47,47	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	48,07	21,20	10,19	5,76	5,76	43,99	43,99	0,000	0,000		
13	72	47,91	22,04	10,56	6,01	6,01	46,49	46,49	0,000	0,000		
14	72	48,07	21,97	10,56	5,87	5,87	45,58	45,58	0,000	0,000		
15	72	48,05	20,72	9,96	5,88	5,88	43,27	43,27	0,000	0,000		
16	96	48,06	20,96	10,07	5,70	5,70	43,50	43,50	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	48,01	22,07	10,60	5,97	5,97	47,74	47,74	0,000	0,000		
18	96	48,04	21,27	10,22	5,84	5,84	45,06	45,06	0,000	0,000		
19	96	47,90	21,90	10,49	5,92	5,92	45,49	45,49	0,000	0,000		
20	96	48,03	21,56	10,36	5,86	5,86	44,55	44,55	0,000	0,000		
21	120	48,06	20,80	10,00	5,79	5,79	43,51	43,51	0,000	0,000	0,042	0,019
22	120	48,01	20,52	9,85	5,80	5,80	42,40	42,40	0,000	0,000		
23	120	48,04	20,80	9,99	5,65	5,65	44,28	44,28	0,000	0,000		
24	120	48,01	21,82	10,48	5,92	5,92	45,45	45,45	0,000	0,000		
25	120	47,98	20,53	9,85	5,79	5,79	42,79	42,78	0,010	0,094		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-10: Tasa de Corrosión vs Tiempo G13B.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras presentan valores de tasa de corrosión a las 120 horas de análisis.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-11: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión C13P.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div>  </div>												
FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS												
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos										
Provincia/Ciudad:		Tungurahua-Ambato				Máquina:			Cámara de Niebla Salina SSC 400			
Fecha de datos iniciales:		09/11/2018		Fecha de datos finales:		15-19/11/2018		Norma:		ASTM B117		
Ensayo:		Corrosión Acelerada en la CNS						Tipo de Soldadura:		SMAW	Electrodo:	E6013
Método de Limpieza:		Chorro-Sandblasting						Tipo de Recubrimiento:		Anticorrosivo base solvente		
Tipo de aplicación del recubrimiento:		Pulverizado						Código:		C13P		
Constante K de Corrosión:		87600 mm/año						Densidad del Material:		7.86 g/cm ³		
DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS												
ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	47,41	21,63	10,25	5,85	5,85	45,03	45,03	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	48,04	21,41	10,29	5,88	5,88	42,44	42,44	0,000	0,000		
3	24	48,03	20,88	10,03	5,80	5,80	43,33	43,33	0,000	0,000		
4	24	48,05	20,28	9,74	5,90	5,90	42,31	42,31	0,000	0,000		
5	24	47,92	20,65	9,90	5,88	5,88	42,66	42,66	0,000	0,000		

6	48	48,03	21,26	10,21	5,66	5,66	42,80	42,80	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	48,03	20,11	9,66	5,79	5,79	40,50	40,50	0,000	0,000		
8	48	47,56	20,66	9,83	5,86	5,86	42,34	42,34	0,000	0,000		
9	48	47,83	20,09	9,61	5,84	5,84	41,64	41,64	0,000	0,000		
10	48	48,07	21,02	10,10	5,75	5,75	44,10	44,10	0,000	0,000		
11	72	48,05	20,08	9,65	5,80	5,80	41,11	41,11	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	48,01	21,04	10,10	5,74	5,74	42,58	42,58	0,000	0,000		
13	72	48,04	20,87	10,03	5,77	5,77	43,02	43,02	0,000	0,000		
14	72	48,03	20,91	10,04	5,81	5,81	42,86	42,86	0,000	0,000		
15	72	48,02	20,65	9,92	5,84	5,84	42,74	42,74	0,000	0,000		
16	96	48,05	21,34	10,25	5,87	5,87	44,49	44,49	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	48,05	20,47	9,84	5,81	5,81	43,13	43,13	0,000	0,000		
18	96	48,05	21,13	10,15	5,80	5,80	44,22	44,22	0,000	0,000		
19	96	47,74	20,36	9,72	5,72	5,72	42,07	42,07	0,000	0,000		
20	96	48,01	20,21	9,70	5,83	5,83	42,48	42,48	0,000	0,000		
21	120	48,03	20,64	9,91	5,79	5,79	43,20	43,20	0,000	0,000	0,052	0,057
22	120	48,02	20,77	9,97	5,79	5,79	43,03	43,02	0,010	0,093		
23	120	47,57	20,08	9,55	5,88	5,88	41,38	41,38	0,000	0,000		
24	120	48,00	20,02	9,61	5,87	5,87	40,59	40,58	0,010	0,097		
25	120	48,01	20,01	9,61	5,87	5,87	40,19	40,18	0,010	0,097		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-11: Tasa de Corrosión vs Tiempo C13P.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras presentan valores de tasa de corrosión a las 120 horas de análisis.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-12: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión C13B.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div>  </div>												
FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS												
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos										
Provincia/Ciudad:		Tungurahua-Ambato				Máquina:			Cámara de Niebla Salina SSC 400			
Fecha de datos iniciales:		09/11/2018		Fecha de datos finales:		15-19/11/2018		Norma:		ASTM B117		
Ensayo:		Corrosión Acelerada en la CNS				Tipo de Soldadura:			SMAW		Electrodo: E6013	
Método de Limpieza:		Chorro-Sandblasting				Tipo de Recubrimiento:			Anticorrosivo base solvente			
Tipo de aplicación del recubrimiento:		Brochado				Código:			C13B			
Constante K de Corrosión:		87600 mm/año				Densidad del Material:			7.86 g/cm ³			
DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS												
ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	48,03	21,16	10,16	5,88	5,88	43,73	43,73	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	48,04	21,77	10,46	5,91	5,91	45,73	45,73	0,000	0,000		
3	24	48,09	21,48	10,33	5,85	5,85	44,82	44,82	0,000	0,000		
4	24	47,76	22,00	10,51	5,82	5,82	45,72	45,72	0,000	0,000		
5	24	48,04	20,78	9,98	5,88	5,88	43,96	43,96	0,000	0,000		

6	48	48,05	21,36	10,26	5,65	5,65	44,62	44,62	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	48,03	20,92	10,05	5,89	5,89	43,33	43,33	0,000	0,000		
8	48	48,08	20,13	9,68	5,88	5,88	46,61	46,61	0,000	0,000		
9	48	48,01	22,01	10,57	5,85	5,85	47,07	47,07	0,000	0,000		
10	48	48,06	21,62	10,39	5,82	5,82	44,14	44,14	0,000	0,000		
11	72	48,02	20,20	9,70	5,84	5,84	42,88	42,88	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	48,02	20,17	9,69	5,77	5,77	41,79	41,79	0,000	0,000		
13	72	48,04	20,77	9,98	5,87	5,87	43,34	43,34	0,000	0,000		
14	72	48,07	20,92	10,06	5,70	5,70	43,69	43,69	0,000	0,000		
15	72	48,03	50,96	24,48	5,76	5,76	43,65	43,65	0,000	0,000		
16	96	48,03	20,79	9,99	5,77	5,77	43,10	43,10	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	48,00	21,63	10,38	5,86	5,86	44,89	44,89	0,000	0,000		
18	96	48,01	21,23	10,19	5,81	5,81	43,63	43,63	0,000	0,000		
19	96	48,06	20,78	9,99	5,91	5,91	44,09	44,09	0,000	0,000		
20	96	48,04	20,87	10,03	5,76	5,76	42,74	42,74	0,000	0,000		
21	120	47,92	22,03	10,56	5,83	5,83	46,04	46,03	0,010	0,088	0,097	0,106
22	120	48,05	21,62	10,39	5,85	5,85	44,90	44,90	0,000	0,000		
23	120	47,70	22,00	10,49	5,95	5,95	45,85	45,84	0,010	0,089		
24	120	48,02	21,87	10,50	5,93	5,93	45,57	45,56	0,010	0,088		
25	120	48,06	21,74	10,45	5,89	5,89	45,49	45,46	0,030	0,267		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-12: Tasa de Corrosión vs Tiempo C13B.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de Corrosion de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras presentan valores de tasa de corrosión a las 120 horas de análisis.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

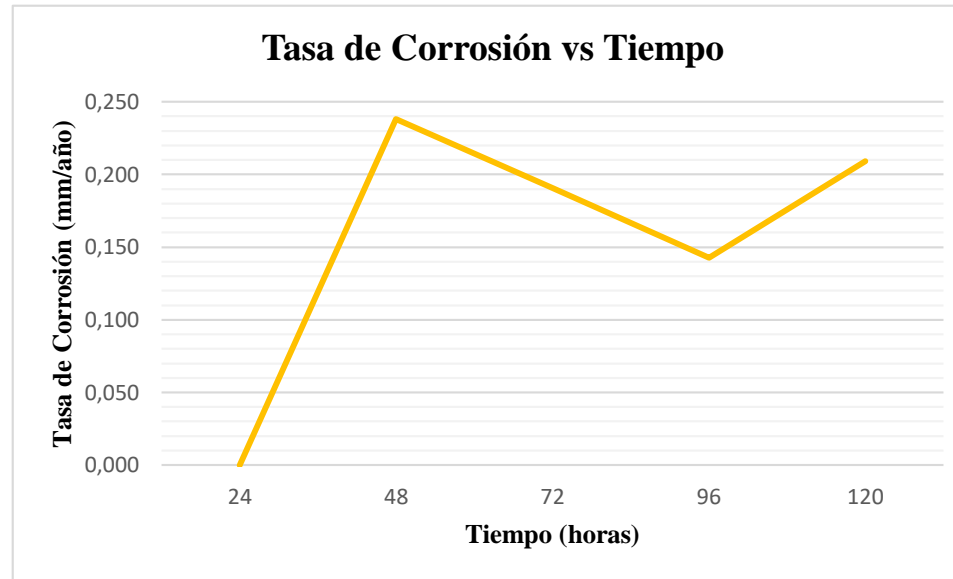
Ficha Técnica 4-13: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión M18P.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> </div>  </div>												
FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS												
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos										
Provincia/Ciudad:		Tungurahua-Ambato				Máquina:			Cámara de Niebla Salina SSC 400			
Fecha de datos iniciales:		09/11/2018		Fecha de datos finales:		15-19/11/2018		Norma:			ASTM B117	
Ensayo:		Corrosión Acelerada en la CNS				Tipo de Soldadura:			SMAW		Electrodo: E7018	
Método de Limpieza:		Manual – Lija				Tipo de Recubrimiento:			Anticorrosivo base solvente			
Tipo de aplicación del recubrimiento:		Pulverizado				Código:			M18P			
Constante K de Corrosión:		87600 mm/año				Densidad del Material:			7.86 g/cm ³			
DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS												
ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	47,45	21,54	10,22	5,94	5,94	44,97	44,97	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	48,03	21,00	10,09	5,90	5,90	44,30	44,30	0,000	0,000		
3	24	48,06	20,77	9,98	5,75	5,75	42,73	42,73	0,000	0,000		
4	24	48,06	22,00	10,57	5,95	5,95	45,87	45,87	0,000	0,000		
5	24	47,44	20,09	9,53	5,87	5,87	42,44	42,44	0,000	0,000		

6	48	48,01	20,54	9,86	5,95	5,95	41,73	41,72	0,010	0,235	0,003	0,238
7	48	48,08	20,58	9,89	5,84	5,84	42,94	42,93	0,010	0,235		
8	48	47,63	20,09	9,57	5,90	5,90	41,37	41,36	0,010	0,243		
9	48	47,94	20,47	9,81	5,82	5,82	42,66	42,65	0,010	0,237		
10	48	48,01	20,09	9,65	5,66	5,66	40,43	40,42	0,010	0,241		
11	72	48,03	20,21	9,71	5,84	5,84	41,97	41,96	0,010	0,159	0,134	0,190
12	72	47,80	20,09	9,60	5,97	5,97	42,35	42,35	0,000	0,000		
13	72	48,00	20,54	9,86	5,70	5,70	42,58	42,56	0,020	0,314		
14	72	48,04	20,85	10,02	5,81	5,81	43,15	43,14	0,010	0,155		
15	72	47,50	20,09	9,54	5,91	5,91	41,2	41,18	0,020	0,324		
16	96	47,78	20,60	9,84	5,75	5,75	42,27	42,26	0,010	0,118	0,054	0,143
17	96	48,02	20,39	9,79	5,86	5,86	42,85	42,84	0,010	0,119		
18	96	47,61	20,19	9,61	5,90	5,90	42,25	42,24	0,010	0,121		
19	96	48,07	20,24	9,73	5,70	5,70	41,39	41,37	0,020	0,239		
20	96	48,02	20,54	9,86	5,86	5,86	43,03	43,02	0,010	0,118		
21	120	48,01	20,08	9,64	5,95	5,95	41,85	41,83	0,020	0,193	0,045	0,210
22	120	47,61	20,53	9,77	5,93	5,93	42,02	42,00	0,020	0,190		
23	120	48,05	20,67	9,93	5,84	5,84	42,90	42,88	0,020	0,187		
24	120	48,00	20,56	9,87	5,89	5,89	42,77	42,75	0,020	0,188		
25	120	47,94	20,05	9,61	5,74	5,74	41,17	41,14	0,030	0,290		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-13: Tasa de Corrosión vs Tiempo M18P.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras presentan valores de tasa de corrosión desde las 48 horas a las 120 horas de análisis.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-14: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión M18B.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS

Lugar/Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos				
Provincia/Ciudad:	Tungurahua-Ambato		Máquina:	Cámara de Niebla Salina SSC 400	
Fecha de datos iniciales:	09/11/2018	Fecha de datos finales:	15-19/11/2018	Norma:	ASTM B117
Ensayo:	Corrosión Acelerada en la CNS			Tipo de Soldadura:	SMAW Electrodo: E7018
Método de Limpieza:	Manual - Lija			Tipo de Recubrimiento:	Anticorrosivo base solvente
Tipo de aplicación del recubrimiento:	Brochado			Código:	M18B
Constante K de Corrosión:	87600 mm/año			Densidad del Material:	7.86 g/cm ³

DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS

ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	47,93	20,08	9,62	5,83	5,83	40,65	40,65	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	47,92	20,71	9,92	5,71	5,71	41,88	41,88	0,000	0,000		
3	24	47,95	20,34	9,75	5,86	5,86	42,95	42,95	0,000	0,000		
4	24	48,02	20,63	9,91	5,76	5,76	42,09	42,09	0,000	0,000		
5	24	48,00	20,07	9,63	5,79	5,79	40,85	40,85	0,000	0,000		

6	48	47,77	20,09	9,60	5,91	5,91	40,82	40,82	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	48,07	20,16	9,69	5,87	5,87	41,62	41,62	0,000	0,000		
8	48	47,84	20,07	9,60	5,84	5,84	41,00	41,00	0,000	0,000		
9	48	47,65	20,24	9,64	5,93	5,93	41,89	41,89	0,000	0,000		
10	48	48,02	20,69	9,94	5,74	5,74	42,43	42,43	0,000	0,000		
11	72	47,76	20,71	9,89	5,8	5,8	42,65	42,65	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	48,08	20,08	9,65	5,69	5,69	41,07	41,07	0,000	0,000		
13	72	47,92	20,09	9,63	5,66	5,66	40,73	40,73	0,000	0,000		
14	72	48,00	20,56	9,87	5,87	5,87	41,88	41,88	0,000	0,000		
15	72	47,46	20,06	9,52	5,94	5,94	40,88	40,88	0,000	0,000		
16	96	47,70	20,07	9,57	5,83	5,83	41,63	41,63	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	48,01	20,06	9,63	5,67	5,67	41,04	41,04	0,000	0,000		
18	96	47,54	20,05	9,53	6,04	6,04	41,73	41,73	0,000	0,000		
19	96	48,06	20,07	9,65	5,89	5,89	41,67	41,67	0,000	0,000		
20	96	48,00	20,04	9,62	5,92	5,92	40,49	40,49	0,000	0,000		
21	120	48,01	20,08	9,64	5,70	5,70	40,79	40,79	0,000	0,000	0,000	0,000
22	120	48,02	20,55	9,87	5,69	5,69	41,29	41,29	0,000	0,000		
23	120	48,00	20,08	9,64	5,92	5,92	41,53	41,53	0,000	0,000		
24	120	47,98	20,98	10,07	5,84	5,84	46,06	46,06	0,000	0,000		
25	120	47,59	20,68	9,84	5,84	5,84	42,30	42,30	0,000	0,000		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-14: Tasa de Corrosión vs Tiempo M18B.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras no presentan valores de tasa de corrosión.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-15: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión G18P.

ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	47,20	21,06	9,94	5,84	5,84	44,21	44,21	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	48,04	20,09	9,65	5,81	5,81	42,40	42,40	0,000	0,000		
3	24	48,02	20,48	9,83	5,80	5,80	41,77	41,77	0,000	0,000		
4	24	47,82	20,11	9,62	5,89	5,89	41,80	41,80	0,000	0,000		
5	24	48,05	20,74	9,97	5,68	5,68	42,83	42,83	0,000	0,000		



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS

Lugar/Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos						
Provincia/Ciudad:	Tungurahua-Ambato			Máquina:	Cámara de Niebla Salina SSC 400		
Fecha de datos iniciales:	09/11/2018	Fecha de datos finales:	15-19/11/2018	Norma:	ASTM B117		
Ensayo:	Corrosión Acelerada en la CNS			Tipo de Soldadura:	SMAW	Electrodo:	E7018
Método de Limpieza:	Mecánica - Grata			Tipo de Recubrimiento:	Anticorrosivo base solvente		
Tipo de aplicación del recubrimiento:	Pulverizado			Código:	G18P		
Constante K de Corrosión:	87600 mm/año			Densidad del Material:	7.86 g/cm ³		

DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS

6	48	47,08	20,86	9,82	5,75	5,75	41,96	41,96	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	47,82	22,00	10,52	5,72	5,72	46,57	46,57	0,000	0,000		
8	48	48,00	20,68	9,93	5,69	5,69	42,86	42,86	0,000	0,000		
9	48	47,40	20,61	9,77	5,87	5,87	43,68	43,68	0,000	0,000		
10	48	47,09	20,64	9,72	5,72	5,72	43,13	43,13	0,000	0,000		
11	72	48,04	20,30	9,75	5,55	5,55	41,59	41,59	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	48,00	20,16	9,68	5,86	5,86	42,77	42,77	0,000	0,000		
13	72	47,60	21,47	10,22	5,77	5,77	44,83	44,83	0,000	0,000		
14	72	48,05	20,93	10,06	5,70	5,70	44,52	44,52	0,000	0,000		
15	72	47,66	20,40	9,72	5,71	5,71	42,89	42,89	0,000	0,000		
16	96	48,04	20,90	10,04	5,61	5,61	42,47	42,47	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	48,05	20,40	9,80	5,71	5,71	42,36	42,36	0,000	0,000		
18	96	47,94	21,20	10,16	5,66	5,66	43,93	43,93	0,000	0,000		
19	96	48,02	20,68	9,93	5,67	5,67	42,08	42,08	0,000	0,000		
20	96	47,59	21,29	10,13	5,85	5,85	44,86	44,86	0,000	0,000		
21	120	47,88	20,67	9,90	5,73	5,73	43,36	43,35	0,010	0,094	0,042	0,019
22	120	48,01	20,00	9,60	5,56	5,56	41,63	41,63	0,000	0,000		
23	120	47,79	21,05	10,06	5,79	5,79	43,83	43,83	0,000	0,000		
24	120	48,07	20,77	9,98	5,70	5,70	43,67	43,67	0,000	0,000		
25	120	48,02	20,07	9,64	5,74	5,74	41,76	41,76	0,000	0,000		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-15: Tasa de Corrosión vs Tiempo G18P.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras presentan valores de tasa de corrosión a las 120 horas de análisis.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-16: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión G18B.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS

Lugar/Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos		
Provincia/Ciudad:	Tungurahua-Ambato	Máquina:	Cámara de Niebla Salina SSC 400
Fecha de datos iniciales:	09/11/2018	Fecha de datos finales:	15-19/11/2018
Ensayo:	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma:	ASTM B117
Método de Limpieza:	Mecánica - Grata	Tipo de Soldadura:	SMAW Electrodo: E7018
Tipo de aplicación del recubrimiento:	Brochado	Tipo de Recubrimiento:	Anticorrosivo base solvente
Constante K de Corrosión:	87600 mm/año	Código:	G18B
		Densidad del Material:	7.86 g/cm ³

DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS

ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	48,03	20,05	9,63	5,93	5,93	41,09	41,09	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	48,01	20,09	9,65	5,99	5,99	41,15	41,15	0,000	0,000		
3	24	47,67	20,08	9,57	5,92	5,92	42,36	42,36	0,000	0,000		
4	24	47,84	20,47	9,79	5,92	5,92	41,62	41,62	0,000	0,000		
5	24	47,56	20,31	9,66	5,69	5,69	41,12	41,12	0,000	0,000		

6	48	48,04	21,07	10,12	5,51	5,51	42,71	42,71	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	47,68	21,07	10,05	6,01	6,01	44,40	44,40	0,000	0,000		
8	48	48,04	21,11	10,14	5,75	5,75	43,57	43,57	0,000	0,000		
9	48	47,93	20,50	9,83	5,72	5,72	42,48	42,48	0,000	0,000		
10	48	47,55	20,13	9,57	5,87	5,87	42,46	42,46	0,000	0,000		
11	72	47,91	20,18	9,67	5,88	5,88	42,39	42,39	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	47,92	20,15	9,66	5,93	5,93	43,39	43,39	0,000	0,000		
13	72	47,82	20,32	9,72	5,87	5,87	41,25	41,25	0,000	0,000		
14	72	48,03	20,05	9,63	5,86	5,86	42,62	42,62	0,000	0,000		
15	72	48,08	20,07	9,65	5,87	5,87	41,06	41,06	0,000	0,000		
16	96	47,89	20,02	9,59	5,94	5,94	41,20	41,20	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	48,04	20,06	9,64	5,94	5,94	41,13	41,13	0,000	0,000		
18	96	48,08	20,07	9,65	5,90	5,90	41,19	41,19	0,000	0,000		
19	96	47,64	20,04	9,55	5,90	5,90	41,32	41,32	0,000	0,000		
20	96	48,01	20,69	9,93	5,70	5,70	43,08	43,08	0,000	0,000		
21	120	48,01	21,75	10,44	5,87	5,87	46,16	46,16	0,000	0,000	0,000	0,000
22	120	47,92	20,10	9,63	5,80	5,80	41,90	41,90	0,000	0,000		
23	120	47,90	20,35	9,75	5,61	5,61	40,10	40,10	0,000	0,000		
24	120	48,05	20,51	9,86	5,63	5,63	42,32	42,32	0,000	0,000		
25	120	48,00	20,52	9,85	5,89	5,89	42,60	42,60	0,000	0,000		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-16: Tasa de Corrosión vs Tiempo G18B.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras no presentan valores de tasa de corrosión.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-17: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión C18P.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div>  </div>												
FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS												
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero – Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos										
Provincia/Ciudad:		Tungurahua-Ambato				Máquina:			Cámara de Niebla Salina SSC 400			
Fecha de datos iniciales:		09/11/2018		Fecha de datos finales:		15-19/11/2018		Norma:			ASTM B117	
Ensayo:		Corrosión Acelerada en la CNS				Tipo de Soldadura:			SMAW		Electrodo: E7018	
Método de Limpieza:		Chorro-Sandblasting				Tipo de Recubrimiento:			Anticorrosivo base solvente			
Tipo de aplicación del recubrimiento:		Pulverizado				Código:			C18P			
Constante K de Corrosión:		87600 mm/año				Densidad del Material:			7.86 g/cm ³			
DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS												
ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	47,89	20,42	9,78	5,78	5,78	41,68	41,68	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	47,92	20,36	9,76	5,88	5,88	41,30	41,30	0,000	0,000		
3	24	48,06	20,74	9,97	5,74	5,74	41,68	41,68	0,000	0,000		
4	24	48,05	21,07	10,12	5,92	5,92	43,89	43,89	0,000	0,000		
5	24	48,07	20,06	9,64	5,85	5,85	42,23	42,23	0,000	0,000		

6	48	47,11	20,74	9,77	5,93	5,93	43,23	43,23	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	47,82	20,62	9,86	5,91	5,91	42,86	42,86	0,000	0,000		
8	48	48,02	20,41	9,80	5,70	5,70	41,88	41,88	0,000	0,000		
9	48	47,09	21,13	9,95	5,78	5,78	42,32	42,32	0,000	0,000		
10	48	48,04	20,74	9,96	5,78	5,78	41,71	41,71	0,000	0,000		
11	72	47,09	20,76	9,78	5,77	5,77	42,51	42,51	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	48,04	20,94	10,06	5,61	5,61	41,88	41,88	0,000	0,000		
13	72	47,82	20,38	9,75	5,91	5,91	42,97	42,97	0,000	0,000		
14	72	47,91	21,17	10,14	5,88	5,88	44,27	44,27	0,000	0,000		
15	72	47,69	20,91	9,97	5,77	5,77	42,78	42,78	0,000	0,000		
16	96	47,99	20,77	9,97	5,71	5,71	41,18	41,18	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	47,87	20,31	9,72	5,99	5,99	42,26	42,26	0,000	0,000		
18	96	48,02	20,06	9,63	5,79	5,79	41,13	41,13	0,000	0,000		
19	96	48,00	20,77	9,97	5,80	5,80	43,21	43,21	0,000	0,000		
20	96	48,06	20,00	9,61	5,87	5,87	41,46	41,46	0,000	0,000		
21	120	47,08	20,89	9,84	5,77	5,77	42,37	42,37	0,000	0,000	0,067	0,094
22	120	48,06	20,55	9,88	5,87	5,87	42,53	42,52	0,010	0,094		
23	120	48,00	20,71	9,94	5,90	5,90	42,92	42,91	0,010	0,093		
24	120	48,06	20,82	10,01	5,56	5,56	42,54	42,53	0,010	0,093		
25	120	48,02	20,47	9,83	5,83	5,83	41,43	41,41	0,020	0,189		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-17: Tasa de Corrosión vs Tiempo C18P.



Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras presentan valores de tasa de corrosión a las 120 horas de análisis.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-18: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión C18B.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div>  </div>												
FICHA DE TABULACIÓN DE LOS DATOS												
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero - Laboratorio de Tratamientos Térmicos y Ensayos Climáticos										
Provincia/Ciudad:		Tungurahua-Ambato				Máquina:			Cámara de Niebla Salina SSC 400			
Fecha de datos iniciales:		09/11/2018		Fecha de datos finales:		15-19/11/2018		Norma:			ASTM B117	
Ensayo:		Corrosión Acelerada en la CNS				Tipo de Soldadura:			SMAW		Electrodo: E7018	
Método de Limpieza:		Chorro-Sandblasting				Tipo de Recubrimiento:			Anticorrosivo base solvente			
Tipo de aplicación del recubrimiento:		Brochado				Código:			C18B			
Constante K de Corrosión:		87600 mm/año				Densidad del Material:			7.86 g/cm ³			
DATOS INICIALES Y FINALES DEL ANÁLISIS												
ITEMS		DIMENSIONES					MASA			CORROSIÓN		
Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Espesor Final (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)	Desviación Estándar	Promedio Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	48,09	20,78	9,99	5,81	5,81	43,95	43,95	0,000	0,000	0,000	0,000
2	24	47,82	22,03	10,53	5,73	5,73	47,09	47,09	0,000	0,000		
3	24	48,04	21,57	10,36	5,75	5,75	44,72	44,72	0,000	0,000		
4	24	48,05	21,11	10,14	5,80	5,80	43,80	43,80	0,000	0,000		
5	24	48,07	20,64	9,92	5,87	5,87	43,06	43,06	0,000	0,000		

6	48	47,75	20,08	9,59	5,93	5,93	42,39	42,39	0,000	0,000	0,000	0,000
7	48	48,03	20,88	10,03	5,82	5,82	42,54	42,54	0,000	0,000		
8	48	47,99	21,10	10,13	5,81	5,81	43,60	43,60	0,000	0,000		
9	48	47,99	20,73	9,95	5,66	5,66	42,13	42,13	0,000	0,000		
10	48	48,06	20,45	9,83	5,73	5,73	42,06	42,06	0,000	0,000		
11	72	48,08	20,32	9,77	5,72	5,72	40,98	40,98	0,000	0,000	0,000	0,000
12	72	48,00	20,24	9,72	5,92	5,92	42,36	42,36	0,000	0,000		
13	72	47,91	20,05	9,61	5,85	5,85	40,55	40,55	0,000	0,000		
14	72	47,32	20,83	9,86	5,82	5,82	42,38	42,38	0,000	0,000		
15	72	48,04	20,19	9,70	5,77	5,77	41,32	41,32	0,000	0,000		
16	96	48,06	21,11	10,15	5,87	5,87	44,03	44,03	0,000	0,000	0,000	0,000
17	96	48,03	20,41	9,80	5,59	5,59	41,55	41,55	0,000	0,000		
18	96	48,03	20,76	9,97	5,69	5,69	41,96	41,96	0,000	0,000		
19	96	47,21	20,68	9,76	5,75	5,75	42,39	42,39	0,000	0,000		
20	96	47,46	21,18	10,05	5,81	5,81	43,26	43,26	0,000	0,000		
21	120	48,01	22,08	10,60	5,81	5,81	47,77	47,77	0,000	0,000	0,051	0,056
22	120	48,05	20,58	9,89	5,83	5,83	42,98	42,98	0,000	0,000		
23	120	47,90	20,66	9,90	5,79	5,79	42,45	42,44	0,010	0,094		
24	120	48,02	20,95	10,06	5,64	5,64	42,59	42,58	0,010	0,092		
25	120	47,88	21,13	10,12	5,67	5,67	42,65	42,64	0,010	0,092		

Fuente: Autor

Ficha Técnica Gráfica 4-18: Tasa de Corrosión vs Tiempo C18B.










Observaciones: La Figura presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las muestras analizadas desde las 0 a las 120 horas cuando se finaliza el ensayo. Se observa que en este proceso las muestras presentan valores de tasa de corrosión a las 120 horas de análisis.

Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor








4.1.1 FICHA TÉCNICA DEL GRADO DE CORROSIÓN DE LAS MUESTRAS

Ficha Técnica 4-19: Grado de Corrosión M11P.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma		ASTM D610	
Método de limpieza	Manual - Lija	Tipo de soldadura		SMAW	
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Pulverizado	Tipo de Electrodo		E6011	
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación		M11P	
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		10%	S	4	15/11/2018
					Corrosión
					4-S, 10%
48		16%	S	3	16/11/2018
					Corrosión
					3-S, 16%
72		16%	S	3	17/11/2018
					Corrosión
					3-S, 16%
96		33%	G	2	18/11/2018
					Corrosión
					2-G, 33%
120		50%	S	1	19/11/2018
					Corrosión
					1-S, 50%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 1-S, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		








Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-20: Grado de Corrosión M11B.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma		ASTM D610	
Método de limpieza	Manual - Lija	Tipo de soldadura		SMAW	
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Brochado	Tipo de Electrodo		E6011	
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación		M11B	
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		10%	G	4	15/11/2018
					Corrosión 4-G, 10%
48		16%	G	3	16/11/2018
					Corrosión 3-G, 16%
72		33%	S	2	17/11/2018
					Corrosión 2-S, 33%
96		33%	G	2	18/11/2018
					Corrosión 2-G, 33%
120		50%	G	1	19/11/2018
					Corrosión 1-G, 50%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 1-G, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		








Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-21: Grado de Corrosión G11P.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma	ASTM D610		
Método de limpieza	Mecánica - Grata	Tipo de soldadura	SMAW		
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Pulverizado	Tipo de Electrodo	E6011		
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación	G11P		
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		3%	S	5	15/11/2018
					Corrosión
					5-S, 3%
48		10%	S	4	16/11/2018
					Corrosión
					4-S, 10%
72		16%	S	3	17/11/2018
					Corrosión
					3-S, 16%
96		33%	G	2	18/11/2018
					Corrosión
					2-G, 33%
120		50%	P	1	19/11/2018
					Corrosión
					1-P, 50%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 1-P, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		








Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-23: Grado de Corrosión C11P.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma		ASTM D610	
Método de limpieza	Chorro - Sandblasting	Tipo de soldadura		SMAW	
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Pulverizado	Tipo de Electrodo		E6011	
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación		C11P	
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		3%	G	5	15/11/2018
					Corrosión
					5-G, 3%
48		10%	G	4	16/11/2018
					Corrosión
					4-G, 10%
72		16%	G	3	17/11/2018
					Corrosión
					3-G, 16%
96		33%	S	2	18/11/2018
					Corrosión
					2-S, 33%
120		50%	G	1	19/11/2018
					Corrosión
					1-G, 50%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 1-G, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:		Ing. Mg. Henry Vaca	




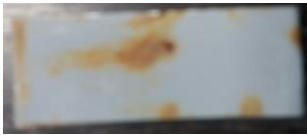



Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-24: Grado de Corrosión C11B.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma		ASTM D610	
Método de limpieza	Chorro - Sandblasting	Tipo de soldadura		SMAW	
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Brochado	Tipo de Electrodo		E6011	
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación		C11B	
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		10%	G	4	15/11/2018
					Corrosión
					4-G, 10%
48		10%	G	4	16/11/2018
					Corrosión
					4-G, 10%
72		16%	G	3	17/11/2018
					Corrosión
					3-G, 16%
96		16%	P	3	18/11/2018
					Corrosión
					3-P, 16%
120		50%	G	1	19/11/2018
					Corrosión
					1-G, 50%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 1-G, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:		Ing. Mg. Henry Vaca	








Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-25: Grado de Corrosión M13P.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma		ASTM D610	
Método de limpieza	Manual - Lija	Tipo de soldadura		SMAW	
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Pulverizado	Tipo de Electrodo		E6013	
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación		M13P	
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		3%	S	5	15/11/2018
					Corrosión
					5-S, 3%
48		16%	S	3	16/11/2018
					Corrosión
					3-S, 16%
72		33%	G	2	17/11/2018
					Corrosión
					2-G, 33%
96		33%	G	2	18/11/2018
					Corrosión
					2-G, 33%
120		50%	G	1	19/11/2018
					Corrosión
					1-G, 50%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 1-G, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		








Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-26: Grado de Corrosión M13B.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma		ASTM D610	
Método de limpieza	Manual - Lija	Tipo de soldadura		SMAW	
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Brochado	Tipo de Electrodo		E6013	
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación		M13B	
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		3%	S	5	15/11/2018
					Corrosión
					5-S, 3%
48		10%	S	4	16/11/2018
					Corrosión
					4-S, 10%
72		16%	G	4	17/11/2018
					Corrosión
					4-G, 16%
96		16%	G	4	18/11/2018
					Corrosión
					4-G, 16%
120		33%	G	2	19/11/2018
					Corrosión
					2-G, 33%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 2-G, 33%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		








Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-27: Grado de Corrosión G13P.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma		ASTM D610	
Método de limpieza	Mecánica - Grata	Tipo de soldadura		SMAW	
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Pulverizado	Tipo de Electrodo		E6013	
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación		G13P	
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		3%	S	5	15/11/2018
					Corrosión 5-S, 3%
48		3%	S	5	16/11/2018
					Corrosión 5-S, 3%
72		10%	S	4	17/11/2018
					Corrosión 4-S, 10%
96		33%	S	3	18/11/2018
					Corrosión 3-S, 33%
120		50%	G	2	19/11/2018
					Corrosión 2-G, 50%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 2-G, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		








Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-28: Grado de Corrosión G13B.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma		ASTM D610	
Método de limpieza	Mecánica - Grata	Tipo de soldadura		SMAW	
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Brochado	Tipo de Electrodo		E6013	
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación		G13B	
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		3%	S	5	15/11/2018
					Corrosión
					5-S, 3%
48		10%	S	4	16/11/2018
					Corrosión
					4-S, 10%
72		16%	G	3	17/11/2018
					Corrosión
					3-G, 16%
96		33%	G	2	18/11/2018
					Corrosión
					2-G, 33%
120		50%	G	1	19/11/2018
					Corrosión
					1-G, 50%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 1-G, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		








Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-29: Grado de Corrosión C13P.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma		ASTM D610	
Método de limpieza	Chorro - Sandblasting	Tipo de soldadura		SMAW	
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Pulverizado	Tipo de Electrodo		E6013	
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación		C13P	
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		3%	G	5	15/11/2018
					Corrosión
					5-G, 3%
48		10%	G	4	16/11/2018
					Corrosión
					4-G, 10%
72		16%	G	3	17/11/2018
					Corrosión
					3-G, 16%
96		33%	G	2	18/11/2018
					Corrosión
					2-G, 33%
120		50%	P	1	19/11/2018
					Corrosión
					1-P, 50%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 1-P, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		








Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-30: Grado de Corrosión C13B.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma		ASTM D610	
Método de limpieza	Chorro - Sandblasting	Tipo de soldadura		SMAW	
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Brochado	Tipo de Electrodo		E6013	
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación		C13B	
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		10%	G	4	15/11/2018
					Corrosión
					4-G, 10%
48		10%	G	4	16/11/2018
					Corrosión
					4-G, 10%
72		16%	S	3	17/11/2018
					Corrosión
					3-S, 16%
96		33%	G	2	18/11/2018
					Corrosión
					2-G, 33%
120		50%	G	1	19/11/2018
					Corrosión
					1-G, 50%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 1-G, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		







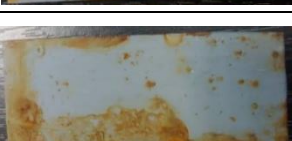
Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-31: Grado de Corrosión M18P.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma		ASTM D610	
Método de limpieza	Manual - Lija	Tipo de soldadura		SMAW	
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Pulverizado	Tipo de Electrodo		E7018	
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación		M18P	
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		3%	S	5	15/11/2018
					Corrosión
					5-S, 3%
48		10%	S	4	16/11/2018
					Corrosión
					4-S, 10%
72		33%	G	2	17/11/2018
					Corrosión
					2-G, 33%
96		33%	S	2	18/11/2018
					Corrosión
					2-S, 33%
120		50%	S	1	19/11/2018
					Corrosión
					1-S, 50%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 1-S, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		








Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-32: Grado de Corrosión M18B.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma		ASTM D610	
Método de limpieza	Manual - Lija	Tipo de soldadura		SMAW	
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Brochado	Tipo de Electrodo		E7018	
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación		M18B	
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		3%	S	5	15/11/2018
					Corrosión
					5-S, 3%
48		10%	S	4	16/11/2018
					Corrosión
					4-S, 10%
72		16%	S	3	17/11/2018
					Corrosión
					3-S, 16%
96		33%	G	2	18/11/2018
					Corrosión
					2-G, 33%
120		50%	G	1	19/11/2018
					Corrosión
					1-G, 50%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 1-G, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		








Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-33: Grado de Corrosión G18P.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma		ASTM D610	
Método de limpieza	Mecánica - Grata	Tipo de soldadura		SMAW	
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Pulverizado	Tipo de Electrodo		E7018	
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación		G18P	
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		3%	G	5	15/11/2018
					Corrosión
					5-G, 3%
48		10%	S	4	16/11/2018
					Corrosión
					4-S, 10%
72		16%	S	3	17/11/2018
					Corrosión
					3-S, 16%
96		16%	S	3	18/11/2018
					Corrosión
					3-S, 16%
120		50%	S	1	19/11/2018
					Corrosión
					1-S, 50%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 1-S, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		








Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-34: Grado de Corrosión G18B.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma		ASTM D610	
Método de limpieza	Mecánica - Grata	Tipo de soldadura		SMAW	
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Brochado	Tipo de Electrodo		E7018	
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación		G18B	
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		3%	S	5	15/11/2018
					Corrosión
					5-S, 3%
48		10%	S	4	16/11/2018
					Corrosión
					4-S, 10%
72		16%	S	3	17/11/2018
					Corrosión
					3-S, 16%
96		33%	G	3	18/11/2018
					Corrosión
					3-G, 33%
120		50%	G	1	19/11/2018
					Corrosión
					1-G, 50%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 1-G, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		








Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-35: Grado de Corrosión C18P.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma	ASTM D610		
Método de limpieza	Chorro - Sandblasting	Tipo de soldadura	SMAW		
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Pulverizado	Tipo de Electrodo	E7018		
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación	C18P		
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		3%	G	5	15/11/2018
					Corrosión 5-G, 3%
48		10%	G	4	16/11/2018
					Corrosión 4-G, 10%
72		16%	G	3	17/11/2018
					Corrosión 3-G, 16%
96		33%	P	2	18/11/2018
					Corrosión 2-P, 33%
120		50%	P	1	19/11/2018
					Corrosión 1-P, 50%
S=Manchas de óxido		G=Oxidación general		P=Oxidación precisa	
Observaciones: El grado de corrosión final es 1-P, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4-36: Grado de Corrosión C18B.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE REGISTRO DE LA INSPECCIÓN VISUAL					
Lugar:	Laboratorio de Ensayos Climáticos CFPMC				
Provincia/Ciudad	Tungurahua - Ambato				
Ensayo/Análisis	Corrosión Acelerada en la CNS	Norma		ASTM D610	
Método de limpieza	Chorro - Sandblasting	Tipo de soldadura		SMAW	
Forma de Aplicación de Recubrimiento	Brochado	Tipo de Electrodo		E7018	
Máquina	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Codificación		C18B	
Parámetros y Resultados					
Tiempo de exposición	Imagen de la muestra	Escala y Descripción			Fecha
		%	Visual	Grado	
24		3%	G	5	15/11/2018
					Corrosión 5-G, 3%
48		3%	G	5	16/11/2018
					Corrosión 5-G, 3%
72		16%	G	3	17/11/2018
					Corrosión 3-G, 16%
96		33%	G	2	18/11/2018
					Corrosión 2-G, 33%
120		50%	G	1	19/11/2018
					Corrosión 1-G, 50%
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa					
Observaciones: El grado de corrosión final es 1-G, 50%					
Realizado por:	Villegas Luis Miguel	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		

Fuente: Autor

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.2.1 EVALUACIÓN DE LA TASA DE CORROSIÓN

Los valores siguientes corresponden a la tasa de corrosión promedio de las probetas soldadas con el electrodo E7018 realizándole una limpieza manual con lija y la forma en la que se aplicó el recubrimiento fue mediante pulverizado, generando pérdida de masa desde las 48 horas hasta culminar las horas de exposición en la cámara de niebla salina.

Tabla 4-2: Valores promedios del proceso M18P.

Nº	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de Corrosión (mm/año)
1	24	47,81	21,08	10,08	44,06	44,06	0,00	0,000
2	48	47,93	20,35	9,76	41,83	41,82	0,01	0,238
3	72	47,87	20,36	9,75	42,25	42,24	0,01	0,191
4	96	47,90	20,39	9,77	42,36	42,35	0,01	0,143
5	120	47,92	20,38	9,77	42,14	42,12	0,02	0,209

Fuente: Autor

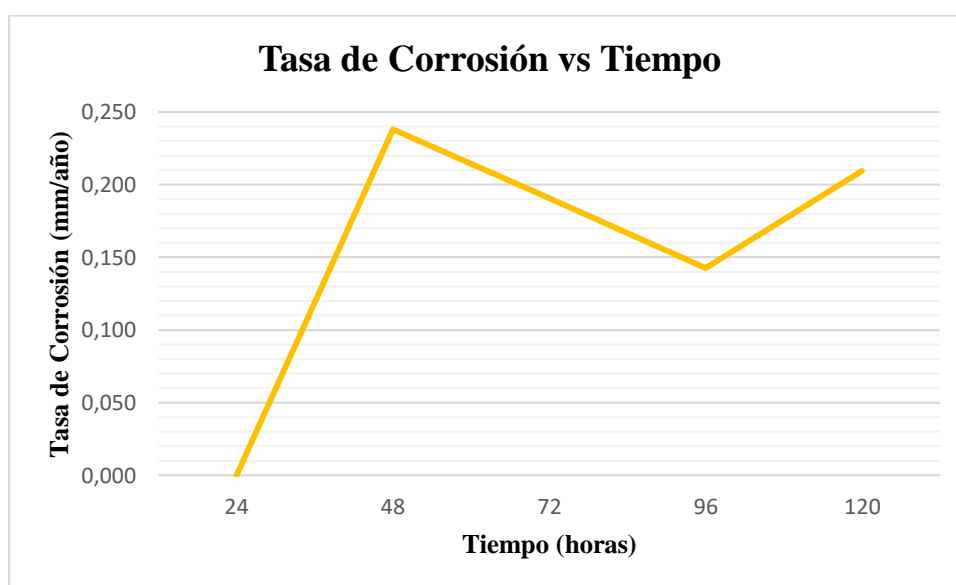


Figura 4-1: Tasa de Corrosión vs Tiempo del proceso M18P.

Fuente: Autor

A continuación, se presenta los valores promedios de tasa de corrosión de las probetas expuestas las 120 horas donde existe pérdida de masa, las muestras soldadas con el

electrodo E6011 con los tres procesos de limpieza inicial y las dos formas de aplicación del recubrimiento, para mejor interpretación de los datos detallamos en gráficos radiales y de barras para la comparación final de los datos y determinar el mejor proceso.

Tabla 4-3: Tasa de corrosión promedio de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6011.

PROCESO	LIMPIEZA	Tasa de Corrosión E6011(mm/año)
Pulverizado	Manual	0,090
Pulverizado	Mecánico	0,132
Pulverizado	Chorro	0,056
Brochado	Manual	0,093
Brochado	Mecánico	0,090
Brochado	Chorro	0,123

Fuente: Autor

En la Tabla 4-3 y las Figuras 4-2 y 4-3 se observa los valores obtenidos durante el análisis de corrosión siendo el mejor método la limpieza inicial por chorro (sandblasting) y aplicando el recubrimiento mediante una pulverización este proceso presenta el menor valor de tasa de corrosión, se observa también que los procesos pulverizado manual, brochado manual y brochado mecánico presentan valores de tasa de corrosión similares y los procesos pulverizado mecánico y brochado chorro son los que presentan mayor valor de tasa de corrosión.

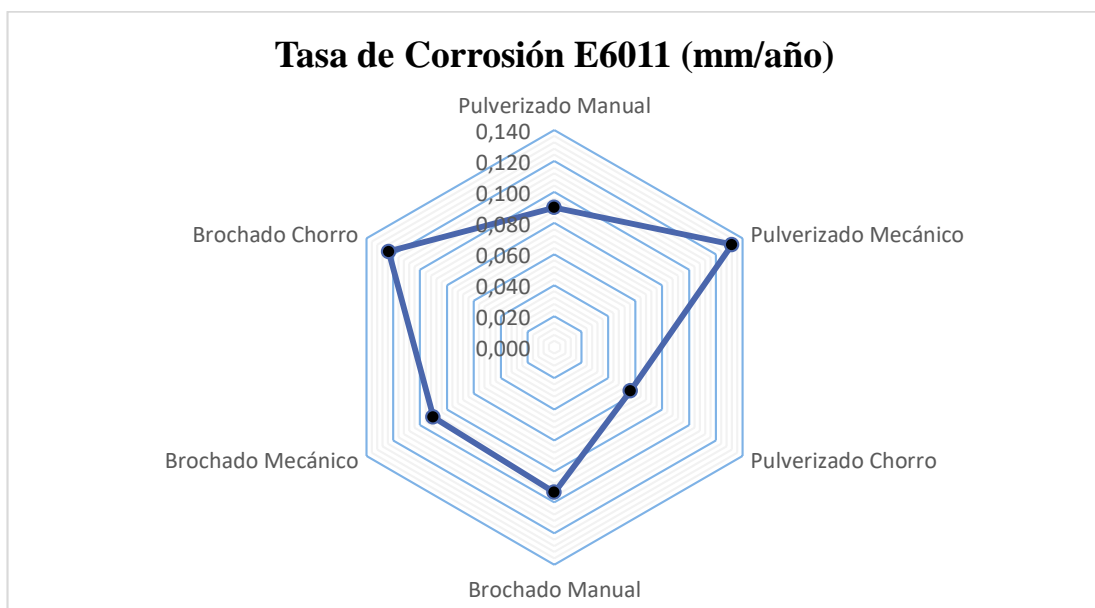


Figura 4-2: Ilustración radial de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6011.

Fuente: Autor

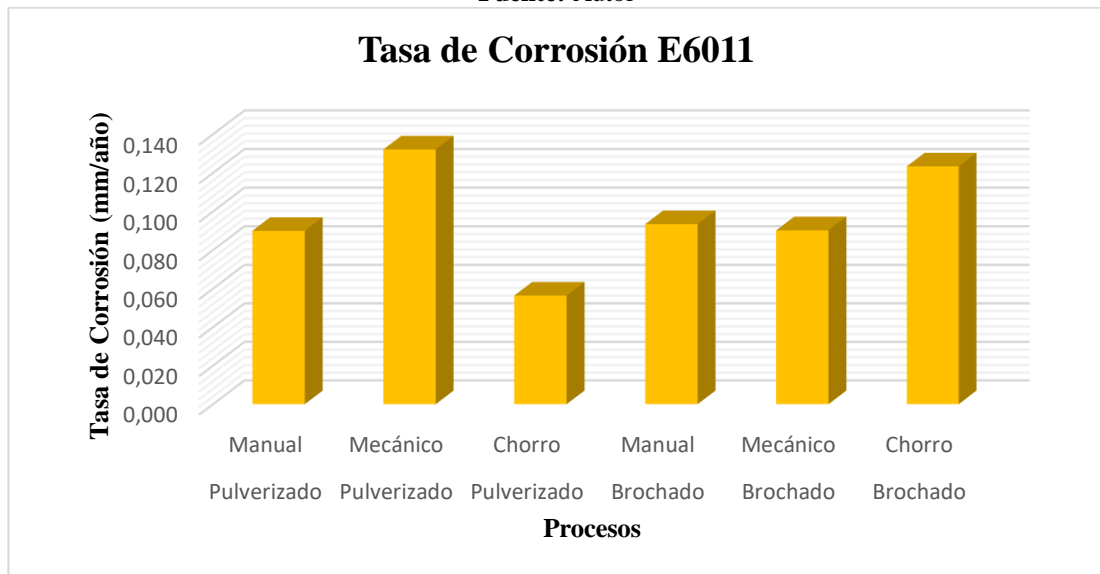


Figura 4-3: Ilustración en barras de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6011.

Fuente: Autor

Los valores promedios de tasa de corrosión de las probetas expuestas las 120 horas donde existe pérdida de masa, las muestras soldadas con el electrodo E6013 con los tres procesos de limpieza inicial y las dos formas de aplicación del recubrimiento se presentan en la Tabla 4-4 y para mejor interpretación de los datos en gráficos radiales y de barras para la comparación final de los datos y determinar el mejor proceso.

Tabla 4-4: Tasa de corrosión promedio de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6013.

PROCESO	LIMPIEZA	Tasa de Corrosión E6013 (mm/año)
Pulverizado	Manual	0,019
Pulverizado	Mecánico	0,077
Pulverizado	Chorro	0,057
Brochado	Manual	0,000
Brochado	Mecánico	0,019
Brochado	Chorro	0,106

Fuente: Autor

En la Tabla 4-4 y las Figuras 4-4 y 4-5 se observa los valores obtenidos durante el análisis de corrosión siendo el mejor método la limpieza inicial manual (lija) y aplicando el recubrimiento mediante brochado, este proceso no presenta valores de tasa de corrosión, se observa también que los procesos pulverizado manual, pulverizado mecánico, pulverizado chorro y brochado mecánico presentan en valor

medio de tasa de corrosión similares con respecto a los otros procesos, siendo el brochado chorro el que presenta el mayor valor de tasa de corrosión.

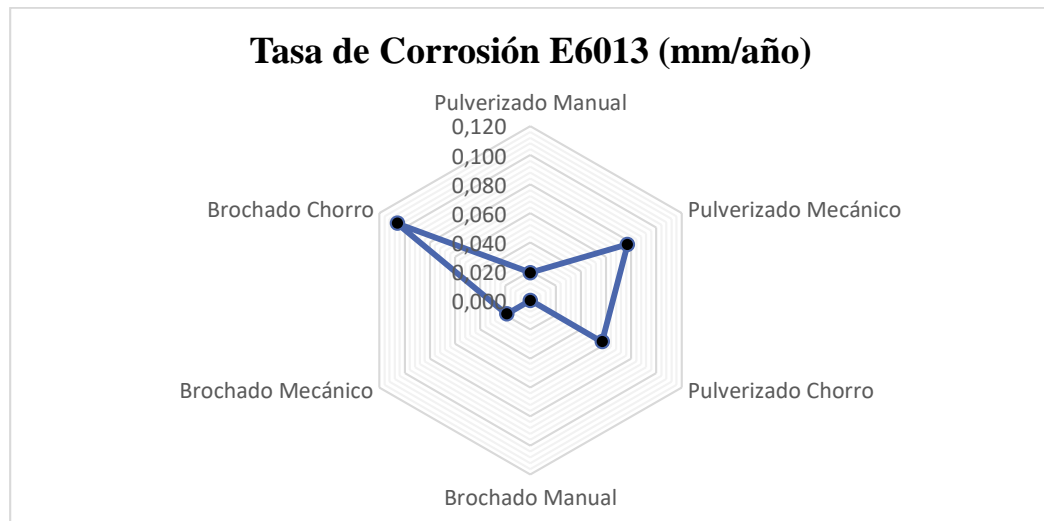


Figura 4-4: Ilustración radial de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6013.
Fuente: Autor

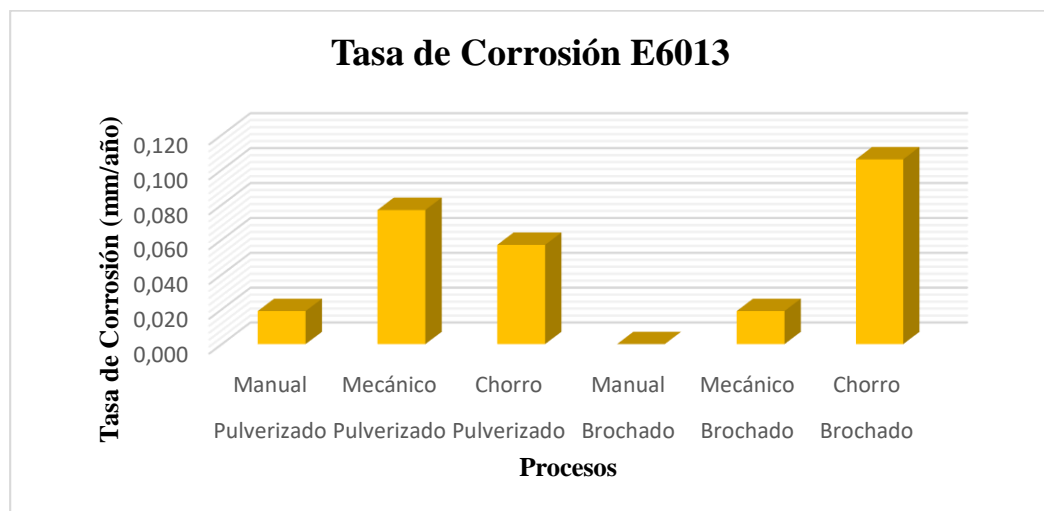


Figura 4-5: Ilustración en barras de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6013.
Fuente: Autor

Finalmente tenemos los valores promedios de tasa de corrosión de las probetas expuestas las 120 horas donde existe pérdida de masa, las muestras soldadas con el electrodo E7018 con los tres procesos de limpieza inicial y las dos formas de aplicación del recubrimiento, para mejor interpretación de los datos detallamos en gráficos

radiales y de barras para la comparación final de los datos y determinar el mejor proceso.

Tabla 4-5: Tasa de corrosión promedio de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E7018.

PROCESO	LIMPIEZA	Tasa de Corrosión E7018 (mm/año)
Pulverizado	Manual	0,209
Pulverizado	Mecánico	0,019
Pulverizado	Chorro	0,094
Brochado	Manual	0,000
Brochado	Mecánico	0,000
Brochado	Chorro	0,055

Fuente: Autor

En la Tabla 4-5 y las Figuras 4-6 y 4-7 se observa los valores obtenidos durante el análisis de corrosión siendo el mejor método la limpieza inicial manual (lija) y mecánico (grata), aplicando el recubrimiento mediante brochado, estos procesos no presentan valores de tasa de corrosión, se observa también que los procesos pulverizado mecánico, pulverizado chorro y brochado chorro presentan en valor medio de tasa de corrosión similares con respecto a los otros procesos, siendo el pulverizado manual el que presenta el mayor valor de tasa de corrosión.

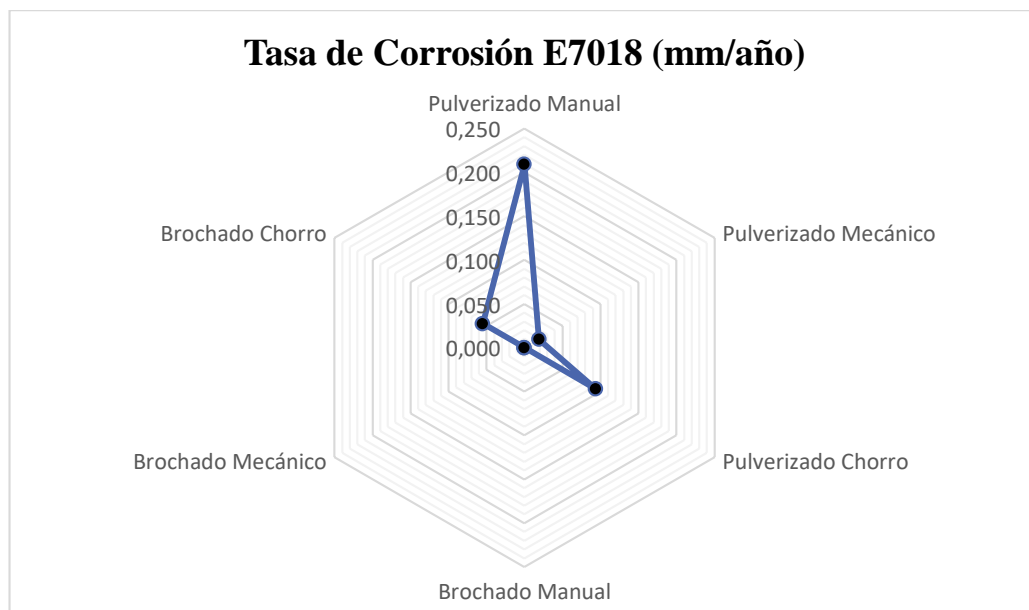


Figura 4-6: Ilustración radial de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E7018.

Fuente: Autor

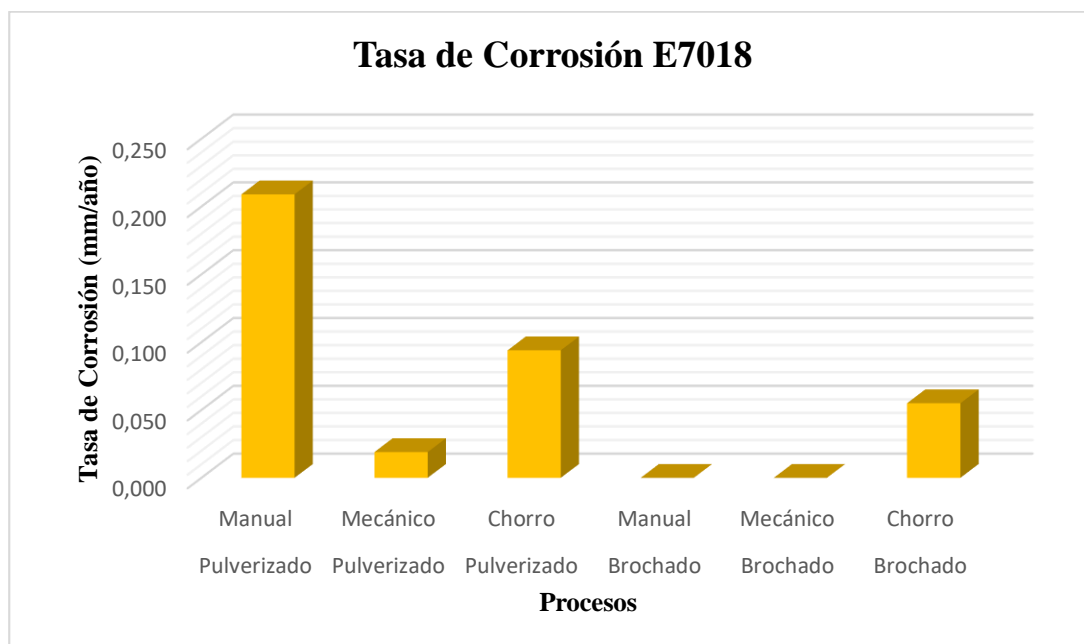


Figura 4-7: Ilustración en barras de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E7018.

Fuente: Autor

La Tabla 4-6 detalla los valores de la tasa de corrosión promedio a las 120 horas de exposición de las juntas soldadas con los tres electrodos E6011, E6013 y E7018 con los tres procesos de limpieza inicial manual, mecánico y por chorro con los dos tipos de aplicación del recubrimiento el pulverizado y el brochado con la intención de visualizar los niveles de corrosión general en los dieciocho procesos totales realizados. Se realiza los gráficos radiales y de barra para mejor interpretación de los datos.

Tabla 4-6: Tasa de corrosión promedio de los procesos de las juntas soldadas con los electrodos E6011, E6013 y E7018.

PROCESO	LIMPIEZA	Tasa de Corrosión E6011 (mm/año)	Tasa de Corrosión E6013 (mm/año)	Tasa de Corrosión E7018 (mm/año)
Pulverizado	Manual	0,090	0,019	0,209
Pulverizado	Mecánico	0,132	0,077	0,019
Pulverizado	Chorro	0,056	0,057	0,094
Brochado	Manual	0,093	0,000	0,000
Brochado	Mecánico	0,090	0,019	0,000
Brochado	Chorro	0,123	0,106	0,055

Fuente: Autor

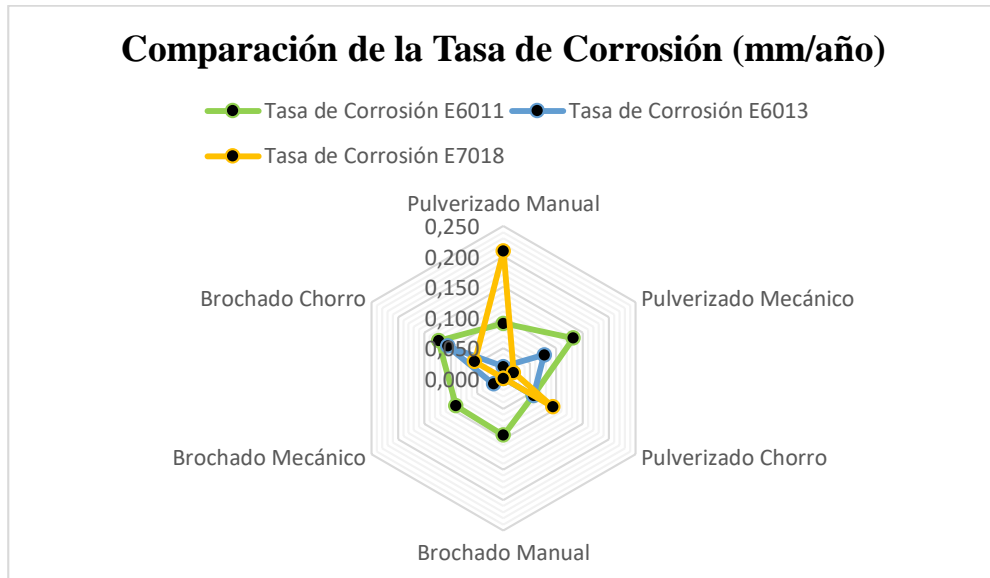


Figura 4-8: Ilustración radial de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con los electrodos E6011, E6013 y E7018.

Fuente: Autor

Se ha realizado una comparación entre los procesos de las juntas soldadas con los tres electrodos para visualización de las juntas que menor valor de tasa de corrosión obtienen, la Figura 4-8 detalla el comportamiento de las probetas viéndose con claridad que las juntas soldadas con los electrodos E6013 y E7018 presentan valores bajos similares de tasa de corrosión y las juntas soldadas con el electrodo E6011 son las que están inmersas significativamente a corrosión en todos los procesos analizados.

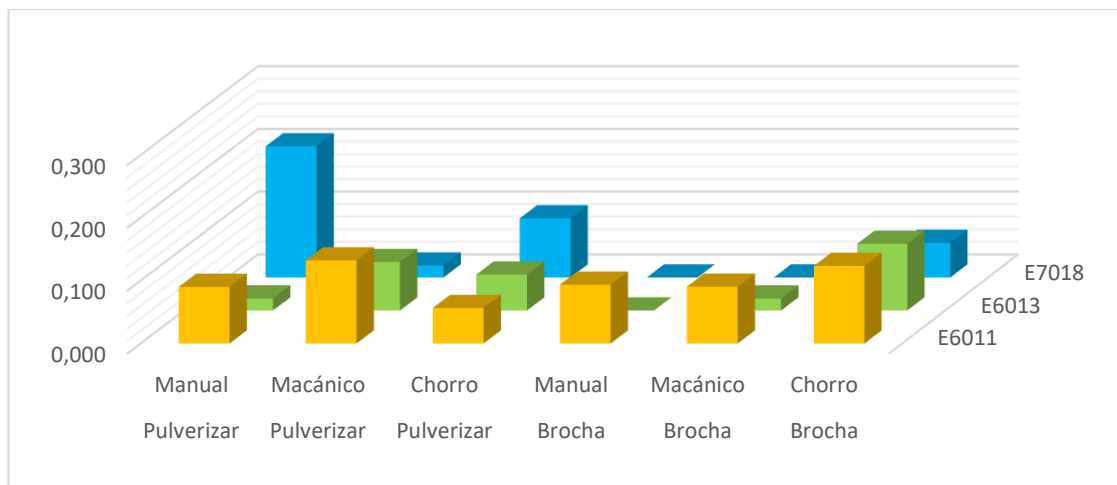


Figura 4-9: Ilustración en barras de la tasa de corrosión de los procesos de las juntas soldadas con los electrodos E6011, E6013 y E7018.

Fuente: Autor

Mediante la Figura 4-9 se puede observar los niveles de corrosión de todos los procesos analizados siendo las juntas soldadas con los electrodos E6013 y E7018 los de menor valor de tasa de corrosión en la mayoría de los procesos analizados, y las juntas soldadas con el electrodo E6011 son las que presenta mayor valor en todos los procesos, teniendo un despliegue superior de corrosión significativo con respecto a las demás juntas.

4.2.2 EVALUACIÓN DEL GRADO DE CORROSIÓN

Las Tablas 4-7, 4-8 y 4-9 y las Figuras 4-10, 4-11 y 4-12 indican el grado y el nivel de corrosión de las probetas una vez finalizado el ensayo en la cámara de niebla salina mediante la inspección visual realizada bajo la norma ASTM D610.

Tabla 4-7: Grado de corrosión en los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6011.

GRADO DE CORROSIÓN E6011				
PROCESO	LIMPIEZA	CÓDIGO	GRADO	NIVEL
Pulverizado	Manual	M11P_S	1	S-PUNTUAL
Pulverizado	Mecánico	M11B_G	1	G-GENERAL
Pulverizado	Chorro	G11P_P	1	P-PRECISO
Brochado	Manual	G11B_G	1	G-GENERAL
Brochado	Mecánico	C11P_G	1	G-GENERAL
Brochado	Chorro	C11B_G	1	G-GENERAL

Fuente: Autor

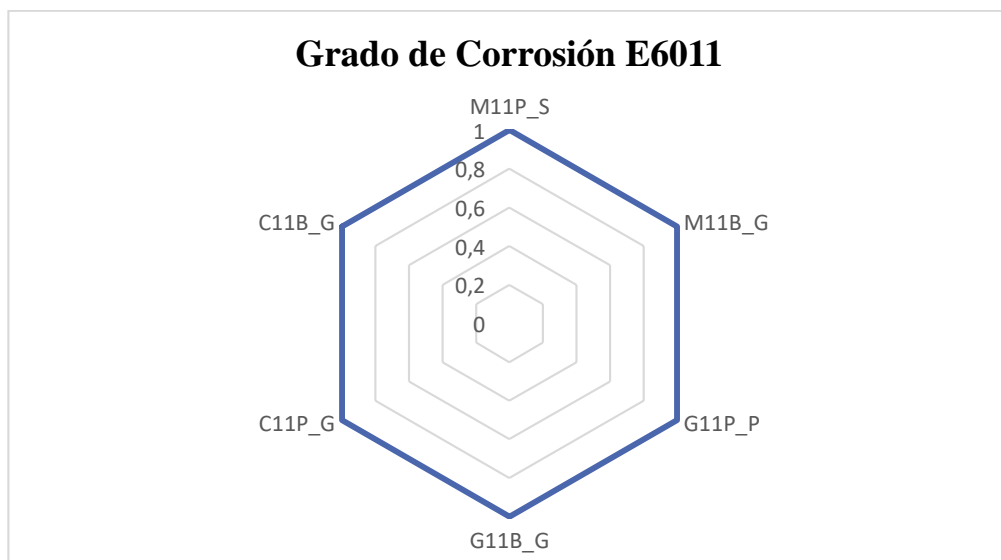


Figura 4-10: Ilustración radial de los grados de corrosión en los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6011.

Fuente: Autor

Se observa en la Figura 4-10 que el grado de corrosión de las juntas soldadas con el electrodo E6011 es igual a 1 lo que significa mediante la inspección visual bajo la Norma ASTM D610 las probetas presentan afectación en un 50% de su área total, con sus niveles especificadas en la Tabla 4-7, siendo similar afectación en los seis procesos, pero de diferente manera de propagarse la corrosión en las muestras.

Tabla 4-8: Grado de corrosión en los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6013.

GRADO DE CORROSIÓN E6013				
PROCESO	LIMPIEZA	CÓDIGO	GRADO	NIVEL
Pulverizado	Manual	M13P_G	1	G-GENERAL
Pulverizado	Mecánico	M13B_G	2	G-GENERAL
Pulverizado	Chorro	G13P_G	2	G-GENERAL
Brochado	Manual	G13B_G	1	G-GENERAL
Brochado	Mecánico	C13P_P	1	P-PRECISO
Brochado	Chorro	C13B_G	1	G-GENERAL

Fuente: Autor

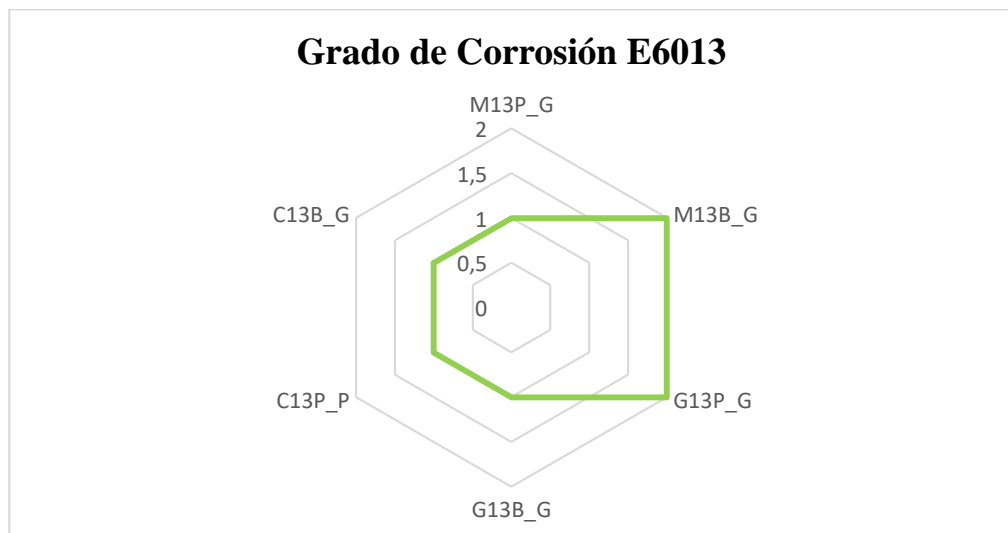


Figura 4-11: Ilustración radial de los grados de corrosión en los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E6013.

Fuente: Autor

Las juntas soldadas con el electrodo E6013 presentan grados de corrosión 1 y 2 lo que significa mediante la inspección visual bajo la Norma ASTM D610 las probetas de grado 1 presentan afectación en un 50% de su área total y las probetas de grado 2 con una afectación del 33% de su área total, con sus niveles especificadas en la Tabla 4-8, que indica la manera de propagación de la corrosión en las muestras.

Tabla 4-9: Grado de corrosión en los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E7018.

GRADO DE CORROSIÓN E7018				
PROCESO	LIMPIEZA	CÓDIGO	GRADO	NIVEL
Pulverizado	Manual	M18P_S	1	S-PUNTUAL
Pulverizado	Mecánico	M18B_G	1	G-GENERAL
Pulverizado	Chorro	G18P_S	1	S-PUNTUAL
Brochado	Manual	G18B_G	1	G-GENERAL
Brochado	Mecánico	C18P_P	1	P-PRECISO
Brochado	Chorro	C18B_G	1	G-GENERAL

Fuente: Autor

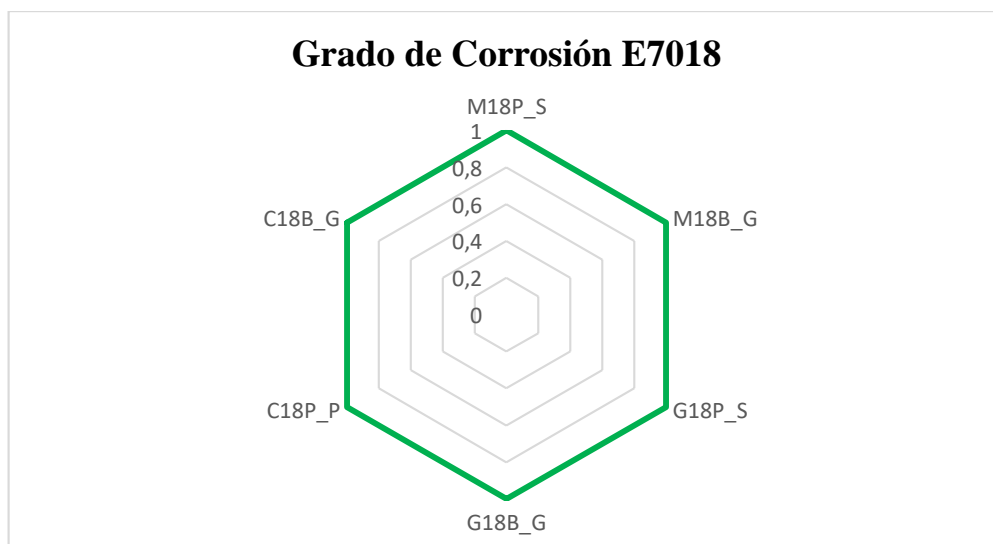


Figura 4-12: Ilustración radial de los grados de corrosión en los procesos de las juntas soldadas con el electrodo E7018.

Fuente: Autor

La Figura 4-12 indica que el grado de corrosión de las juntas soldadas con el electrodo E7018 es igual a 1 lo que significa mediante la inspección visual bajo la Norma ASTM D610 las probetas presentan afectación en un 50% de su área total, con sus niveles especificadas en la Tabla 4-9, siendo similar afectación en los seis procesos, pero de diferente manera de propagarse la corrosión en las muestras.

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

4.3.1 NORMALIDAD DE LOS DATOS

Para la realización de la verificación de la hipótesis vamos a partir con el análisis de la normalidad de los datos obtenidos durante el ensayo para la aplicación de la prueba estadística que corroborará en rechazar o validar la hipótesis.

Shapiro – Wilks

El test de Shapiro-Wilks es un contraste de ajuste que se utiliza para comprobar si unos datos determinados (X_1, X_2, \dots, X_n) han sido extraídos de una población normal. Los parámetros de la distribución no tienen por qué ser conocidos y está adecuado para muestras pequeñas. Cuando la muestra es como máximo de tamaño 50 se puede contrastar la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk [24].

Se aplica un nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Los contrastes de las hipótesis se aplican de la siguiente manera:

$$p_v < \alpha \text{ Rechazamos } H_0$$

$$p_v > \alpha \text{ Rechazamos } H_a$$

Donde

H_0 = Distribución Normal

H_a = No es una Distribución Normal

Para lo cual los datos son procesados en un programa estadístico, donde tenemos los siguientes valores:

Tabla 4-10: Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk

		Pruebas de normalidad					
	SOLDADURA	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TASA_CORROSIÓN	E6011	,271	30	,000	,822	30	,000
	E6013	,339	30	,000	,684	30	,000
	E7018	,340	30	,000	,747	30	,000

Fuente: Autor

Como se puede observar en la Tabla 4-10 el valor de la significancia o del p valor de los 3 grupos de soldadura es menor del nivel de significancia establecido $\alpha = 0,05$ rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa afirmando que los datos obtenidos no corresponden a una distribución normal.

Los siguientes gráficos validan que los datos calculados de los grupos de soldadura no corresponden a una distribución normal:

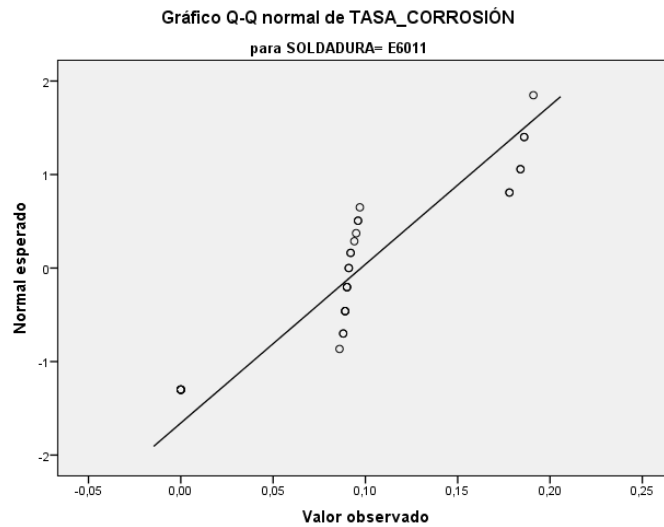


Figura 4-13: Gráfico Q-Q normal de la tasa de corrosión de las probetas soldadas con el electrodo E6011.
Fuente: Autor

La Figura 4-13 no tiene una distribución normal como se puede observar la mayoría de los puntos no se aproximan a la recta de normalidad.

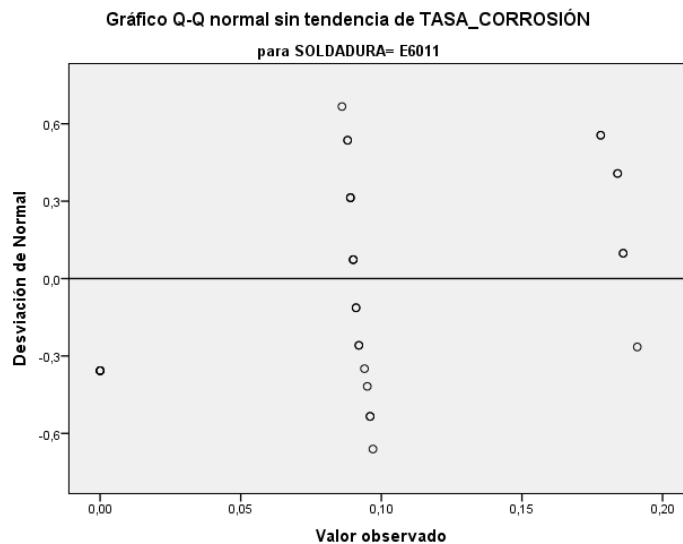


Figura 4-14: Gráfico Q-Q normal sin tendencia de la tasa de corrosión de las probetas soldadas con el electrodo E6011.
Fuente: Autor

La Figura 4-14 indica que la mayoría de puntos están desviados lo cual no corresponden a una distribución normal.

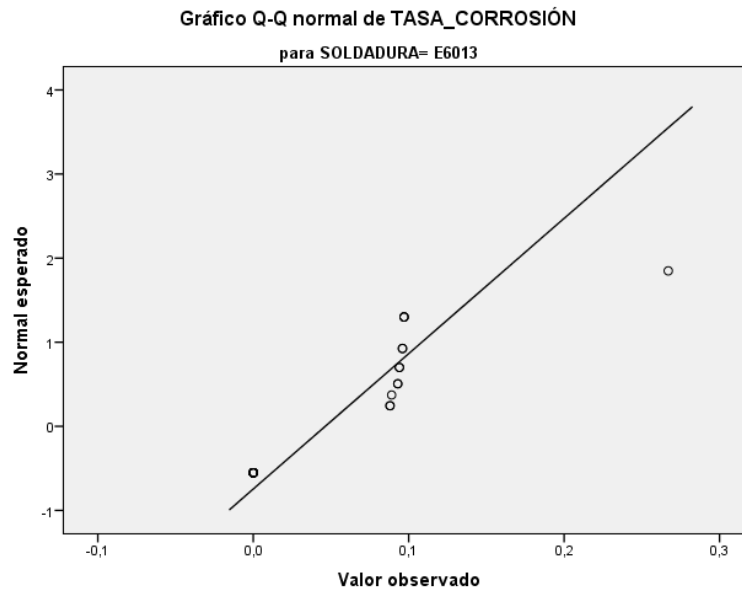


Figura 4-15: Gráfico Q-Q normal de la tasa de corrosión de las probetas soldadas con el electrodo E6013.
Fuente: Autor

La Figura 4-15 no tiene una distribución normal como se puede observar la mayoría de los puntos no se aproximan a la recta de normalidad.

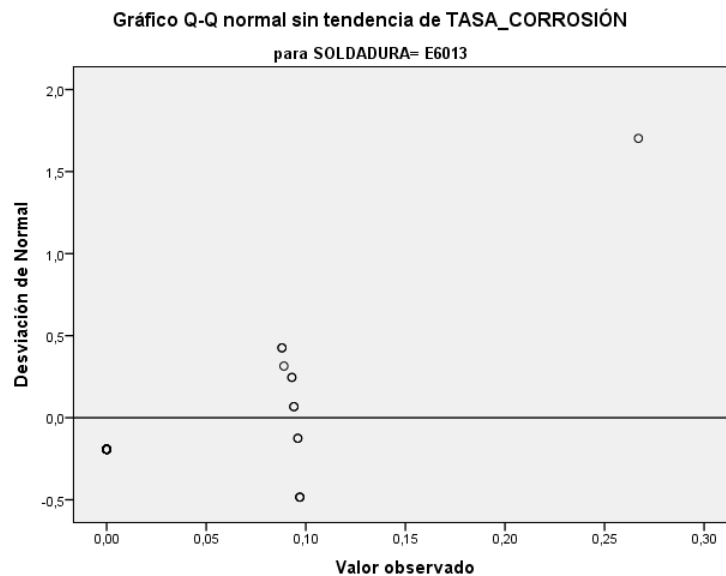


Figura 4-16: Gráfico Q-Q normal sin tendencia de la tasa de corrosión de las probetas soldadas con el electrodo E6013.
Fuente: Autor

La Figura 4-16 indica que la mayoría de puntos están desviados lo cual no corresponden a una distribución normal.

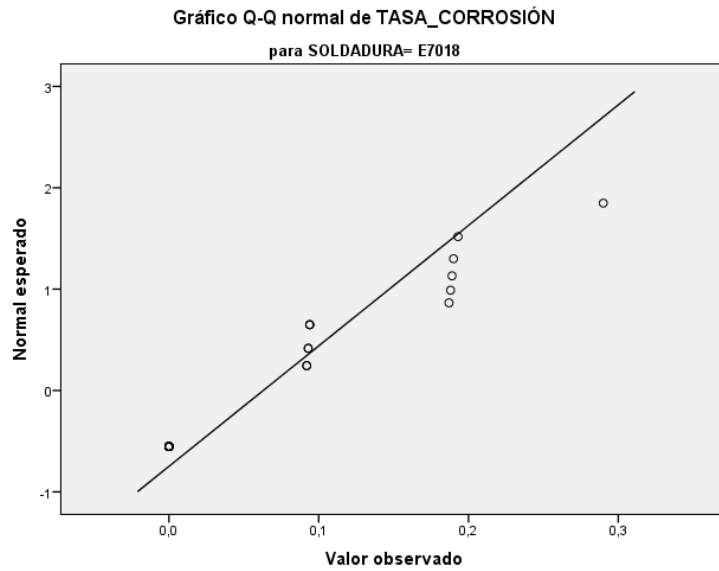


Figura 4-17: Gráfico Q-Q normal de la tasa de corrosión de las probetas soldadas con el electrodo E7018.
Fuente: Autor

La Figura 4-17 no tiene una distribución normal como se puede observar la mayoría de los puntos no se aproximan a la recta de normalidad.

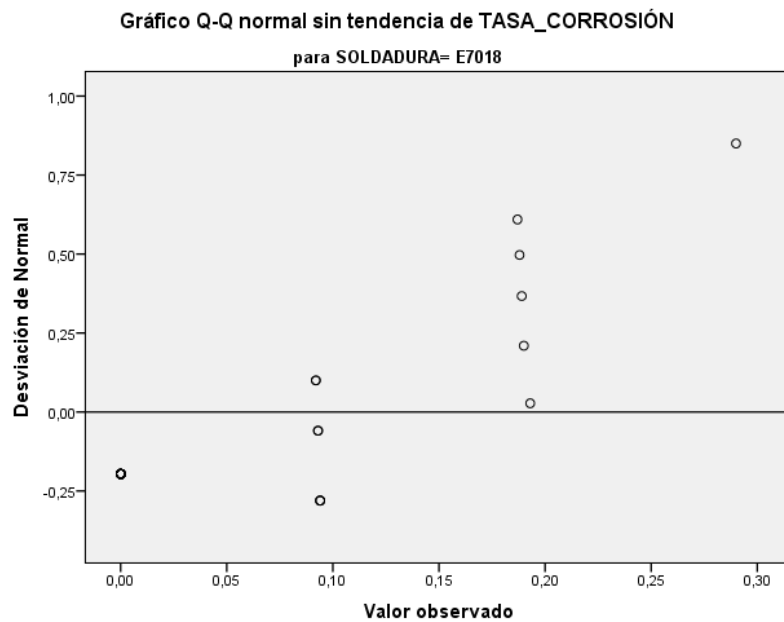


Figura 4-18: Gráfico Q-Q normal sin tendencia de la tasa de corrosión de las probetas soldadas con el electrodo E7018.
Fuente: Autor

La Figura 4-18 indica que la mayoría de puntos están desviados lo cual no corresponden a una distribución normal.

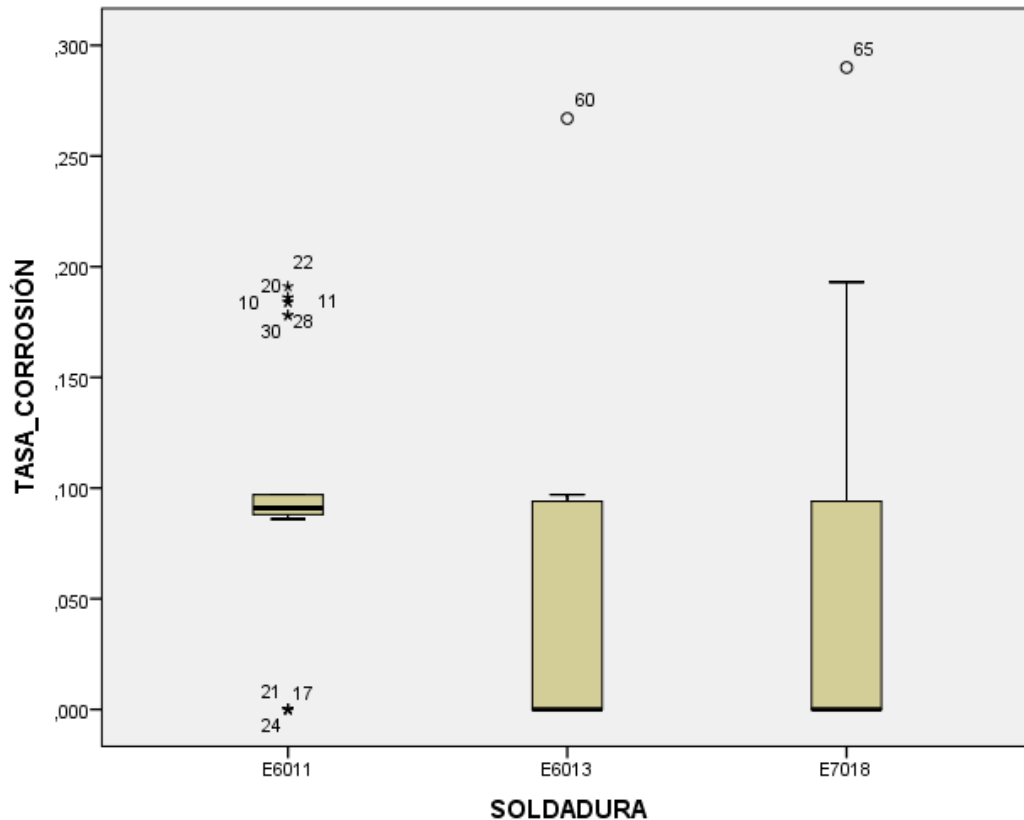


Figura 4-19: Diagrama de caja y de bigotes para los tres procesos SMAW E6011, E6013 y E7018.
Fuente: Autor

La Figura 4-19 como se puede observar en los tres procesos la línea no se encuentra en la mitad de las cajas, por consecuente los datos no provienen de una distribución normal.

4.3.2 VALIDACIÓN O RECHAZO DE LA HIPÓTESIS

Debido a la no normalidad de los datos obtenidos con la finalización del ensayo se realizó una prueba no paramétrica para la validación o rechazo de la hipótesis siendo esta la Prueba de Kruskal Wallis que corresponde para análisis de más de tres grupos o muestras, ideal para el estudio donde se analiza 18 procesos distintos es decir 6 procesos para el análisis de las juntas soldadas con el electrodo E6011, 6 procesos para el análisis de las juntas soldadas con el electrodo E6013 y 6 procesos para el análisis de las juntas soldadas con el electrodo E7018. Los valores obtenidos mediante el análisis en un programa estadístico se tienen lo siguiente:

Tabla 4-11: pValor de los datos de los 18 Procesos analizados.

Variable	Electrodo	Proceso	N	Medias	p
Tasa de Corrosión	E6011	C11B	5	0,12	0,0001
Tasa de Corrosión	E6011	C11P	5	0,06	
Tasa de Corrosión	E6011	G11B	5	0,09	
Tasa de Corrosión	E6011	G11P	5	0,13	
Tasa de Corrosión	E6011	M11B	5	0,09	
Tasa de Corrosión	E6011	M11P	5	0,09	
Tasa de Corrosión	E6013	C13B	5	0,11	
Tasa de Corrosión	E6013	C13P	5	0,06	
Tasa de Corrosión	E6013	G13B	5	0,02	
Tasa de Corrosión	E6013	G13P	5	0,08	
Tasa de Corrosión	E6013	M13B	5	0,00	
Tasa de Corrosión	E6013	M13P	5	0,02	
Tasa de Corrosión	E7018	C18B	5	0,06	
Tasa de Corrosión	E7018	C18P	5	0,09	
Tasa de Corrosión	E7018	G18B	5	0,00	
Tasa de Corrosión	E7018	G18P	5	0,02	
Tasa de Corrosión	E7018	M18B	5	0,00	
Tasa de Corrosión	E7018	M18P	5	0,21	

Fuente: Autor

Hipótesis Planteada

El análisis de la corrosión en la cámara de niebla salina de las juntas soldadas de acero A-36 mediante proceso SMAW con electrodos de acero al carbono utilizando un recubrimiento anticorrosivo a base de solvente, determinará la junta con menor tasa de corrosión.

Hipótesis Nula (Ho)

El análisis de la corrosión en la cámara de niebla salina de las juntas soldadas de acero A-36 mediante proceso SMAW con electrodos de acero al carbono utilizando un recubrimiento anticorrosivo a base de solvente, no determinará diferencias en los procesos de las juntas soldadas.

Hipótesis Alternativa (Ha)

El análisis de la corrosión en la cámara de niebla salina de las juntas soldadas de acero A-36 mediante proceso SMAW con electrodos de acero al carbono utilizando un recubrimiento anticorrosivo a base de solvente, determinará diferencias en los procesos de las juntas soldadas.

Se aplica un nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Los contrastes de las hipótesis se aplican de la siguiente manera:

$$p_v < \alpha \text{ Rechazamos } H_0$$

$$p_v > \alpha \text{ Rechazamos } H_a$$

Como el pValor mostrado en la Tabla 4-11 es menor que el nivel de significancia entonces rechazamos la Hipótesis Nula y aceptamos la Hipótesis Alternativa que determina que si existe diferencias significativas en los procesos.

La Tabla 4-12 selecciona y determina los procesos que tienen valor cero en la tasa de corrosión siendo los mejores procesos obtenidos después del análisis, así como como los procesos que no tienen diferencias significativas entre sí.

Tabla 4-12: Selección y Clasificación de los Procesos.

Trat.	Medias	Ranks			
E6013:M13B	0,000	20,000	A		
E7018:G18B	0,000	20,000	A		
E7018:M18B	0,000	20,000	A		
E6013:M13P	0,019	27,900	A	B	
E7018:G18P	0,019	28,900	A	B	
E6013:G13B	0,019	28,900	A	B	
E6011:C11P	0,056	42,400	A	B	C
E7018:C18B	0,056	43,100	A	B	C
E6013:C13B	0,106	48,100	A	B	C
E6011:G11B	0,091	49,500	A	B	C
E6011:M11P	0,090	49,600	A	B	C
E6013:C13P	0,057	49,700	A	B	C
E6011:M11B	0,093	56,300		B	C D
E6011:C11B	0,124	56,800		B	C D
E7018:C18P	0,094	57,700		B	C D
E6013:G13P	0,077	60,000		B	C D
E6011:G11P	0,132	73,900			C D
E7018:M18P	0,210	86,200			D

Fuente: Autor

Como se observa en la Tabla 4-12 de los 18 procesos establecidos en el estudio tenemos tres procesos con tasa de corrosión igual a cero, como son M13B que corresponde a una junta soldada con el electrodo E6013, con limpieza inicial manual

(lija) y recubierta mediante el brochado, M18B que corresponde a una junta soldada con el electrodo E7018, con limpieza inicial manual (lija) y recubierta mediante el brochado y G18B que corresponde a una junta soldada con el electrodo E7018, con limpieza inicial mecánica (grata) y recubierta mediante el brochado. Siendo los procesos menos vulnerables al proceso de corrosión.

Los procesos restantes tienen un valor de tasa de corrosión siendo estos procesos vulnerables a ambientes corrosivos. Las medias de los procesos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se estableció el proceso de preparación (PROCEDIMIENTO B Pág. 29) de las probetas de acero estructural A-36 soldadas con los electrodos de acero al carbono detallando paso a paso la construcción desde la preparación de las juntas, proceso de soldadura, remoción de la sobre monta y el almacenamiento de las muestras.
- Se construyó cada probeta con las especificaciones mostradas en el diagrama de flujo del PROCEDIMIENTO B, elaborando muestras de grande dimensión, validándolas mediante un ensayo no destructivo e inspección visual para posteriormente realizar el corte en la dimensión establecida y obtener una probeta específica de análisis.
- Se realizó el proceso de aplicación del recubrimiento en las probetas desde la preparación de las superficies, así como el secado y almacenamiento de los especímenes para el análisis respectivo, esto lo detalla el PROCEDIMIENTO C (Pág. 35).
- Se realizó un proceso muy detallado (Diagrama de flujo Pág. 22) para la ejecución del análisis en la cámara de niebla salina, partiendo por la preparación de la solución salina mediante el Procedimiento A (Pág. 27), así como la programación de parámetros y los controles que se deben realizar previo, durante y post el análisis dentro y fuera de la cámara de niebla salina.
- Se realizó el cálculo de la tasa de corrosión para todos los procesos establecidos obteniendo los valores que muestran las Tablas 4-3, 4-4 y 4-5 para la post selección del mejor proceso mediante un análisis estadístico de los datos.
- El análisis de corrosión acelerada permitió obtener valores de pérdida de masa en las muestras que mediante el cálculo con la Ec. 1 (Pág. 10) se obtuvo los valores de tasa de corrosión de todos los procesos. Mediante un programa

estadístico con la prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk se obtuvo el P valor de 0,000 en los procesos de soldadura con los tres electrodos siendo menor que el nivel de significancia de 0,05 establecido lo cual indica que los datos no corresponden a una distribución normal y por consecuente se realizó la aplicación de la prueba de Kruskal Wallis para validación o rechazo de la Hipótesis.

- Por medio de los valores de las medias se clasificaron los procesos, siendo el de menor valor de tasa de corrosión igual a 0 (cero) los procesos M13B que corresponde a una junta soldada con el electrodo E6013, con limpieza inicial manual (lija) y recubierta mediante el brochado, M18B que corresponde a una junta soldada con el electrodo E7018, con limpieza inicial manual (lija) y recubierta mediante el brochado y G18B que corresponde a una junta soldada con el electrodo E7018, con limpieza inicial mecánica (grata) y recubierta mediante el brochado.
- Las probetas de las juntas soldadas con el electrodo E6011 en los 6 casos analizados M11P, M11B, G11P, G11B, C11P y C11B presentan un grado de corrosión igual a 1 lo que significa que las muestras están afectadas en un 50% del total de su área.
- Las probetas de las juntas soldadas con el electrodo E6013 presentan un grado de corrosión igual a 1 en los procesos M13P, G13B, C13P y C13B con el 50% del total de su área afectada y los procesos M13B y G13P presentan un grado de corrosión igual a 2 siendo el 33% del área total afectada.
- Las probetas de las juntas soldadas con el electrodo E7018 en los 6 casos analizados M18P, M18B, G18P, G18B, C18P y C18B presentan un grado de corrosión igual a 1 lo cual significa que las muestras están afectadas en un 50% del total de su área.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar la limpieza de las sobre montas por efecto de la soldadura y el corte de las muestras con un sistema de refrigeración ya que el calor causado por el friccionamiento puede afectar considerablemente en el análisis.
- Realizar de inmediato el recubrimiento de las muestras luego de las limpiezas iniciales, ya que al estar expuestas al ambiente pueden generar oxido en sus superficies.
- Permitir el secado de las muestras en un ambiente seco y un tiempo considerable para evitar desperfectos en la pintura de las probetas.
- Empacar en forma individual las muestras para evitar desprendimientos de pintura, golpes o rasguños que perjudiquen el análisis de las muestras.
- En la cámara de niebla salina realizar controles permanentes del correcto funcionamiento verificando que los parámetros estén acorde a las especificaciones establecidas.
- Extraer las muestras y los fluviómetros en el menor tiempo posible para evitar el desprendimiento de la niebla salina y el enfriamiento de la cámara.
- Limpiar de inmediato las muestras extraídas mediante chorro de agua y pulverización de aire para garantizar datos coherentes de las muestras luego de realizar las mediciones correspondientes.
- Realizar la inspección visual de las muestras para evaluar el grado de corrosión minutos después de realizar la limpieza respectiva, ya que, al estar expuestas al ambiente pueden generar oxido y por consecuente generar una errónea evaluación.
- Realizar las mediciones correspondientes de las muestras luego de la evaluación del grado de corrosión.
- Tomar nota de todos los controles y acontecimientos que se vaya dando durante el análisis detallando el motivo y el tiempo que se tardó en realizar dichas actividades.
- Usar el equipo de protección correspondiente para evitar accidentes durante la realización de las probetas y la ejecución del ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] NACE INTERNATIONAL, «History of NACE International,» [En línea]. Available: <https://www.nace.org/About-NACE/History-of-NACE-International/>. [Último acceso: 14 08 2018].
- [2] NACE INTERNATIONAL THE CORROSION SOCIETY, «Techniques for Monitoring Corrosion and Related Parameters in Field Applications,» Texas , 2016.
- [3] E. Mina y F. Cadena, "Ensayos de Corrosión Metálica en Laboratorio y su Correlación con Ensayos de Campo" Tesis, Quito, 2011.
- [4] P. Chango, "Análisis de los Problemas de Corrosión en la Soldadura de los Aceros AISI 304L y 316L" Tesis, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2014.
- [5] G. Rodríguez y P. Salinas, "Estudio de la Agresividad Corrosiva en Medio Salino de Planchas Galvanizadas en Caliente, Sometidas a Esfuerzos de Tensión" Tesis, Quito, 2017.
- [6] A. Yépez, "*Estudio de Recubrimientos Anticorrosivos Aplicados sobre Aceros A-36 y su Incidencia en la Tasa de Corrosión Utilizando la Cámara de Niebla Salina*" Tesis, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [7] Donald R. Askeland; Wendelin J. Wright, Ciencia e Ingeniería de los Materiales, vol. 7ª Edición, México: Cengage Learning, 2017.
- [8] J. Maldonado, "Aceros y sus Aplicaciones", Tesis Mg., México, 2006.
- [9] *De Máquinas y Herramientas*, España, 2014.
- [10] J. Beltrán y J. González, «OASA,» 17 Junio 2017. [En línea]. Available: http://www.oasa.com.mx/cursos_pdf/CURSO-SMAW-OASA-MEXICALI.pdf. [Último acceso: 12 Septiembre 2018].
- [11] *Soldeo Manual con Electrodo Revestidos*, Lincoln Electric, 2015.
- [12] AWS A5.1, "*Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding, An American National Standard*", 2004.
- [13] *AGA Manual, Catálogo de Electrodo Comunes, Especiales y Gases para Corte y Soldadura*, 1994.

- [14] R. Chang y W. College, Química, Séptima Edición ed., México: McGRANW-HILL, 2002, pp. 789-790-791.
- [15] NACE INTERNATIONAL, "*Eight Forms of Corrosion*", Houston, Texas USA, 2018.
- [16] ASTM G1, "*Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens*", 2011.
- [17] ASTM D610, "*Standard Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces*", 2001.
- [18] J. Vega, "*Mecanismos de protección anticorrosiva del aluminio mediante recubrimientos de pintura formulados con pigmentos de intercambio iónico*", Tesis, Madrid: Universidad Complutense, 2011.
- [19] C. Giudice y P. Andrea, *TECNOLOGÍA DE PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS*, Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional - Argentina, 2009.
- [20] C. Giudice y P. Andrea, *MÉTODOS DE APLICACIÓN E INSTALACIONES DE SECADO/CURADO PARA PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS*, Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional - Argentina, 2011.
- [21] C. Arias, E. Calvo y J. Ochoa, *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE NIEBLA SALINA*, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2007.
- [22] DYCOMETAL, "*Cámara de Niebla Salina*", Barcelona - España, 2017.
- [23] ASTM B117. *Standard Practice for Operating Salt Spray*, 2011.
- [24] A. Jimenez, *Contraste de Shapiro-Wilk*, 2010.

ANEXOS

ANEXO A: Ficha Técnica del anticorrosivo a base de solvente.



EURO - ANTICORROSIVO - Anticorrosivo Alquídico -

CODIGO: Brillante: PM-2500 B
Mate: PM-2500 M

DESCRIPCIÓN: El *Euro-Anticorrosivo* está formulado de acuerdo a los últimos adelantos técnicos para suministrar una alta resistencia a los agentes atmosféricos oxidantes, causantes de la corrosión. Esto se logra con el uso de resinas, pigmentos y aditivos inhibidores de la corrosión.



BENEFICIOS: De gran resistencia a la intemperie. Prepara la superficie para la aplicación del *Euro-Esmalte* como acabado. Permanece inalterable a la acción de la luz, agua, lluvia, sol, viento en ambientes moderados.

USOS: Su uso está dirigido a la industria Metalmecánica, puentes, estructuras metálicas, torres, muebles metálicos, tanques de almacenamientos, tuberías aéreas, embarcaciones, para obra muerta.

ESPECIFICACIONES:

Acabado	Mate	Brillante
Color	Ver carta de colores	Carta de colores
Sólidos por peso	57.4 %	46.6%
Sólidos por Volumen	36.0 %	30.3%
Rendimiento Teórico	14.2 m ² /litro	12.0 m ² /litro
Espesor recomendado	2 manos	2 manos
Tiempo de secamiento		
Al tacto	30-60 min. a 25°C.	30-60 min. a 25°C.
Segunda mano	24h. a 25°C. y 50-60% de humedad relativa	24h. a 25°C. y 50-60% de humedad relativa
Intervalo de repinte	Mínimo 8 horas.	Mínimo 8 horas.





PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE:

1. Asegúrese que la superficie a pintar este libre de grasa, aceite, polvo, moho, óxido, suciedad, humedad, y otros contaminantes.
2. **Metal Ferroso:** El óxido debe removerse usando métodos convencionales de limpieza como: solventes, desoxidantes, cepillo de alambre, chorro de arena (sspc-sp6); dependiendo del espesor de la capa de óxido Puede aplicarse directamente sobre el metal.
3. **Metal no ferroso: Aluminio y metal galvanizado:** Realizar la limpieza en la misma forma. No utilizar chorro de arena, use acondicionador para este tipo de superficies (*UniPrimer*), antes de aplicar el *Euro-Anticorrosivo*.

APLICACIÓN:

1. Al momento de aplicar, agítese bien el producto con una espátula para obtener una completa uniformidad.
2. Para su aplicación utilice brocha, rodillo o pistola convencional Devilbiss JGA 502, aguja E, boquilla 704 y/o Bink No.18.
3. Para obtener un buen cubrimiento y uniformidad en el color, aplique mínimo 2 manos, con un intervalo de 3-4 horas en clima cálido y 6-8 horas en clima frío. Es preferible aplicar capas delgadas para mejor formación de la película.

CONTRA INDICADO:

No usar a temperaturas continuas mayores a 150°C.
Para ambientes industriales muy severos, ácidos, alcalinos, vapores y humos corrosivos.

PRECAUCIONES: Evite el contacto con la piel, ojos y la inhalación de vapores, usando equipos de seguridad adecuados.
En caso de contacto con la piel, lavar el área afectada con agua tibia y jabón; si el contacto es con los ojos, lavar con abundante agua y buscar atención médica.
Se recomienda diluir únicamente la cantidad que se va a utilizar.
Para almacenar envases incompletos, agregar una pequeña cantidad de solvente hasta cubrir el *Euro-Anticorrosivo* y sin revolverlo, tapar bien para evitar la formación de natas.
Producto inflamable, úselo con ventilación adecuada.

MANTENGA EURO-ANTICORROSIVO FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS.

Según nuestro conocimiento los datos técnicos aquí presentados son verdaderos y exactos al momento de escribirlos, pero pueden ser cambiados sin previo aviso. Toda responsabilidad se limitara al recambio por la cantidad equivalente de producto nuevo o a la devolución del costo del producto. Esta garantía no cubre el costo de la mano de obra.

ANEXO B: Ficha Técnica de la Sal Analítica.

Certificate of Analysis

Page 1 of 1



Certificate of Analysis

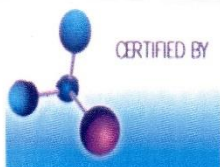
1 Reagent Lane
Fair Lawn, NJ 07410
201.796.7100 tel
201.796.1329 fax

Thermo Fisher Scientific's Quality System has been found to conform to Quality Management System Standard ISO9001:2008 standard by SAI Global Certificate Number CERT - 0090918

This is to certify that units of the lot number below were tested and found to comply with the specifications of the grade listed. Certain data have been supplied by third parties. Thermo Fisher Scientific expressly disclaims all warranties, expressed or implied, including the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. Certain products (USP/FCC/NF/EP/JP grades) are sold for use in food, drug, or medical device manufacturing. Fisher does not claim regulatory coverage under 21 CFR nor maintain DMFs with the FDA. The following are the actual analytical results obtained.

Catalog Number	S271	Quality Test / Release Date	10/27/2017
Lot Number	176877		
Description	SODIUM CHLORIDE, CERTIFIED A.C.S.		
Country of Origin	United States	* Suggested Retest Date	Oct-2022
Chemical Origin	Inorganic-non animal		
BSE/TSE Comment	No animal products are used as starting raw material ingredients, or used in processing, including lubricants, processing aids, or any other material that might migrate to the finished product.		
Chemical Comment	This material does not contain any BPA (Bisphenol A), phthalates/phthalate esters or animal derived substances.		

Result name	Units	Specifications	Test Value
APPEARANCE	-	REPORT	Small, white crystals.
ASSAY	%	>= 99.0	99.6
BARIUM (Ba)	PASS/FAIL	= PASS TEST	PASS TEST
BROMIDE	%	<= 0.01	<0.010
CALCIUM	%	<= 0.002	0.0003
CHLORATE & NITRATE	%	<= 0.003	<0.0030
HEAVY METALS (as Pb)	ppm	<= 5	<5.0
IDENTIFICATION	PASS/FAIL	= PASS TEST	PASS TEST
INSOLUBLE MATTER	%	<= 0.005	<0.005
IODIDE	%	<= 0.002	<0.0020
IRON (Fe)	ppm	<= 2	<2.0
MAGNESIUM	%	<= 0.001	<0.0010
PH 5% SOLUTION @ 25 DEG C		Inclusive Between 5.0 - 9.0	5.5
PHOSPHATE (PO4)	ppm	<= 5	<5.0
POTASSIUM (K)	%	<= 0.005	0.004
SULFATE (SO4)	%	<= 0.004	<0.0040



CERTIFIED BY

Jessica Bailey-Wyche

Quality Assurance Specialist - Certificate of Analysis Fair Lawn

Note: The data listed is valid for all package sizes of this lot of this product, expressed as an extension of this catalog number listed above. If there are any questions with this certificate, please call Chemical Services at (800) 227-6701.
*Based on suggested storage condition.

ANEXO C: Análisis agua destilada NOVACHEM

4 L.

NOVACHEM



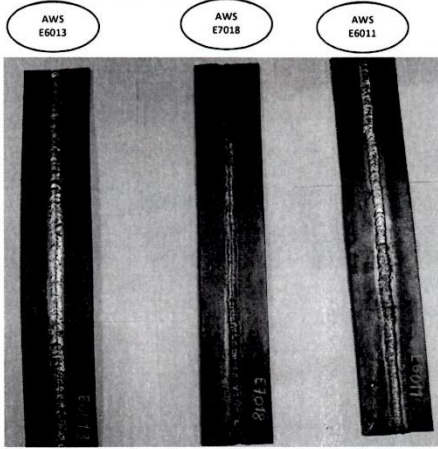
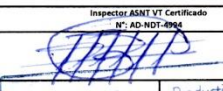
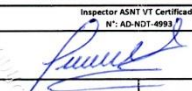
AGUA DESTILADA (Uso Múltiple)

ANÁLISIS ACTUAL

Norma INEN 1545	Dureza	Max 0.80 ppm
	Alcal. Total	Max 2.00 ppm
	STD	0.00 ppm
	pH	6-6.5
	Conductividad	Max 4.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	Silicie	Max 5.00 ppm
	Sabor Color	Exento

Lote: 100817

ANEXO D: Informe inspección visual y tintas penetrantes de las probetas

 Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carroceros		 Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua	
REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL Y TINTAS PENETRANTES			
Fecha de entrega: 21 de junio de 2018.		Factura N°: 001-002-000005123	
		N° INFORME: 180434943720180619-ILP	
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO: INSPECCIÓN VISUAL Y TINTAS PENETRANTES PARA PROBETAS DE SOLDADURA CON ELECTRODOS AWS E6013, E7018 Y E6011.			
CLIENTE: INTERNO: <input type="checkbox"/> EXTERNO: <input checked="" type="checkbox"/>	Razon Social: Sr. Luis Miguel Vellegas. RUC: 1802340339001	SOLICITANTE: Sr. Luis Miguel Vellegas.	CIUDAD: AMBATO DIRECCIÓN LA INSPECCIÓN: Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carroceros. PROYECTO: Trabajo de investigación UTA.
TRABAJO: INSPECCIÓN POR ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (VISUAL Y TINTAS PENETRANTES)		FECHA INSPECCIÓN: 15/06/2018	
NORMA DE CALIFICACIÓN: AWS D1.1/D1.2M-2010 Código de Soldadura Estructural-Acero		PRÁCTICA NORMALIZADA: ASTM 1417, ASTM E165	CLASE DE INSPECCIÓN: LABORATORIO (DESPUES DE APLICAR LA SOLDADURA EN LAS PROBETAS)
DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN MEDIANTE LÍQUIDOS PENETRANTES (PT)			
TIPO DE PENETRANTE: II (VISIBLE)	PROCEDIMIENTO N°: ASTM 1417		TIPO DE REVELADOR: E (NO ACUOSO) visible tipo II
MÉTODO DE APLICACIÓN: POR ROCIADO.	TIEMPO DE PENETRACIÓN: 5 minutos	TIEMPO DE REVELADO: 10 minutos	
MÉTODO DE REMOCIÓN: A/C (REMOVIBLE CON AGUA Y SOLVENTE)	LIMPIEZA MEDIANTE: SOLVENTE REMOVEDOR	ELEMENTO A ENSAYAR: SOLDADURAS DE JUNTA EN FILETE	
MARCA DEL KIT: SPOTCHECK	CODIGOS KIT DE INSP.: D14AM_3KL-WP2_54D-52	CÓDIGO DEL ELEMENTO: No aplica	
MÉTODO LIMPIEZA INICIAL: Mecánico (Grateado)	MÉTODO LIMPIEZA FINAL: Limpieza manual	PLANOS: SI	NO: X NO SE PROPORCIONA DESCRIPCIÓN GRÁFICA POR PARTE DEL CLIENTE
TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C	TEMPERATURA DE SUPERFICIE: No medido	MATERIAL A INSPECCIONARSE: (Material base ASTM A36 y electrodos AWS E1011, E6013 y E7018. Declarado por el cliente)	
TIPO ILUMINACIÓN: LUZ BLANCA	INTENSIDAD DE LUZ MÍNIMA: 1000 lx (100 fc)	OBSERVACIONES DE INSPECCIÓN: SI	NO: X
REPORTE GRÁFICO DE LA EVALUACIÓN			
			
COMENTARIO DE LA INSPECCIÓN: La inspección se realiza al 100% de las tres placas de uniones soldadas, tanto en inspección visual y tintas penetrantes.			
DATOS Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Chacón Mg.		Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng.	
Nombres Cargo: ANALISTA TÉCNICO DE ENSAYOS E INSPECCIONES		Nombres Cargo: DIRECTOR TÉCNICO DE ENSAYOS E INSPECCIONES	
Nivel de certificación: Inspector ASNT VT Certificado N°: AD-NDT-4994		Nivel de certificación: Inspector ASNT VT Certificado N°: AD-NDT-4993	
Firmas: 		Firmas: 	
Código: RG- EN -003		INFORME DE INSPECCIÓN VISUAL Y TINTAS PENETRANTES	
Fecha de Elaboración: 13-02-2017		Página 1 de 2	
Fecha de última aprobación: 27-04-2018			
Revisión: 2			



REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL Y TINTAS PENETRANTES

Nº INFORME: 180434943720180619-ILP

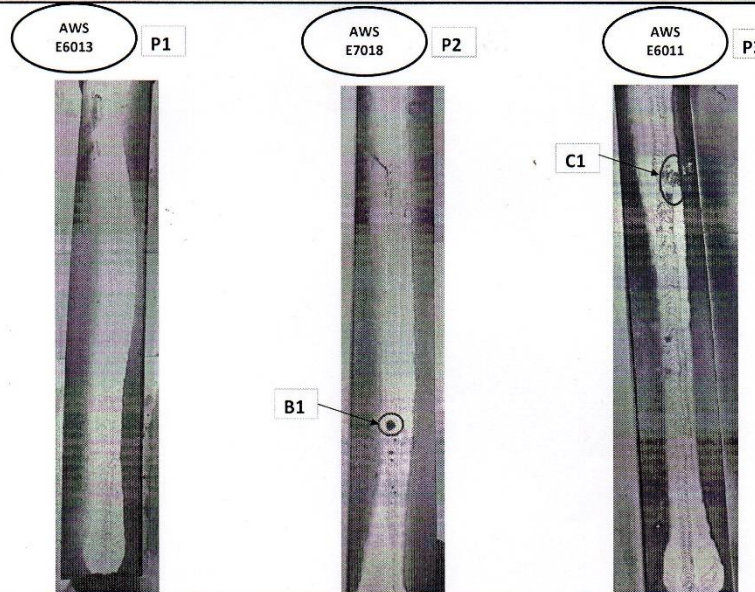
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO: INSPECCIÓN VISUAL Y TINTAS PENETRANTES PARA PROBETAS DE SOLDADURA CON ELECTRODOS AWS E6013, E7018 Y E6011.

TRABAJO: INSPECCIÓN POR ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (VISUAL Y TINTAS PENETRANTES) FECHA INSPECCIÓN: 15/06/2018

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN NORMA CRITERIO DE ACEPTACIÓN O RECHAZO: AWS D1.1/D1-1M-2010 Código de Soldadura

PUNTOS DE INSPECCIÓN		DIMENSIONES DE LAS INDICACIONES (mm)				APROBACIÓN FINAL	COMENTARIOS FINALES
Nº Punto	Lugar de Inspección	INDICACION	Ø / LONG.	LONGITUD	IDONIO (SI/NO)		
P1	A1	NINGUNA	-	-	SI	ACEPTADO	No se encuentra defectos en la soldadura
P2	B1	PORO	0,8	-	SI	ACEPTADO	No se encuentra defectos en la soldadura
P3	C1	MORDEDURA	-	25 mm	SI	ACEPTADO	No se encuentra defectos en la soldadura

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA



COMENTARIO DE EVALUACIÓN:

De acuerdo a los criterios de Aceptación y Rechazo de la norma AWS D1.1:2010 Tabla 6.1 se emiten los siguientes comentarios.

A1: Se acepta el Punto A1 de acuerdo a la norma AWS D1.1.

B1: Se acepta el Punto B1 de acuerdo a la norma AWS D1.1.

C1: Se acepta el Punto C1 de acuerdo a la norma AWS D1.1.

Código: RG- EN -003

Fecha de Elaboración: 13-02-2017

Fecha de última aprobación: 27-04-2018

Revisión: 2

INFORME DE INSPECCIÓN VISUAL Y TINTAS PENETRANTES

Página 2 de 2

ANEXO E: NORMA ASTM B117



Designation: B117 – 16

Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus¹

This standard is issued under the fixed designation B117; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope

1.1 This practice covers the apparatus, procedure, and conditions required to create and maintain the salt spray (fog) test environment. Suitable apparatus which may be used is described in [Appendix X1](#).

1.2 This practice does not prescribe the type of test specimen or exposure periods to be used for a specific product, nor the interpretation to be given to the results.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*²

[B368](#) Test Method for Copper-Accelerated Acetic Acid-Salt Spray (Fog) Testing (CASS Test)

[D609](#) Practice for Preparation of Cold-Rolled Steel Panels for Testing Paint, Varnish, Conversion Coatings, and Related Coating Products

[D1193](#) Specification for Reagent Water

[D1654](#) Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments

[E70](#) Test Method for pH of Aqueous Solutions With the Glass Electrode

[E691](#) Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

[G85](#) Practice for Modified Salt Spray (Fog) Testing

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee G01 on Corrosion of Metals and is the direct responsibility of Subcommittee G01.05 on Laboratory Corrosion Tests.

Current edition approved March 15, 2016. Published April 2016. Originally approved in 1939. Last previous edition approved in 2011 as B117 – 11. DOI: 10.1520/B0117-16.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

3. Significance and Use

3.1 This practice provides a controlled corrosive environment which has been utilized to produce relative corrosion resistance information for specimens of metals and coated metals exposed in a given test chamber.

3.2 Prediction of performance in natural environments has seldom been correlated with salt spray results when used as stand alone data.

3.2.1 Correlation and extrapolation of corrosion performance based on exposure to the test environment provided by this practice are not always predictable.

3.2.2 Correlation and extrapolation should be considered only in cases where appropriate corroborating long-term atmospheric exposures have been conducted.

3.3 The reproducibility of results in the salt spray exposure is highly dependent on the type of specimens tested and the evaluation criteria selected, as well as the control of the operating variables. In any testing program, sufficient replicates should be included to establish the variability of the results. Variability has been observed when similar specimens are tested in different fog chambers even though the testing conditions are nominally similar and within the ranges specified in this practice.

4. Apparatus

4.1 The apparatus required for salt spray (fog) exposure consists of a fog chamber, a salt solution reservoir, a supply of suitably conditioned compressed air, one or more atomizing nozzles, specimen supports, provision for heating the chamber, and necessary means of control. The size and detailed construction of the apparatus are optional, provided the conditions obtained meet the requirements of this practice.

4.2 Drops of solution which accumulate on the ceiling or cover of the chamber shall not be permitted to fall on the specimens being exposed.

4.3 Drops of solution which fall from the specimens shall not be returned to the solution reservoir for respraying.

4.4 Material of construction shall be such that it will not affect the corrosiveness of the fog.

4.5 All water used for this practice shall conform to Type IV water in Specification **D1193** (except that for this practice limits for chlorides and sodium may be ignored). This does not apply to running tap water. All other water will be referred to as reagent grade.

NOTE 1—Water used with a conductivity $\leq 1.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ (or resistivity $\geq 1.0 \text{M}\Omega\text{-cm}$) may cause damage to some equipment due to the reactive nature of the water. In addition, it may cause issues with stabilizing pH measurements.

5. Test Specimens

5.1 The type and number of test specimens to be used, as well as the criteria for the evaluation of the test results, shall be defined in the specifications covering the material or product being exposed or shall be mutually agreed upon between the purchaser and the seller.

6. Preparation of Test Specimens

6.1 Specimens shall be suitably cleaned. The cleaning method shall be optional depending on the nature of the surface and the contaminants. Care shall be taken that specimens are not recontaminated after cleaning by excessive or careless handling.

6.2 Specimens for the evaluation of paints and other organic coatings shall be prepared in accordance with applicable specification(s) for the material(s) being exposed, or as agreed upon between the purchaser and the supplier. Otherwise, the test specimens shall consist of steel meeting the requirements of Practice **D609** and shall be cleaned and prepared for coating in accordance with the applicable procedure of Practice **D609**.

6.3 Specimens coated with paints or nonmetallic coatings shall not be cleaned or handled excessively prior to test.

6.4 Whenever it is desired to determine the development of corrosion from an abraded area in the paint or organic coating, a scratch or scribed line shall be made through the coating with a sharp instrument so as to expose the underlying metal before testing. The conditions of making the scratch shall be as defined in Test Method **D1654**, unless otherwise agreed upon between the purchaser and the seller.

6.5 Unless otherwise specified, the cut edges of plated, coated, or duplex materials and areas containing identification marks or in contact with the racks or supports shall be protected with a suitable coating stable under the conditions of the practice.

NOTE 2—Should it be desirable to cut test specimens from parts or from preplated, painted, or otherwise coated steel sheet, the cut edges shall be protected by coating them with paint, wax, tape, or other effective media so that the development of a galvanic effect between such edges and the adjacent plated or otherwise coated metal surfaces, is prevented.

7. Position of Specimens During Exposure

7.1 The position of the specimens in the salt spray chamber during the test shall be such that the following conditions are met:

7.1.1 Unless otherwise specified, the specimens shall be supported or suspended between 15 and 30° from the vertical

and preferably parallel to the principal direction of flow of fog through the chamber, based upon the dominant surface being tested.

7.1.2 The specimens shall not contact each other or any metallic material or any material capable of acting as a wick.

7.1.3 Each specimen shall be placed to permit unencumbered exposure to the fog.

7.1.4 Salt solution from one specimen shall not drip on any other specimen.

NOTE 3—Suitable materials for the construction or coating of racks and supports are glass, rubber, plastic, or suitably coated wood. Bare metal shall not be used. Specimens shall preferably be supported from the bottom or the side. Slotted wooden strips are suitable for the support of flat panels. Suspension from glass hooks or waxed string may be used as long as the specified position of the specimens is obtained, if necessary by means of secondary support at the bottom of the specimens.

8. Salt Solution

8.1 The salt solution shall be prepared by dissolving 5 ± 1 parts by mass of sodium chloride in 95 parts of water conforming to Type IV water in Specification **D1193** (except that for this practice limits for chlorides and sodium may be ignored). Careful attention should be given to the chemical content of the salt. The salt used shall be sodium chloride with not more than 0.3 % by mass of total impurities. Halides (Bromide, Fluoride, and Iodide) other than Chloride shall constitute less than 0.1 % by mass of the salt content. Copper content shall be less than 0.3 ppm by mass. Sodium chloride that has had anti-caking agents added shall not be used because such agents may act as corrosion inhibitors. See **Table 1** for a listing of these impurity restrictions. Upon agreement between the purchaser and the seller, analysis may be required and limits established for elements or compounds not specified in the chemical composition given above.

8.2 The pH of the salt solution shall be such that when atomized at 35°C (95°F) the collected solution will be in the pH range from 6.5 to 7.2 (**Note 4**). Before the solution is atomized it shall be free of suspended solids (**Note 5**). The pH measurement shall be made at $23 \pm 3^\circ\text{C}$ ($73 \pm 5^\circ\text{F}$) using a suitable glass pH-sensing electrode, reference electrode, and pH meter system in accordance with Test Method **E70**. pH measurement shall be recorded once daily (except on weekends, or holidays when the salt spray test is not interrupted for exposing, rearranging, or removing test specimens or to check and replenish the solution in the reservoir. The maximum interval between pH measurements shall not exceed 96 h). Only diluted, reagent grade hydrochloric acid (HCl) or reagent grade sodium hydroxide (NaOH) shall be used to adjust the pH.

NOTE 4—Temperature affects the pH of a salt solution prepared from water saturated with carbon dioxide at room temperature and pH adjustment may be made by the following three methods:

(1) When the pH of a salt solution is adjusted at room temperature, and atomized at 35°C (95°F), the pH of the collected solution will be higher than the original solution due to the loss of carbon dioxide at the higher temperature. When the pH of the salt solution is adjusted at room temperature, it is therefore necessary to adjust it below 6.5 so the collected solution after atomizing at 35°C (95°F) will meet the pH limits of 6.5 to 7.2. Take about a 50-mL sample of the salt solution as prepared at room temperature, boil gently for 30 s, cool, and determine the pH. When the

TABLE 1 Maximum Allowable Limits for Impurity Levels in Sodium Chloride^{A,B,C}

NOTE 1—A measurable limit for anti-caking agents is *not* being defined as a result of how salt is manufactured. During salt manufacturing, it is common practice to create salt slurry from the raw salt mined. A crystallization process then captures the pure salt from this slurry. Some naturally occurring anti-caking agents can be formed in this process and are not removed from the resultant product. Avoid salt products where extra anti-caking agents are added. Additionally, when doing an elemental analysis of salt, there can be trace elements present that are either a stand-alone element or part of an anti-caking agent. It is not economically feasible to know where such elements came from due to the long list of possible anti-caking agents for which there would have to be testing. Therefore, a salt product that meets the impurity, halide, and copper limits with no anti-caking agents added will be acceptable. The salt supplier can provide an analysis of the salt with a statement indicating that anti-caking agents were not added to the product.

Impurity Description	Allowable Amount
Total Impurities	≤ 0.3 %
Halides (Bromide, Fluoride and Iodide) excluding Chloride	< 0.1 %
Copper	< 0.3 ppm
Anti-caking Agents	None Added

^A A common formula used to calculate the amount of salt required by mass to achieve a 5 % salt solution of a known mass of water is:

$$0.053 \times \text{Mass of Water} = \text{Mass of NaCl required}$$

The mass of water is 1 g per 1 mL. To calculate the mass of salt required in grams to mix 1 L of a 5 % salt solution, multiply 0.053 by 1000 g (35.27 oz, the mass of 1 L of water). This formula yields a result of 53 g (1.87 oz) of NaCl required for each litre of water to achieve a 5 % salt solution by mass.

The 0.053 multiplier for the sodium chloride used above is derived by the following:

1000 g (mass of a full L of water) divided by 0.95

(water is only 95 % of the total mixture by mass) yields 1053 g

This 1053 g is the total mass of the mixture of one L of water with a 5% sodium chloride concentration. 1053 g minus the original weight of the L of water, 1000 g, yields 53 g for the weight of the sodium chloride. 53 g of total sodium chloride divided by the original 1000 g of water yields a 0.053 multiplier for the sodium chloride.

As an example: to mix the equivalent of 200 L (52.83 gal) of 5 % sodium chloride solution, mix 10.6 kg (23.37 lb) of sodium chloride into 200 L (52.83 gal) of water. 200 L of water weighs 200 000 g, 200 000 g of water x 0.053 (sodium chloride multiplier) = 10 600 g of sodium chloride, or 10.6 kg.

^B In order to ensure that the proper salt concentration was achieved when mixing the solution, it is recommended that the solution be checked with either a salimeter hydrometer or specific gravity hydrometer. When using a salimeter hydrometer, the measurement should be between 4 and 6 % at 25°C (77°F).

^C If the purity of the salt used is >99.9%, then the limits for halides can be ignored. This is due to the fact that the halides cannot be ≥0.1% with a salt purity of >99.9%. If the salt used is of lower purity, then test for halides.

pH of the salt solution is adjusted to 6.5 to 7.2 by this procedure, the pH of the atomized and collected solution at 35°C (95°F) will come within this range.

(2) Heating the salt solution to boiling and cooling to 35°C (95°F) and maintaining it at 35°C (95°F) for approximately 48 h before adjusting the pH produces a solution the pH of which does not materially change when atomized at 35°C (95°F).

(3) Heating the water from which the salt solution is prepared to 35°C (95°F) or above, to expel carbon dioxide, and adjusting the pH of the salt solution within the limits of 6.5 to 7.2 produces a solution the pH of which does not materially change when atomized at 35°C (95°F).

NOTE 5—The freshly prepared salt solution may be filtered or decanted before it is placed in the reservoir, or the end of the tube leading from the solution to the atomizer may be covered with a double layer of cheesecloth to prevent plugging of the nozzle.

NOTE 6—The pH can be adjusted by additions of dilute ACS reagent grade hydrochloric acid or sodium hydroxide solutions.

9. Air Supply

9.1 The compressed air supply to the Air Saturator Tower shall be free of grease, oil, and dirt before use by passing through well-maintained filters (NOTE 7). This air should be maintained at a sufficient pressure at the base of the Air Saturator Tower to meet the suggested pressures of Table 2 at the top of the Air Saturator Tower.

NOTE 7—The air supply may be freed from oil and dirt by passing it through a suitable oil/water extractor (that is commercially available) to stop any oil from reaching the Air Saturator Tower. Many oil/water extractors have an expiration indicator, proper preventive maintenance intervals should take these into account.

9.2 The compressed air supply to the atomizer nozzle or nozzles shall be conditioned by introducing it into the bottom of a tower filled with water. A common method of introducing the air is through an air dispersion device (X1.4.1). The level of the water must be maintained automatically to ensure adequate humidification. It is common practice to maintain the temperature in this tower between 46 and 49°C (114–121°F) to offset the cooling effect of expansion to atmospheric pressure during the atomization process. Table 2 shows the temperature, at different pressures, that are commonly used to offset the cooling effect of expansion to atmospheric pressure.

9.3 Careful attention should be given to the relationship of tower temperature to pressure since this relationship can have a direct impact to maintaining proper collection rates (NOTE 8). It is preferable to saturate the air at temperatures well above the chamber temperature as insurance of a wet fog as listed in Table 2.

NOTE 8—If the tower is run outside of these suggested temperature and pressure ranges to achieve proper collection rates as described in 10.2 of this practice, other means of verifying the proper corrosion rate in the chamber should be investigated, such as the use of control specimens (panels of known performance in the test conducted). It is preferred that control panels be provided that bracket the expected test specimen performance. The controls allow for the normalization of test conditions during repeated running of the test and will also allow comparisons of test results from different repeats of the same test. (Refer to Appendix X3, Evaluation of Corrosive Conditions, for mass loss procedures).

10. Conditions in the Salt Spray Chamber

10.1 *Temperature*—The exposure zone of the salt spray chamber shall be maintained at 35 ± 2°C (95 ± 3°F). Each set point and its tolerance represents an operational control point for equilibrium conditions at a single location in the cabinet which may not necessarily represent the uniformity of conditions throughout the cabinet. The temperature within the exposure zone of the closed cabinet shall be recorded (NOTE 9) at least once daily (except on Saturdays, Sundays, and holidays when the salt spray test is not interrupted for exposing.

TABLE 2 Suggested Temperature and Pressure Guideline for the Top of the Air Saturator Tower for the Operation of a Test at 35°C (95°F)

Air Pressure, kPa	Temperature, °C	Air Pressure, psi	Temperature, °F
83	46	12	114
96	47	14	117
110	48	16	119
124	49	18	121

rearranging, or removing test specimens or to check and replenish the solution in the reservoir)

NOTE 9—A suitable method to record the temperature is by a continuous recording device or by a thermometer which can be read from outside the closed cabinet. The recorded temperature must be obtained with the salt spray chamber closed to avoid a false low reading because of wet-bulb effect when the chamber is open.

10.2 *Atomization and Quantity of Fog*—Place at least two clean fog collectors per atomizer tower within the exposure zone so that no drops of solution will be collected from the test specimens or any other source. Position the collectors in the proximity of the test specimens, one nearest to any nozzle and the other farthest from all nozzles. A typical arrangement is shown in Fig. 1. The fog shall be such that for each 80 cm² (12.4 in.²) of horizontal collecting area, there will be collected from 1.0 to 2.0 mL of solution per hour based on an average run of at least 16 h (NOTE 10). The sodium chloride concentration of the collected solution shall be 5 ± 1 mass % (NOTES 10-12). The pH of the collected solution shall be 6.5 to 7.2. The pH measurement shall be made as described in 8.2 (NOTE 4). Both sodium chloride concentration (measured as specific gravity) and volume of condensate collected (measured in mL) shall be recorded once daily (except on weekends, or holidays when the salt spray test is not interrupted for exposing, rearranging, or removing test specimens or to check and replenish the solution in the reservoir. The maximum interval between these data collection measurements shall not exceed 96 h).

NOTE 10—Suitable collecting devices are glass or plastic funnels with the stems inserted through stoppers into graduated cylinders, or crystallizing dishes. Funnels and dishes with a diameter of 10 cm (3.94 in.) have an area of about 80 cm² (12.4 in.²).

NOTE 11—The specific gravity of salt solution will change with temperature. Table 3 shows salt concentration and density versus tempera-

ture³ and can be used to determine if the sample measured is within specification. The sample to be measured may be a composite sample from multiple fog-collecting devices within a single cabinet, if necessary, to obtain sufficient solution volume for measurement.

Table 3 shows the salt concentration and salt density of 4 %, 5 % and 6 % salt solution between 20°C and 40°C. A measurement that falls within the range between 4 % and 6 % is acceptable.

It is important to understand the equipment being used to measure specific gravity. One common practice for specific gravity measurement is the use of a hydrometer. If used, careful attention to the hydrometer type is important as most are manufactured and calibrated for measurements at 15.6°C (60°F). Since salt density is temperature dependent, an offset will be necessary to make an accurate measurement at other temperatures. Contact the hydrometer manufacturer to find the proper offset for the hydrometer being used.

NOTE 12—Salt solutions from 2 to 6 % will give the same results, though for uniformity the limits are set at 4 to 6 %.

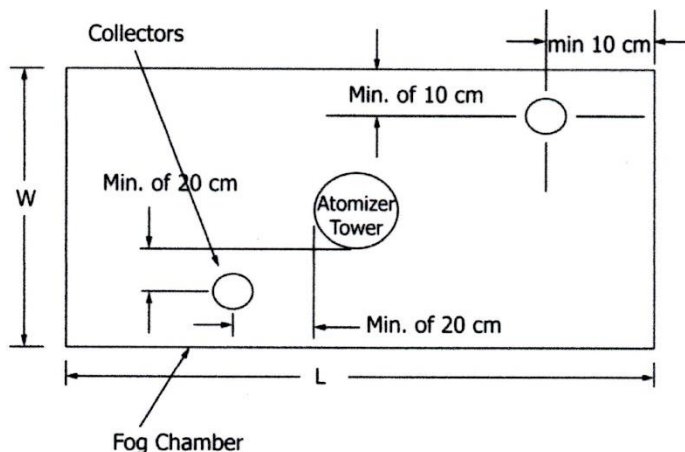
10.3 The nozzle or nozzles shall be so directed or baffled that none of the spray can impinge directly on the test specimens.

11. Continuity of Exposure

11.1 Unless otherwise specified in the specifications covering the material or product being tested, the test shall be continuous for the duration of the entire test period. Continuous operation implies that the chamber be closed and the spray operating continuously except for the short daily interruptions necessary to inspect, rearrange, or remove test specimens, to check and replenish the solution in the reservoir, and to make necessary recordings as described in Section 10.

NOTE 13—Operations should be so scheduled that the cumulative

³ "Thermodynamic Properties of the NaCl + H₂O system II. Thermodynamic Properties of NaCl(aq), NaCl·2H₂O(cr), and Phase Equilibria," *Journal of Physics and Chemistry Reference Data*, Vol. 21, No. 4, 1992.



NOTE 1—This figure shows a typical fog collector arrangement for a single atomizer tower cabinet. The same fog collector arrangement is also applicable for multiple atomizer tower and horizontal ("T" type) atomizer tower cabinet constructions as well.

FIG. 1 Arrangement of Fog Collectors

TABLE 3 Temperature versus Density Data

Temperature °C (°F)	Density, g/cm ³		
	4-percent Salt Concentration	5-percent Salt Concentration	6-percent Salt Concentration
20 (68)	1.025758	1.032360	1.038867
21 (69.8)	1.025480	1.032067	1.038560
22 (71.6)	1.025193	1.031766	1.038245
23 (73.4)	1.024899	1.031458	1.037924
24 (75.2)	1.024596	1.031142	1.037596
25 (77)	1.024286	1.030819	1.037261
26 (78.8)	1.023969	1.030489	1.036919
27 (80.6)	1.023643	1.030152	1.036570
28 (82.4)	1.023311	1.029808	1.036215
29 (84.2)	1.022971	1.029457	1.035853
30 (86)	1.022624	1.029099	1.035485
31 (87.8)	1.022270	1.028735	1.035110
32 (89.6)	1.021910	1.028364	1.034729
33 (91.4)	1.021542	1.027986	1.034343
34 (93.2)	1.021168	1.027602	1.033950
35 (95)	1.020787	1.027212	1.033551
36 (96.8)	1.020399	1.026816	1.033146
37 (98.6)	1.020006	1.026413	1.032735
38 (100.4)	1.019605	1.026005	1.032319
39 (102.2)	1.019199	1.025590	1.031897
40 (104)	1.018786	1.025170	1.031469

maximum time for these interruptions are held to 60 min or less per day. It is recommended to have only one interruption per day if possible. If interruption time is longer than 60 min, it should be noted in the test report.

12. Period of Exposure

12.1 The period of exposure shall be as designated by the specifications covering the material or product being tested or as mutually agreed upon between the purchaser and the seller.

NOTE 14—Recommended exposure periods are to be as agreed upon between the purchaser and the seller, but exposure periods of multiples of 24 h are suggested.

13. Cleaning of Tested Specimens

13.1 Unless otherwise specified in the specifications covering the material or product being tested, specimens shall be treated as follows at the end of the test:

13.1.1 The specimens shall be carefully removed.

13.2 Specimens may be gently washed or dipped in clean running water not warmer than 38°C (100°F) to remove salt deposits from their surface, and then immediately dried.

14. Evaluation of Results

14.1 A careful and immediate examination shall be made as required by the specifications covering the material or product being tested or by agreement between the purchaser and the seller.

15. Records and Reports

15.1 The following information shall be recorded, unless otherwise prescribed in the specifications covering the material or product being tested:

15.1.1 Type of salt and water used in preparing the salt solution.

15.1.2 All readings of temperature within the exposure zone of the chamber.

15.1.3 Data obtained from each fog-collecting device of volume of salt solution collected in millilitres per hour per 80 cm² (12.4 in.²).

15.1.4 Concentration or specific gravity of collected solution and the temperature of that solution when measured. Follow Table 3 for salt concentration and density versus temperature to determine that the sample measured is within specification. Sample to be measured may be a composite sample from multiple fog-collecting devices (within a single cabinet), if necessary to obtain sufficient solution volume for measurement.

15.1.5 pH of collected solution at 23 ± 3°C (73 ± 5°F). Sample to be measured may be a composite sample from multiple fog-collecting devices (within a single cabinet), if necessary to obtain sufficient solution volume for measurement.

15.2 Type of specimen and its dimensions, or number or description of part,

15.3 Method of cleaning specimens before and after testing,

15.4 Method of supporting or suspending article in the salt spray chamber,

15.5 Description of protection used as required in 6.5,

15.6 Exposure period,

15.7 Interruptions in exposure, cause, and length of time, and

15.8 Results of all inspections.

NOTE 15—If any of the atomized salt solution which has not contacted the test specimens is returned to the reservoir, it is advisable to record the concentration or specific gravity of this solution also.

16. Keywords

16.1 controlled corrosive environment; corrosive conditions; determining mass loss; salt spray (fog) exposure

APPENDICES

(Nonmandatory Information)

X1. CONSTRUCTION OF APPARATUS
X1.1 Cabinets

X1.1.1 Standard salt spray cabinets are available from several suppliers, but certain pertinent accessories are required before they will function according to this practice and provide consistent control for duplication of results.

X1.1.2 The salt spray cabinet consists of the basic chamber, an air-saturator tower, a salt solution reservoir, atomizing nozzles, specimen supports, provisions for heating the chamber, and suitable controls for maintaining the desired temperature.

X1.1.3 Accessories such as a suitable adjustable baffle or central fog tower, automatic level control for the salt reservoir, and automatic level control for the air-saturator tower are pertinent parts of the apparatus.

X1.1.4 The size and shape of the cabinet shall be such that the atomization and quantity of collected solution is within the limits of this practice.

X1.1.5 The chamber shall be made of suitably inert materials such as plastic, glass, or stone, or constructed of metal and lined with impervious plastics, rubber, or epoxy-type materials or equivalent.

X1.1.6 All piping that contacts the salt solution or spray should be of inert materials such as plastic. Vent piping should be of sufficient size so that a minimum of back pressure exists and should be installed so that no solution is trapped. The exposed end of the vent pipe should be shielded from extreme air currents that may cause fluctuation of pressure or vacuum in the cabinet.

X1.2 Temperature Control

X1.2.1 The maintenance of temperature within the salt chamber can be accomplished by several methods. It is generally desirable to control the temperature of the surroundings of the salt spray chamber and to maintain it as stable as possible. This may be accomplished by placing the apparatus in a constant-temperature room, but may also be achieved by surrounding the basic chamber of a jacket containing water or air at a controlled temperature.

X1.2.2 The use of immersion heaters in an internal salt solution reservoir or within the chamber is detrimental where heat losses are appreciable because of solution evaporation and radiant heat on the specimens.

X1.3 Spray Nozzles

X1.3.1 Satisfactory nozzles may be made of hard rubber, plastic, or other inert materials. The most commonly used type is made of plastic. Nozzles calibrated for air consumption and solution-atomized are available. The operating characteristics of a typical nozzle are given in [Table X1.1](#).

TABLE X1.1 Operating Characteristics of Typical Spray Nozzle

Siphon Height, cm	Air Flow, dm ³ /min				Solution Consumption, cm ³ /h			
	Air Pressure, kPa				Air Pressure, kPa			
	34	69	103	138	34	69	103	138
10	19	26.5	31.5	36	2100	3840	4584	5256
20	19	26.5	31.5	36	636	2760	3720	4320
30	19	26.5	31.5	36	0	1380	3000	3710
40	19	26.6	31.5	36	0	780	2124	2904

Siphon Height, in.	Air Flow, L/min				Solution Consumption, mL/h			
	Air Pressure, psi				Air Pressure, psi			
	5	10	15	20	5	10	15	20
4	19	26.5	31.5	36	2100	3840	4584	5256
8	19	26.5	31.5	36	636	2760	3720	4320
12	19	26.5	31.5	36	0	1380	3000	3710
16	19	26.6	31.5	36	0	780	2124	2904

X1.3.2 It can readily be seen that air consumption is relatively stable at the pressures normally used, but a marked reduction in solution sprayed occurs if the level of the solution is allowed to drop appreciably during the test. Thus, the level of the solution in the salt reservoir must be maintained automatically to ensure uniform fog delivery during the test.⁴

X1.3.3 If the nozzle selected does not atomize the salt solution into uniform droplets, it will be necessary to direct the spray at a baffle or wall to pick up the larger drops and prevent them from impinging on the test specimens. Pending a complete understanding of air-pressure effects, and so forth, it is important that the nozzle selected shall produce the desired condition when operated at the air pressure selected. Nozzles are not necessarily located at one end, but may be placed in the center and can also be directed vertically up through a suitable tower.

X1.4 Air for Atomization

X1.4.1 The air used for atomization must be free of grease, oil, and dirt before use by passing through well-maintained filters. Room air may be compressed, heated, humidified, and washed in a water-sealed rotary pump if the temperature of the water is suitably controlled. Otherwise cleaned air may be introduced into the bottom of a tower filled with water through a porous stone or multiple nozzles. The level of the water must be maintained automatically to ensure adequate humidification. A chamber operated in accordance with this method and [Appendix X1](#) will have a relative humidity between 95 and 98 %. Since salt solutions from 2 to 6 % will give the same results (though for uniformity the limits are set at 4 to 6 %), it is preferable to saturate the air at temperatures well above the

⁴ A suitable device for maintaining the level of liquid in either the saturator tower or reservoir of test solution may be designed by a local engineering group, or it may be purchased from manufacturers of test cabinets as an accessory.

chamber temperature as insurance of a wet fog. Table X1.2 shows the temperatures, at different pressures, that are required to offset the cooling effect of expansion to atmospheric pressure.

X1.4.2 Experience has shown that most uniform spray chamber atmospheres are obtained by increasing the atomizing

air temperature sufficiently to offset heat losses, except those that can be replaced otherwise at very low-temperature gradients.

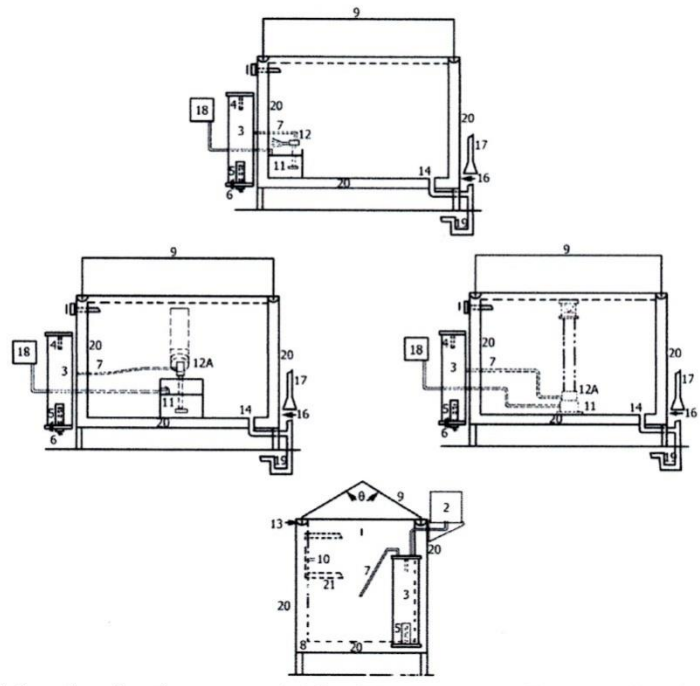
X1.5 Types of Construction

X1.5.1 A modern laboratory cabinet is shown in Fig. X1.1. Walk-in chambers are usually constructed with a sloping ceiling. Suitably located and directed spray nozzles avoid ceiling accumulation and drip. Nozzles may be located at the ceiling, or 0.91 m (3 ft) from the floor directed upward at 30 to 60° over a passageway. The number of nozzles depends on type and capacity and is related to the area of the test space. An 11 to 19 L (3 to 5-gal) reservoir is required within the chamber, with the level controlled. The major features of a walk-in type cabinet, which differs significantly from the laboratory type, are illustrated in Fig. X1.2. Construction of a plastic nozzle, such as is furnished by several suppliers, is shown in Fig. X1.3.

TABLE X1.2 Temperature and Pressure Requirements for Operation of Test at 95°F

		Air Pressure, kPa			
		83	96	110	124
Temperature, °C		46	47	48	49
			Air Pressure, psi		
		12	14	16	18
Temperature, °F		114	117	119	121

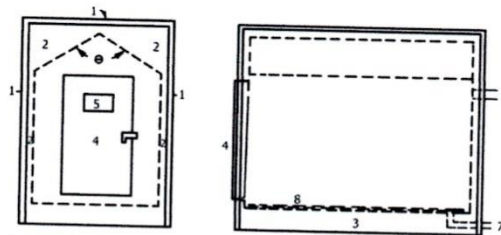
B117 - 16



NOTE 1—This figure shows the various components including alternate arrangements of the spray nozzles and solution reservoir.

- 0—Angle of lid, 90 to 125°
- 1—Thermometer and thermostat for controlling heater (Item No. 8) in base
- 2—Automatic water leveling device
- 3—Humidifying tower
- 4—Automatic temperature regulator for controlling heater (Item No. 5)
- 5—Immersion heater, nonrusting
- 6—Air inlet, multiple openings
- 7—Air tube to spray nozzle
- 8—Heater in base
- 9—Hinged top, hydraulically operated, or counterbalanced
- 10—Brackets for rods supporting specimens, or test table
- 11—Internal reservoir
- 12—Spray nozzle above reservoir, suitably designed, located, and baffled
- 12A—Spray nozzle housed in dispersion tower located preferably in center of cabinet (typical examples)
- 13—Water seal
- 14—Combination drain and exhaust. Exhaust at opposite side of test space from spray nozzle (Item 12), but preferably in combination with drain, waste trap, and forced draft waste pipe (Items 16, 17, and 19)
- 15—number not used
- 16—Complete separation between forced draft waste pipe (Item 17) and combination drain and exhaust (Items 14 and 19) to avoid undesirable suction or back pressure
- 17—Forced draft waste pipe
- 18—Automatic leveling device for reservoir
- 19—Waste trap
- 20—Air space or water jacket
- 21—Test table or rack, well below roof area

FIG. X1.1 Typical Salt Spray Cabinet



NOTE 1—The controls are the same, in general as for the smaller laboratory type cabinet (Fig. X1.1), but are sized to care for the larger cube. The chamber has the following features:

- θ—Angle of ceiling, 90 to 125°
- 1—Heavy insulated outer panels
- 2—Air space
- 3—Low-watt density heaters, or steam coils
- 4—Single- or double-, full-opening door (refrigeration type), with inward sloping door sill
- 5—Viewing window/s
- 6—Inner chamber vent
- 7—Inner chamber drain
- 8—Duct boards on floor

FIG. X1.2 Walk-in Chamber, 1.5 by 2.4 m (5 by 8 ft) and Upward in Overall Size

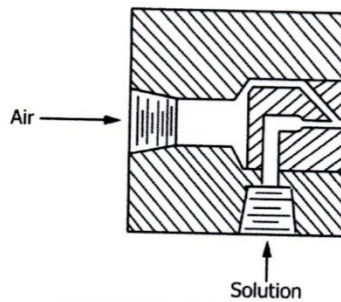


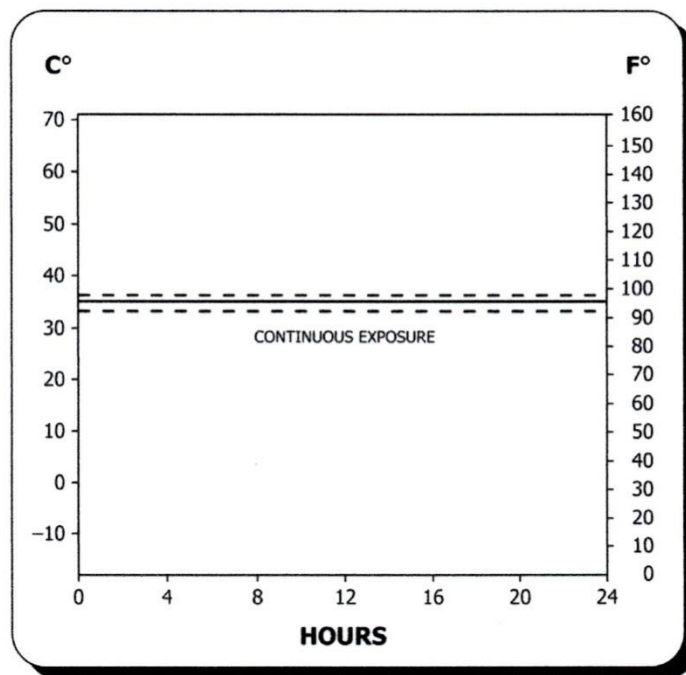
FIG. X1.3 Typical Spray Nozzle

X2. USE OF THE SALT SPRAY (FOG) TEST IN RESEARCH

X2.1 This practice is primarily used for process qualification and quality acceptance. Regarding any new applications, it is essential to correlate the results of this practice with actual field exposure results. (See Fig. X2.1.)

X2.2 The salt spray has been used to a considerable extent for the purpose of comparing different materials or finishes. It should be noted there is usually not a direct relation between salt spray (fog) resistance and resistance to corrosion in other media, because the chemistry of the reactions, including the formation of films and their protective value, frequently varies greatly with the precise conditions encountered. Informed personnel are aware of the erratic composition of basic alloys, the possibility of wide variations in quality and thickness of plated items produced on the same racks at the same time, and the consequent need for a mathematical determination of the

number of specimens required to constitute an adequate sample for test purposes. In this connection it is well to point out that Practice B117 is not applicable to the study or testing of decorative chromium plate (nickel-chromium) on steel or on zinc-base die castings or of cadmium plate on steel. For this purpose Test Method B368 and Practice G85 are available, which are also considered by some to be superior for comparison of chemically treated aluminum (chromated, phosphated, or anodized), although final conclusions regarding the validity of test results related to service experience have not been reached. Practice B117 and Practice G85 are considered to be most useful in estimating the relative behavior of closely related materials in marine atmospheres, since it simulates the basic conditions with some acceleration due to either wetness or temperature, or both.



NOTE 1—Dashed chart lines indicate temperature tolerance limits.
 NOTE 2—Reprinted with permission.

- (1) Salt Solution— 5 ± 1 parts by mass of sodium chloride (NaCl) in 95 parts by mass of Specification D1193 Type IV water.
- (2) pH 6.5 to 7.2 of collected solution.
- (3) The exposure zone of the salt spray chamber shall be maintained at $35 \pm 2^\circ\text{C}$ ($95 \pm 3^\circ\text{F}$). Each set point and its tolerance represents an operational control point for equilibrium conditions at a single location in the cabinet which may not necessarily represent the uniformity of conditions throughout the cabinet.
- (4) Fog at a rate of 1.0 to 2.0 mL/h per 80 cm² of horizontal collection area.

FIG. X2.1 Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus

X3. EVALUATION OF CORROSIVE CONDITIONS

X3.1 *General*—This appendix covers test panels and procedures for evaluating the corrosive conditions within a salt spray cabinet. The procedure involves the exposure of steel test panels and the determination of their mass losses in a specified period of time. This may be done monthly or more frequently to ensure consistent operation over time. It is also useful for correlating the corrosive conditions among different cabinets.

X3.2 *Test Panels*—The required test panels, 76 by 127 by 0.8 mm (3.0 by 5.0 by .0315 in.), are made from SAE 1008 commercial-grade cold-rolled carbon steel (UNS G10080).

X3.3 *Preparation of Panels Before Testing*—Clean panels before testing by degreasing only, so that the surfaces are free of dirt, oil, or other foreign matter that could influence the test results. After cleaning, weigh each panel on an analytical balance to the nearest 1.0 mg and record the mass.

X3.4 *Positioning of Test Panels*—Place a minimum of two weighed panels in the cabinet, with the 127-mm (5.0 in.) length supported 30° from vertical. Place the panels in the proximity of the condensate collectors. (See Section 6.)

X3.5 *Duration of Test*—Expose panels to the salt fog for 48 to 168 h.

X3.6 *Cleaning of Test Panels After Exposure*—After removal of the panels from the cabinet, rinse each panel immediately with running tap water to remove salt, and rinse in reagent grade water (see Specification D1193, Type IV). Chemically clean each panel for 10 min at 20 to 25°C in a fresh solution prepared as follows:

Mix 1000 mL of hydrochloric acid (sp gr 1.19) with 1000 mL reagent grade water (D1193, Type IV) and add 10 g of hexamethylene tetramine. After cleaning, rinse each panel with reagent grade water (Type IV) and dry (see 13.2).

X3.7 *Determining Mass Loss*—Immediately after drying, determine the mass loss by reweighing and subtracting panel mass after exposure from its original mass.

X3.7.1 Data generated in the interlaboratory study using this method are available from ASTM as a Research Report.⁵

X3.8 Precision and Bias—Steel Panel Test

X3.8.1 An interlaboratory test program using three different sets of UNS G10080 steel panels, 76 by 127 by 0.8 mm (3.0 by 5.0 by .0315 in.) has shown that the repeatability of the mass loss of the steel panels, that is, the consistency in mass loss results that may be expected when replicate panels are run simultaneously in a salt spray cabinet, is dependent upon exposure time and the panel lot or source. The interlaboratory program yielded repeatability standard deviations, S_r , from which 95 % repeatability limits, r , were calculated as follows (see Practice E691):

$$r = 2.8 S_r \tag{X3.1}$$

X3.8.1.1 The values of S_r and r are reported in Table X3.1. Note that the corrosion rate of steel in this environment is approximately constant over the exposure interval and that the ratio of the standard deviation to the average mass loss, the coefficient of variation, C_v , varies between 5 and 10 % with a weighted average of 7.4 % and an r of ± 21 % of the average mass loss.

X3.8.2 This interlaboratory program also produced results on the reproducibility of results, that is, the consistency of mass loss results in tests in different laboratories or in different cabinets in the same facility. This program yielded reproduc-

⁵ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:G01-1003.

TABLE X3.1 Repeatability Statistics

NOTE 1—Based on two replicates in every test run. No. = number of different salt spray cabinets in test program; r = 95 % repeatability limits, g; C_v = S_r /avg, coefficient of variation, %; and S_r = repeatability standard deviations, g.

Materials	Test Duration, h	Average Mass Loss, g	S_r , g	C_v , %	r , g	No.
QP1	48	0.8170	0.0588	7.20	0.1646	12
QP1	96	1.5347	0.1048	7.28	0.2934	12
QP1	168	2.5996	0.2498	9.61	0.6994	12
AP	48	0.7787	0.0403	5.17	0.1128	10
AP	96	1.4094	0.0923	6.55	0.2584	10
AP	168	2.4309	0.1594	6.56	0.4463	10
QP2	48	0.8566	0.0686	8.01	0.1921	5
QP2	96	1.5720	0.0976	6.21	0.2733	5
QP2	168	2.7600	0.2588	9.38	0.7246	5

ibility standard deviations, S_R , from which 95 % reproducibility limits, R , were calculated as follows (See Practice E691):

$$R = 2.8 S_R \tag{X3.2}$$

X3.8.2.1 The values of S_R and R are reported in Table X3.2. Note that the ratio of standard deviation to the average mass loss, the coefficient of variation, C_v , varies between 8 to 18 % with a weighted average of 12.7 % and an R of ± 36 % of the average mass loss.

X3.8.3 The mass loss of steel in this salt spray practice is dependent upon the area of steel exposed, the temperature, time of exposure, salt solution make up and purity, pH, spray conditions, and the metallurgy of the steel. The procedure in Appendix X3 for measuring the corrosivity of neutral salt spray cabinets with steel panels has no bias because the value of corrosivity of the salt spray is defined only in terms of this practice.

TABLE X3.2 Reproducibility Statistics

NOTE 1—No. = number of different salt spray cabinets in test program; R = 95 % reproducibility limits, g; Cv = S_R/avg , coefficient of variation, %; and S_R = reproducibility standard deviation, g.

Materials	Test Duration, h	Average Mass Loss, g	S_R , g	Cv , %	R , g	No.
QP1	48	0.8170	0.0947	11.58	0.2652	12
QP1	96	1.5347	0.2019	14.02	0.5653	12
QP1	168	2.5996	0.3255	12.52	0.9114	12
AP	48	0.7787	0.0805	10.33	0.2254	10
AP	96	1.4094	0.1626	11.54	0.4553	10
AP	168	2.4309	0.3402	14.00	0.9526	10
QP2	48	0.8566	0.1529	17.85	0.4281	5
QP2	96	1.5720	0.1319	8.39	0.3693	5
QP2	168	2.7600	0.3873	14.03	1.0844	5

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923. Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>

ANEXO F: NORMA ASTM D1193



Designation: D 1193 – 99^{ε1}

An American National Standard
Federal Test Method
Standard No. 7916

Standard Specification for Reagent Water¹

This standard is issued under the fixed designation D 1193; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

^{ε1} NOTE—An editorial change was made in 1.1 in October 2001.

1. Scope

1.1 This specification covers requirements for water suitable for use in methods of chemical analysis and physical testing. Four grades are specified:

	Type I	Type II	Type III	Type IV
Electrical conductivity, max, $\mu\text{S}/\text{cm}$ at 298 K (25°C)	0.056	1.0	0.25	5.0
Electrical resistivity, min, $\text{M}\Omega\text{-cm}$ at 298 K (25°C)	18	1.0	4.0	0.2
pH at 298 K (25°C)	A	A	A	5.0 to 8.0
Total organic carbon (TOC), max, $\mu\text{g}/\text{L}$	50	50	200	no limit
Sodium, max, $\mu\text{g}/\text{L}$	1	5	10	50
Chlorides, max, $\mu\text{g}/\text{L}$	1	5	10	50
Total silica, max, $\mu\text{g}/\text{L}$	3	3	500	no limit
Microbiological contamination—When bacterial levels need to be controlled, reagent grade types should be further classified as follows:		Type A	Type B	Type C
Maximum heterotrophic bacteria count		10/1000 mL	10/100 mL	100/10 mL
Endotoxin, EU/ml ^b		<0.03	0.25	not applicable

^AThe measurement of pH in Type I, II, and III reagent waters has been eliminated from this specification because these grades of water do not contain constituents in sufficient quantity to significantly alter the pH.

^bEU = Endotoxin Units.

1.2 The method of preparation of the various grades of reagent water determines the limits of impurities and shall be as follows:

1.2.1 Type I grade of reagent water shall be prepared by distillation or other equal process, followed by polishing with a mixed bed of ion exchange materials and a 0.2- μm membrane filter. Feedwater to the final polishing step must have a maximum conductivity of 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ at 298K (25°C).

1.2.2 Type II grade of reagent water shall be prepared by distillation using a still designed to produce a distillate having a conductivity of less than 1.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ at 298 K (25°C). Ion exchange, distillation, or reverse osmosis and organic adsorption may be required prior to distillation if the purity cannot be attained by single distillation.

NOTE 1—Because distillation is a process commonly relied upon to produce high purity water, the levels specified for Type II reagent water were selected to represent the minimum quality of water that a distillation process should produce.

1.2.3 Type III grade of reagent water shall be prepared by distillation, ion exchange, continuous electrodeionization reverse osmosis, or a combination thereof, followed by polishing with a 0.45- μm membrane filter.

1.2.4 Type IV grade of reagent water may be prepared by distillation, ion exchange, continuous electrodeionization reverse osmosis, electrodialysis, or a combination thereof.

1.3 The choice of one of the various grades may be designated by the method or by the investigator.

1.4 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- D 1125 Test Methods for Electrical Conductivity and Resistivity of Water²
- D 1129 Terminology Relating to Water²
- D 1293 Test Methods for pH of Water²
- D 4453 Practice for Handling of Ultra-Pure Water Samples²
- D 4517 Test Method for Low-Level Total Silica in High-Purity Water by Flameless Atomic Absorption Spectroscopy^{3,4}
- D 4779 Test Method for Total, Organic, and Inorganic Carbon in High Purity Water by Ultraviolet (UV) or Persulfate Oxidation, or Both, and Infrared Detection⁴
- D 5391 Test Method for Electrical Conductivity and Resistivity of a Flowing High Purity Water Sample²
- D 5542 Test Method for Trace Anions in High Purity Water by Ion Chromatography²

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 11.01.

³ Determination of Trace Silica in Industrial Process Waters by Flameless Atomic Absorption Spectrometry, Judith Rawwa and Earl Henn, Analytical Chemistry, Vol 51, No 3, March 1979.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 11.02.

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee D-19 on Water and is the responsibility of Subcommittee D19.02 on General Specifications, Technical Resources, and Statistical Methods.

Current edition approved Feb. 10, 1999. Published March 1999. Originally issued as D 1193 – 51 T. Last previous edition D 1193 – 91.

- D 5997 Test Method for On-Line Monitoring of Total Carbon, Inorganic Carbon in Water by Ultraviolet, Persulfate Oxidation and Membrane Conductivity Detection²
- D 6071 Test Method for Low Level Sodium in High Purity Water by Graphite Furnace Atom Absorption Spectroscopy²
- F 1094 Test Methods for Microbiological Monitoring of Water Used for Processing Electron and Microelectronic Devices by Direct Pressure Tap Sampling Valve and by the Presterilized Plastic Bag Method⁵

3. Terminology

3.1 *Definitions*— For definitions used in this specification refer to Terminology D 1129.

4. Significance and Use

4.1 Different analytical methods and industrial processes require water of different purities. Also, different types of contaminants affect these methods and processes differently. This specification is intended to provide the user with a choice of different grades of water having different purities as described in Section 1. It is intended to satisfy the requirements for normal laboratory procedures, but does not necessarily apply to the large-scale production of pure water or for specific applications. Different grades of water may be covered by other ASTM specifications or guides, or by the requirements of other standards organizations.

5. Use and Application

5.1 The method of preparing Type I reagent water may add organic contaminants to the water by contact with the ion-exchange materials. It should be noted also that the method may or may not remove non-ionized dissolved gases.

5.1.1 The dissolved or particulate organic contamination would normally range from 30 to 50 µg/L. The concentration of nonionized dissolved gases may exceed 5 mg/L.

5.2 The quality of the effluent water depends upon the type, age, and method of regeneration of the ion exchange materials. Likewise, the flow rate through the ion exchange resin bed will change the conductivity of the effluent water. The instructions of the manufacturer of the resins or the resin cartridge bed should be followed.

5.3 The use of the membrane filter in the preparation of Type I and Type III water may add a small amount of organic components to the water first produced.

5.3.1 Some membrane filters contain as much as 8 mass % of soluble components resulting from the manufacturing process.

5.3.2 If the contamination of the water by the organic component is of significance to the test, Type II water should be used or the membrane should be rinsed by discarding the first 10 mL of water produced per square centimetre of filter area, and until a test for the organic components shows them to have been reduced to less than the specified level.

5.4 Type II grade of reagent water should be sterile and pyrogen-free as produced and generally may be used whenever

freedom from organic or biological contaminants is desirable. However, the method of storage and handling of the water may itself result in contamination.

5.4.1 Type II water should be pyrogen-free, but must be tested in conformance with the requirements of the current edition of U.S.P. if proof is needed.

5.4.2 The description of Type II reagent water is intended to characterize the product of distillation.

5.4.3 Distilled water is often specified when freedom from moles and silica is required, or when surface-active organics are proven to be a problem, and when alternative processes have been found to be inadequate.

5.5 Types I, II, and III reagent water should be protected from atmospheric contamination and from solution of container and tubing materials.

5.5.1 Extreme care must be exercised in handling samples when making an analysis. Sample containers and tubing should be made of fluorocarbon, titanium, tantalum, block tin, quartz, 18-8 stainless steel, polyethylene, or other material proven to be sufficiently resistant to chemical attack so as not to cause contamination in the intended use. Practice D 4453 should be consulted.

5.6 Because atmospheric gases and impurities rapidly recontaminate exposed water, in-line electrodes should be employed for determining the electrical conductivity of reagent water Types I, II, and III. The measurement of pH in Type I, II, and III reagent waters has been eliminated from this specification because the values would be a function of the instrumentation.

5.7 Since freedom from biological contaminants may be important in the test procedure using any of the reagent waters specified, a classification of bacterial levels is included and should be specified if it is of significance to the test being performed.

5.7.1 To obtain sterile water, any of the types of reagent water listed in this section may be produced, bottled, and heated to 394 K (121°C) for 20 min. This procedure is most easily carried out by autoclaving at 103 kPa (15 psi) for 20 min.

5.8 *The following requirement is beyond the requirements of the general specifications:* The use of reagent grade water should recognize that analytes may exist in water that meets the criteria listed in Section 1, but these analytes may interfere with the use of the water. If levels of other analytes are important, it is the user's responsibility to specify their limits.

6. Requirements

6.1 Reagent water shall conform to the requirements specified in Section 1.

6.2 Additional requirements concerning specific contaminants or methods of preparation may be included in this specification by mutual agreement between the parties concerned.

7. Test Methods

7.1 *Electrical Conductivity and Resistivity*—Refer to Test Methods D 1125 and D 5391.

7.2 *pH*—Refer to Test Methods D 1293.

7.3 *Silica*—Refer to Test Method D 4517.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 10.04.

 D 1193 – 99¹

7.4 *Sodium*—Refer to Test Methods D 6071.

7.5 *Chlorides*⁶. Refer to Test Method D 5542.

7.6 *TOC*—Refer to Test Method D 4779 and D 5997.

7.7 *Endotoxins*—Refer to LAL Test Method⁶

7.8 *Microbiological Contamination*—Refer to Test Methods F 1094.

8. Keywords

8.1 laboratory analysis; reagent; water

⁶ Published in *U.S. Pharmacopeia* by The U.S. Pharmacopeial Convention, Inc.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-8585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANEXO G: NORMA ASTM D610



Designation: D 610 – 01

Steel Structures Painting Council
SSPC-VIS-2

Standard Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces¹

This standard is issued under the fixed designation D 610; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This test method covers the evaluation of the degree of rusting on painted steel surfaces. The visual examples which depict the percentage of rusting given in the written specifications form part of the standard. In the event of a dispute, the written definition prevails. These visual examples were developed in cooperation with SSPC: The Society for Protective Coatings to further standardization of methods.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Adjunct/SSPC: The Society for Protective Coatings*

SSPC-VIS 2/ASTM D 610 Standard Method of Evaluating Degrees of Rusting on Painted Steel Surfaces²

3. Significance and Use

3.1 The amount of rusting beneath or through a paint film is a significant factor in determining whether a coating system should be repaired or replaced. This test method provides a standardized means for quantifying the amount and distribution of visible surface rust.

3.2 The degree of rusting is evaluated using a zero to ten scale based on the percentage of visible surface rust.

3.3 The distribution of the rust is classified as spot rust, general rust, pinpoint rust or hybrid rust.

4. Interferences

4.1 The visual examples that are part of this test method and the associated rust-grade scale cover only rusting evidenced by visible surface rust.

4.2 The use of the visual examples requires the following cautions:

4.2.1 Some finishes are stained by rust. This staining must not be confused with the actual rusting involved.

4.2.2 Accumulated dirt or other material may make accurate determination of the degree of rusting difficult.

4.2.3 Certain types of deposited dirt that contain iron or iron compounds may cause surface discoloration that should not be mistaken for corrosion.

4.2.4 Failure may vary over a given area. Discretion must therefore be used when selecting a single rust grade or rust distribution that is to be representative of a large area or structure, or in subdividing a structure for evaluation.

4.2.5 The color of the finish coating should be taken into account in evaluating surfaces as failures will be more apparent on a finish that shows color contrast with rust, such as used in these reference standards, than on a similar color, such as an iron oxide finish.

5. Procedure

5.1 Select an area to be evaluated.

5.2 Determine the type of rust distribution using definitions in Table 1 and visual examples in Fig. 1, Fig. 2, and Fig. 3.

5.3 Estimate percentage of surface area rusted using the visual examples in Fig. 1, Fig. 2, and Fig. 3 or SSPC-VIS 2, or both, by electronic scanning techniques or other method agreed upon by contracting parties.

NOTE 1—The numerical rust grade scale is an exponential function of the area of rust. The rust grade versus area of rust is a straight line plot on semilogarithmic coordinate from rust grade 10 to rust grade 4. The slope of the curve was changed at 10 % of the area rusted to 100 % rusted to permit inclusion of complete rusting on the 0 to 10 rust scale.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D01 on Paint and Related Coatings, Materials, and Applications and is the direct responsibility of Subcommittee D01.46 on Industrial Protective Coatings.

This test method has been jointly approved by ASTM and SSPC: The Society for Protective Coatings.

Current edition approved May 10, 2001. Published July 2001. Originally published as D 610 – 41. Last previous edition D 610 – 95.

² Colored visual examples are available at a nominal cost from ASTM Headquarters (request Adjunct ADJDO610a), SSPC Publication No. 00-08 from SSPC: The Society for Protective Coatings, 40 24th Street, Sixth Floor, Pittsburgh, PA 15213, www.spsc.org.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

TABLE 1 Scale and Description of Rust Ratings

Rust Grade	Percent of Surface Rusted	Visual Examples		
		Spot(s)	General (G)	Pinpoint (P)
10	Less than or equal to 0.01 percent		None	
9	Greater than 0.01 percent and up to 0.03 percent	9-S	9-G	9-P
8	Greater than 0.03 percent and up to 0.1 percent	8-S	8-G	8-P
7	Greater than 0.1 percent and up to 0.3 percent	7-S	7-G	7-P
6	Greater than 0.3 percent and up to 1.0 percent	6-S	6-G	6-P
5	Greater than 1.0 percent and up to 3.0 percent	5-S	5-G	5-P
4	Greater than 3.0 percent and up to 10.0 percent	4-S	4-G	4-P
3	Greater than 10.0 percent and up to 16.0 percent	3-S	3-G	3-P
2	Greater than 16.0 percent and up to 33.0 percent	2-S	2-G	2-P
1	Greater than 33.0 percent and up to 50.0 percent	1-S	1-G	1-P
0	Greater than 50 percent		None	

Rust Distribution Types:
 S: Spot Rusting—Spot rusting occurs when the bulk of the rusting is concentrated in a few localized areas of the painted surface. The visual examples depicting this type of rusting are labeled 9-S thru 1-S (See Fig. 1, Fig. 2, and Fig. 3).
 G: General Rusting—General rusting occurs when various size rust spots are randomly distributed across the surface. The visual examples depicting this type of rusting are labeled 9-G thru 1-G. (See Fig. 1, Fig. 2, and Fig. 3).
 P: Pinpoint Rusting—Pinpoint rusting occurs when the rust is distributed across the surface as very small individual specks of rust. The visual examples depicting this type of rusting are labeled 9-P through 1-P. (See Fig. 1, Fig. 2, and Fig. 3).
 H: Hybrid Rusting—An actual rusting surface may be a hybrid of the types of rust distribution depicted in the visual examples. In this case, report the total percent of rust to classify the surface. 9-H through 1-H.

5.4 Use percentage of surface area rusted to identify rust grade (see Table 1). Assign rust rating using rust grade of 0-10 followed by the type of rust distribution identified by *S* for spot, *G* for general, *P* for pinpoint or *H* for Hybrid.

5.5 The visual examples are not required for use of the rust-grade scale since the scale is based upon the percent of the area rusted and any method of assessing area rust may be used to determine the rust grade.

6. Report

- 6.1 Identify sample or area evaluated.
- 6.2 Report rust grade using rating of 0-10.

6.3 Report rust distribution using *S* for Spot, *G* for General, *P* for Pinpoint and *H* for Hybrid.

7. Precision and Bias

7.1 No precision or bias statement can be made for this test method.

8. Keywords

- 8.1 corrosion; rusting

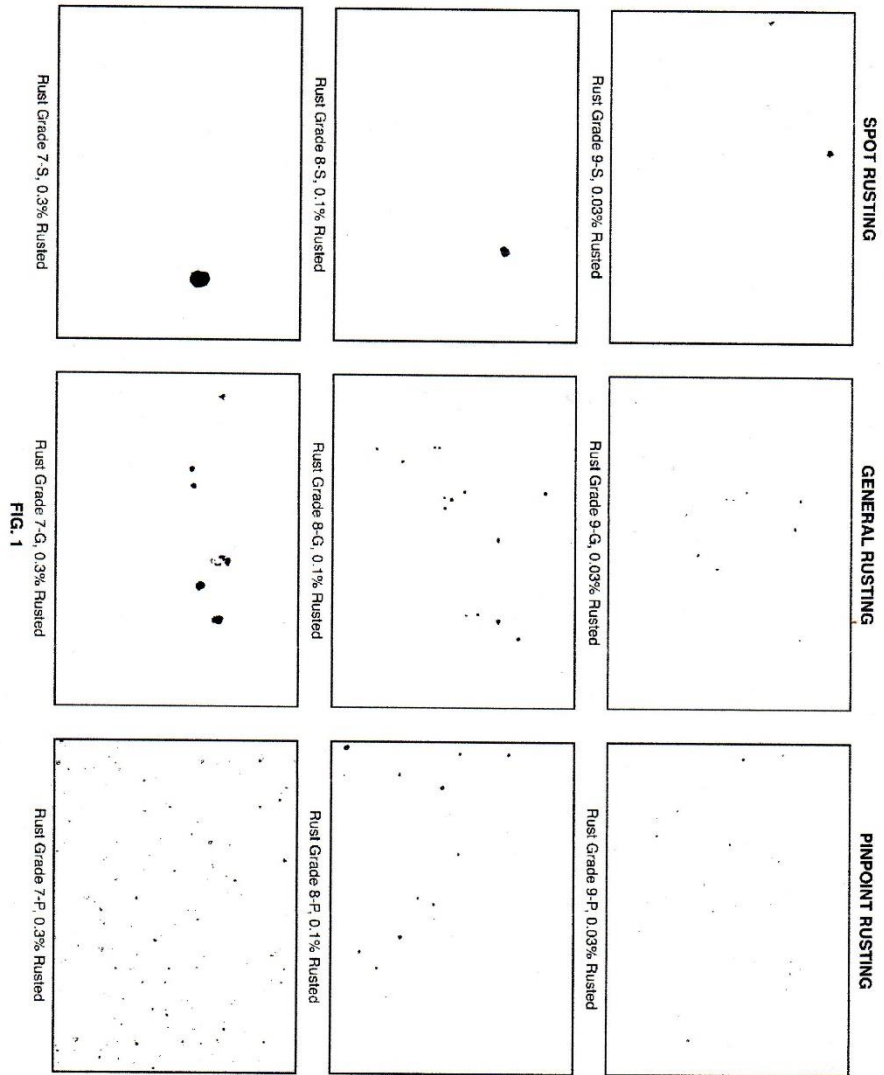


FIG. 1 Examples of Area Percentages

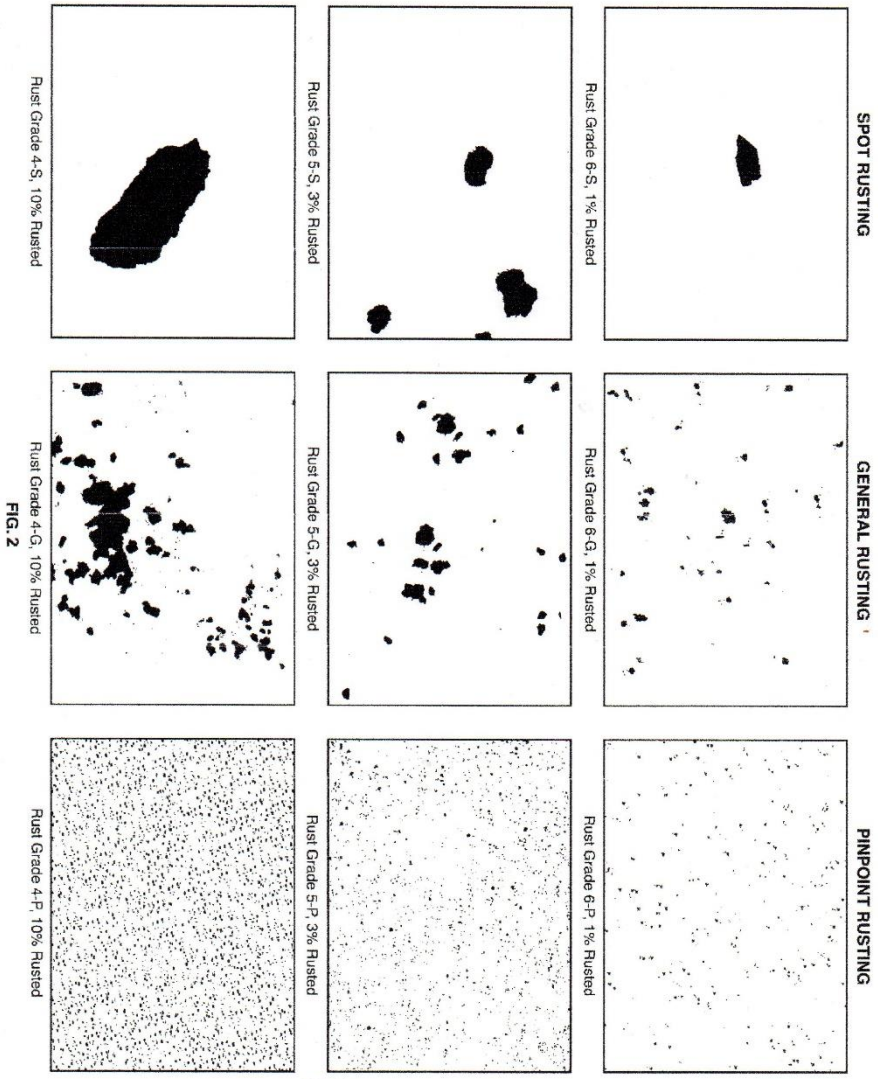


FIG. 2

FIG. 2 Examples of Area Percentages

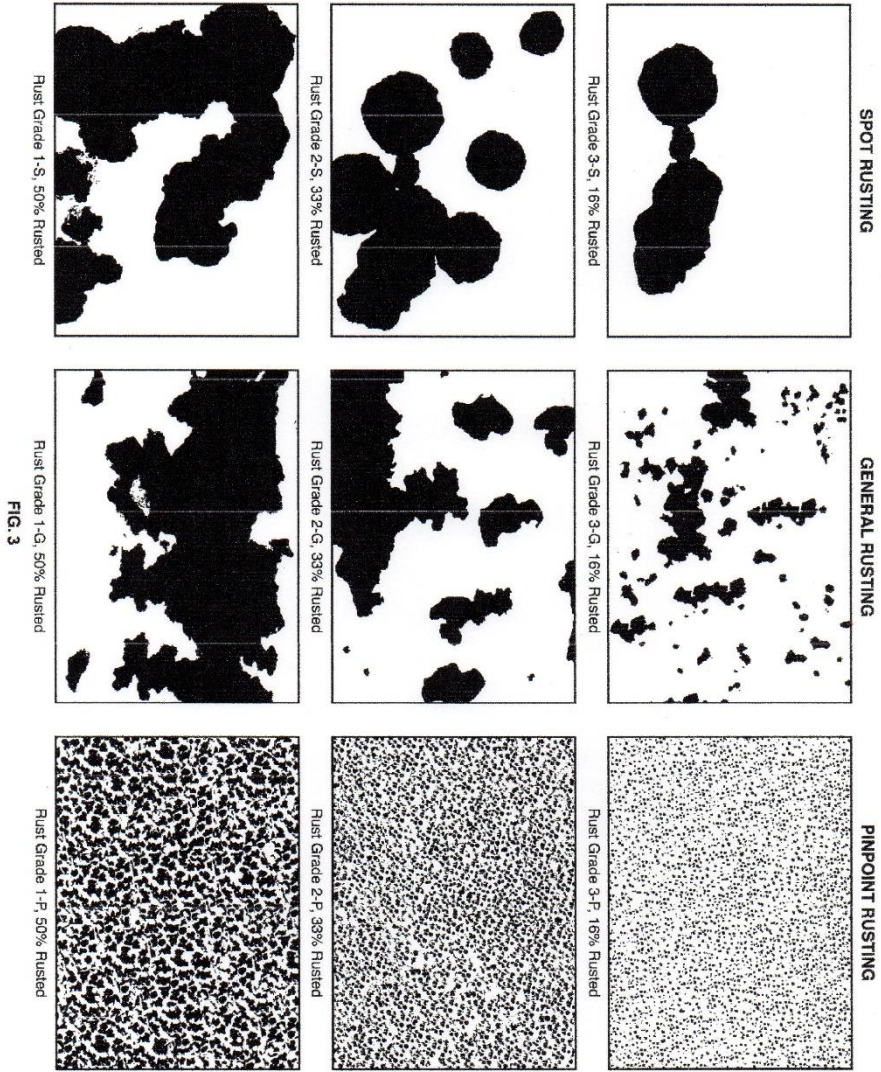


FIG. 3

FIG. 3 Examples of Area Percentages



D 610 – 01

SUMMARY OF CHANGES

Committee D01 has identified the location of selected changes to this standard since the last date of issue that may impact the use of this standard.

- (1) This test method revised in 2001 to include the rust distribution information.
- (2) The visual examples were changed from nine pictorial representation to twenty-seven rust grade and rust distribution visual examples.
- (3) Previously numerical rust grade rating of 0-10 were used. Now rust grade of 0-10 are followed by rust distribution of *S*, *G*, *P* or *H*.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANEXO H: NORMA ASTM G1



Designation: G1 – 03 (Reapproved 2011)

Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation G1; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscripted epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This practice covers suggested procedures for preparing bare, solid metal specimens for tests, for removing corrosion products after the test has been completed, and for evaluating the corrosion damage that has occurred. Emphasis is placed on procedures related to the evaluation of corrosion by mass loss and pitting measurements. (**Warning**—In many cases the corrosion product on the reactive metals titanium and zirconium is a hard and tightly bonded oxide that defies removal by chemical or ordinary mechanical means. In many such cases, corrosion rates are established by mass gain rather than mass loss.)

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* For specific warning statements, see 1.1 and 7.2.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- A262 Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels
- D1193 Specification for Reagent Water
- D1384 Test Method for Corrosion Test for Engine Coolants in Glassware

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee G01 on Corrosion of Metals and is the direct responsibility of Subcommittee G01.05 on Laboratory Corrosion Tests.

Current edition approved Dec. 1, 2011. Published April 2012. Originally approved in 1967. Last previous edition approved in 2003 as G1–2003. DOI: 10.1520/G0001-03R11.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

D2776 Methods of Test for Corrosivity of Water in the Absence of Heat Transfer (Electrical Methods) (Withdrawn 1991)³

G15 Terminology Relating to Corrosion and Corrosion Testing (Withdrawn 2010)³

G16 Guide for Applying Statistics to Analysis of Corrosion Data

G31 Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals

G33 Practice for Recording Data from Atmospheric Corrosion Tests of Metallic-Coated Steel Specimens

G46 Guide for Examination and Evaluation of Pitting Corrosion

G50 Practice for Conducting Atmospheric Corrosion Tests on Metals

G78 Guide for Crevice Corrosion Testing of Iron-Base and Nickel-Base Stainless Alloys in Seawater and Other Chloride-Containing Aqueous Environments

3. Terminology

3.1 See Terminology G15 for terms used in this practice.

4. Significance and Use

4.1 The procedures given are designed to remove corrosion products without significant removal of base metal. This allows an accurate determination of the mass loss of the metal or alloy that occurred during exposure to the corrosive environment.

4.2 These procedures, in some cases, may apply to metal coatings. However, possible effects from the substrate must be considered.

5. Reagents and Materials

5.1 *Purity of Reagents*—Reagent grade chemicals shall be used in all tests. Unless otherwise indicated, it is intended that all reagents conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society where

³ The last approved version of this historical standard is referenced on www.astm.org.

such specifications are available.⁴ Other grades may be used, provided it is first ascertained that the reagent is of sufficiently high purity to permit its use without lessening the accuracy of the determination.

5.2 *Purity of Water*—Unless otherwise indicated, references to water shall be understood to mean reagent water as defined by Type IV of Specification D1193.

6. Methods for Preparing Specimens for Test

6.1 For laboratory corrosion tests that simulate exposure to service environments, a commercial surface, closely resembling the one that would be used in service, will yield the most meaningful results.

6.2 It is desirable to mark specimens used in corrosion tests with a unique designation during preparation. Several techniques may be used depending on the type of specimen and test.

6.2.1 *Stencil or Stamp*—Most metallic specimens may be marked by stenciling, that is, imprinting the designation code into the metal surface using hardened steel stencil stamps hit with a hammer. The resulting imprint will be visible even after substantial corrosion has occurred. However, this procedure introduces localized strained regions and the possibility of superficial iron contamination in the marked area.

6.2.2 Electric engraving by means of a vibratory marking tool may be used when the extent of corrosion damage is known to be small. However, this approach to marking is much more susceptible to having the marks lost as a result of corrosion damage during testing.

6.2.3 Edge notching is especially applicable when extensive corrosion and accumulation of corrosion products is anticipated. Long term atmospheric tests and sea water immersion tests on steel alloys are examples where this approach is applicable. It is necessary to develop a code system when using edge notches.

6.2.4 Drilled holes may also be used to identify specimens when extensive metal loss, accumulation of corrosion products, or heavy scaling is anticipated. Drilled holes may be simpler and less costly than edge notching. A code system must be developed when using drilled holes. Punched holes should not be used as they introduce residual strain.

6.2.5 When it is undesirable to deform the surface of specimens after preparation procedures, for example, when testing coated surfaces, tags may be used for specimen identification. A metal or plastic wire can be used to attach the tag to the specimen and the specimen identification can be stamped on the tag. It is important to ensure that neither the tag nor the wire will corrode or degrade in the test environment. It is also important to be sure that there are no galvanic interactions between the tag, wire, and specimen.

⁴ *Reagent Chemicals, American Chemical Society Specifications*, American Chemical Society, Washington, DC. For Suggestions on the testing of reagents not listed by the American Chemical Society, see *Annual Standards for Laboratory Chemicals*, BDH Ltd., Poole, Dorset, U.K., and the *United States Pharmacopeia and National Formulary*, U.S. Pharmacopetal Convention, Inc. (USPC), Rockville, MD.

6.3 For more searching tests of either the metal or the environment, standard surface finishes may be preferred. A suitable procedure might be:

6.3.1 Degrease in an organic solvent or hot alkaline cleaner. (See also Practice G31.)

NOTE 1—Hot alkalis and chlorinated solvents may attack some metals.

NOTE 2—Ultrasonic cleaning may be beneficial in both pre-test and post-test cleaning procedures.

6.3.2 Pickle in an appropriate solution if oxides or tarnish are present. In some cases the chemical cleaners described in Section 6 will suffice.

NOTE 3—Pickling may cause localized corrosion on some materials.

6.3.3 Abrade with a slurry of an appropriate abrasive or with an abrasive paper (see Practices A262 and Test Method D1384). The edges as well as the faces of the specimens should be abraded to remove burrs.

6.3.4 Rinse thoroughly, hot air dry, and store in desiccator.

6.4 When specimen preparation changes the metallurgical condition of the metal, other methods should be chosen or the metallurgical condition must be corrected by subsequent treatment. For example, shearing a specimen to size will cold work and may possibly fracture the edges. Edges should be machined.

6.5 The clean, dry specimens should be measured and weighed. Dimensions determined to the third significant figure and mass determined to the fifth significant figure are suggested. When more significant figures are available on the measuring instruments, they should be recorded.

7. Methods for Cleaning After Testing

7.1 Corrosion product removal procedures can be divided into three general categories: mechanical, chemical, and electrolytic.

7.1.1 An ideal procedure should remove only corrosion products and not result in removal of any base metal. To determine the mass loss of the base metal when removing corrosion products, replicate uncorroded control specimens should be cleaned by the same procedure being used on the test specimen. By weighing the control specimen before and after cleaning, the extent of metal loss resulting from cleaning can be utilized to correct the corrosion mass loss.

NOTE 4—It is desirable to scrape samples of corrosion products before using any chemical techniques to remove them. These scrapings can then be subjected to various forms of analyses, including perhaps X-ray diffraction to determine crystal forms as well as chemical analyses to look for specific corrodants, such as chlorides. All of the chemical techniques that are discussed in Section 7 tend to destroy the corrosion products and thereby lose the information contained in these corrosion products. Care may be required so that uncorroded metal is not removed with the corrosion products.

7.1.2 The procedure given in 7.1.1 may not be reliable when heavily corroded specimens are to be cleaned. The application of replicate cleaning procedures to specimens with corroded surfaces will often, even in the absence of corrosion products, result in continuing mass losses. This is because a corroded surface, particularly of a multiphase alloy, is often more susceptible than a freshly machined or polished surface to

corrosion by the cleaning procedure. In such cases, the following method of determining the mass loss due to the cleaning procedure is preferred.

7.1.2.1 The cleaning procedure should be repeated on specimens several times. The mass loss should be determined after each cleaning by weighing the specimen.

7.1.2.2 The mass loss should be graphed as a function of the number of equal cleaning cycles as shown in Fig. 1. Two lines will be obtained: AB and BC. The latter will correspond to corrosion of the metal after removal of corrosion products. The mass loss due to corrosion will correspond approximately to point B.

7.1.2.3 To minimize uncertainty associated with corrosion of the metal by the cleaning method, a method should be chosen to provide the lowest slope (near to horizontal) of line BC.

7.1.3 Repeated treatment may be required for complete removal of corrosion products. Removal can often be confirmed by examination with a low power microscope (for example, 7x to 30x). This is particularly useful with pitted surfaces when corrosion products may accumulate in pits. This repeated treatment may also be necessary because of the requirements of 7.1.2.1. Following the final treatment, the specimens should be thoroughly rinsed and immediately dried.

7.1.4 All cleaning solutions shall be prepared with water and reagent grade chemicals.

7.2 Chemical procedures involve immersion of the corrosion test specimen in a specific solution that is designed to remove the corrosion products with minimal dissolution of any base metal. Several procedures are listed in Table A1.1. The choice of chemical procedure to be used is partly a matter of trial and error to establish the most effective method for a specific metal and type of corrosion product scale. (Warning—These methods may be hazardous to personnel).

7.2.1 Chemical cleaning is often preceded by light brushing (non metallic bristle) or ultrasonic cleaning of the test specimen to remove loose, bulky corrosion products.

7.2.2 Intermittent removal of specimens from the cleaning solution for light brushing or ultrasonic cleaning can often facilitate the removal of tightly adherent corrosion products.

7.2.3 Chemical cleaning is often followed by light brushing or ultrasonic cleaning in reagent water to remove loose products.

7.3 Electrolytic cleaning can also be utilized for removal of corrosion products. Several useful methods for corrosion test specimens of iron, cast iron, or steel are given in Table A2.1.

7.3.1 Electrolytic cleaning should be preceded by brushing or ultrasonic cleaning of the test specimen to remove loose, bulky corrosion products. Brushing or ultrasonic cleaning should also follow the electrolytic cleaning to remove any loose slime or deposits. This will help to minimize any redeposition of metal from reducible corrosion products that would reduce the apparent mass loss.

7.4 Mechanical procedures can include scraping, scrubbing, brushing, ultrasonic cleaning, mechanical shocking, and impact blasting (for example, grit blasting, water-jet blasting, and so forth). These methods are often utilized to remove heavily encrusted corrosion products. Scrubbing with a nonmetallic bristle brush and a mild abrasive-distilled water slurry can also be used to remove corrosion products.

7.4.1 Vigorous mechanical cleaning may result in the removal of some base metal; therefore, care should be exercised. These should be used only when other methods fail to provide adequate removal of corrosion products. As with other methods, correction for metal loss due to the cleaning method is recommended. The mechanical forces used in cleaning should be held as nearly constant as possible.

8. Assessment of Corrosion Damage

8.1 The initial total surface area of the specimen (making corrections for the areas associated with mounting holes) and the mass lost during the test are determined. The average corrosion rate may then be obtained as follows:

$$\text{Corrosion Rate} = (K \times W)/(A \times T \times D) \tag{1}$$

where:

- K = a constant (see 8.1.2),
- T = time of exposure in hours,
- A = area in cm^2 ,
- W = mass loss in grams, and
- D = density in g/cm^3 (see Appendix XI).

8.1.1 Corrosion rates are not necessarily constant with time of exposure. See Practice G31 for further guidance.

8.1.2 Many different units are used to express corrosion rates. Using the units in 7.1 for T , A , W , and D , the corrosion rate can be calculated in a variety of units with the following appropriate value of K :

Corrosion Rate Units Desired	Constant (K) in Corrosion Rate Equation
mils per year (mpy)	3.45×10^6
inches per year (ipy)	3.45×10^3
inches per month (ipm)	2.87×10^2
millimetres per year (mm/y)	8.76×10^4
micrometres per year ($\mu\text{m/y}$)	8.76×10^7
picometres per second (pm/s)	2.78×10^9
grams per square meter per hour ($\text{g/m}^2\cdot\text{h}$)	$1.00 \times 10^4 \times D$
milligrams per square decimeter per day (mdd)	$2.40 \times 10^6 \times D$

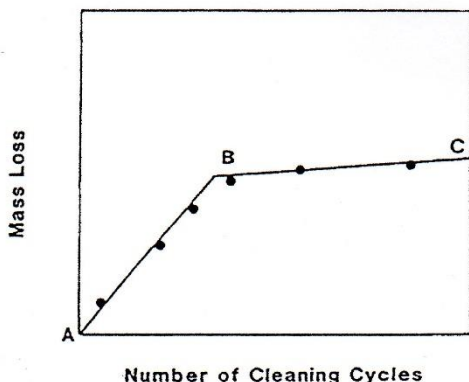


FIG. 1 Mass Loss of Corroded Specimens Resulting from Repetitive Cleaning Cycles

micrograms per square meter per second ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{-s}$) $2.78 \times 10^6 \times D$

NOTE 5—If desired, these constants may also be used to convert corrosion rates from one set of units to another. To convert a corrosion rate in units X to a rate in units Y , multiply by K_Y/K_X ; for example:

$$15 \text{ mpy} = 15 \times (2.78 \times 10^6) / (3.45 \times 10^6) \text{ pm/s} \quad (2)$$

8.1.3 In the case of sacrificial alloy coatings for which there is preferential corrosion of a component whose density differs from that of the alloy, it is preferable to use the density of the corroded component (instead of the initial alloy density) for calculating average thickness loss rate by use of Eq 1. This is done as follows: (1) cleaning to remove corrosion products only and determine the mass loss of the corroded component; (2) stripping the remaining coating to determine the mass of the uncorroded component; (3) chemical analysis of the stripping solution to determine the composition of the uncorroded component; (4) performing a mass balance to calculate the composition of the corroded component; (5) using the mass and density of the corroded component to calculate the average thickness loss rate by use of Eq 1. An example of this procedure is given in Appendix X2.

The procedure described above gives an average penetration rate of the coating, but the maximum penetration for a multiphase alloy may be larger when the corroded phase is not uniformly distributed across the surface. In such cases, it is generally considered good practice to obtain a cross section through the corroded surface for microscopic examination. This examination will reveal the extent of selective corrosion of particular phases in the coating, and help in understanding the mechanism of attack.

8.2 Corrosion rates calculated from mass losses can be misleading when deterioration is highly localized, as in pitting or crevice corrosion. If corrosion is in the form of pitting, it may be measured with a depth gage or micrometer calipers with pointed anvils (see Guide G46). Microscopical methods will determine pit depth by focusing from top to bottom of the pit when it is viewed from above (using a calibrated focusing knob) or by examining a section that has been mounted and metallographically polished. The pitting factor is the ratio of the deepest metal penetration to the average metal penetration (as measured by mass loss).

NOTE 6—See Guide G46 for guidance in evaluating depths of pitting.
NOTE 7—See Guide G78 for guidance in evaluating crevice corrosion.

8.3 Other methods of assessing corrosion damage are:

8.3.1 *Appearance*—The degradation of appearance by rusting, tarnishing, or oxidation. (See Practice G33.)

8.3.2 *Mechanical Properties*—An apparent loss in tensile strength will result if the cross-sectional area of the specimen (measured before exposure to the corrosive environment) is reduced by corrosion. (See Practice G50.) Loss in tensile strength will result if a compositional change, such as dealloying taking place. Loss in tensile strength and elongation will result from localized attack, such as cracking or intergranular corrosion.

8.3.3 *Electrical Properties*—Loss in electrical conductivity can be measured when metal loss results from uniform corrosion. (See Test Methods D2776.)

8.3.4 *Microscopical Examination*—Dealloying, exfoliation, cracking, or intergranular attack may be detected by metallographic examination of suitably prepared sections.

9. Report

9.1 The report should include the compositions and sizes of specimens, their metallurgical conditions, surface preparations, and cleaning methods as well as measures of corrosion damage, such as corrosion rates (calculated from mass losses), maximum depths of pitting, or losses in mechanical properties.

10. Precision and Bias

10.1 The factors that can produce errors in mass loss measurement include improper balance calibration and standardization. Generally, modern analytical balances can determine mass values to ± 0.2 mg with ease and balances are available that can obtain mass values to ± 0.02 mg. In general, mass measurements are not the limiting factor. However, inadequate corrosion product removal or overcleaning will affect precision.

10.2 The determination of specimen area is usually the least precise step in corrosion rate determinations. The precision of calipers and other length measuring devices can vary widely. However, it generally is not necessary to achieve better than $\pm 1\%$ for area measurements for corrosion rate purposes.

10.3 The exposure time can usually be controlled to better than $\pm 1\%$ in most laboratory procedures. However, in field exposures, corrosive conditions can vary significantly and the estimation of how long corrosive conditions existed can present significant opportunities for error. Furthermore, corrosion processes are not necessarily linear with time, so that rate values may not be predictive of the future deterioration, but only are indications of the past exposure.

10.4 Regression analysis on results, as are shown in Fig. 1, can be used to obtain specific information on precision. See Guide G16 for more information on statistical analysis.

10.5 Bias can result from inadequate corrosion product removal or metal removal caused by overcleaning. The use of repetitive cleaning steps, as shown in Fig. 1, can minimize both of these errors.

10.5.1 Corrosion penetration estimations based on mass loss can seriously underestimate the corrosion penetration caused by localized processes, such as pitting, cracking, crevice corrosion, and so forth.

11. Keywords

11.1 cleaning; corrosion product removal; evaluation; mass loss; metals; preparation; specimens

ANNEXES

(Mandatory Information)

A1. CHEMICAL CLEANING PROCEDURES

TABLE A1.1 Chemical Cleaning Procedures for Removal of Corrosion Products

Designation	Material	Solution	Time	Temperature	Remarks
C.1.1	Aluminum and Aluminum Alloys	50 mL phosphoric acid (H ₃ PO ₄ , sp gr 1.69)	5 to 10 min	90°C to Boiling	If corrosion product films remain, rinse, then follow with nitric acid procedure (C.1.2).
C.1.2		20 g chromium trioxide (CrO ₃) Reagent water to make 1000 mL Nitric acid (HNO ₃ , sp gr 1.42)			
C.2.1	Copper and Copper Alloys	500 mL hydrochloric acid (HCl, sp gr 1.19)	1 to 3 min	20 to 25°C	Deaeration of solution with purified nitrogen will minimize base metal removal.
C.2.2		4.9 g sodium cyanide (NaCN) Reagent water to make 1000 mL	1 to 3 min	20 to 25°C	Removes copper sulfide corrosion products that may not be removed by hydrochloric acid treatment (C.2.1).
C.2.3		100 mL sulfuric acid (H ₂ SO ₄ , sp gr 1.84) Reagent water to make 1000 mL	1 to 3 min	20 to 25°C	Remove bulky corrosion products before treatment to minimize copper redeposition on specimen surface.
C.2.4		120 mL sulfuric acid (H ₂ SO ₄ , sp gr 1.84) 30 g sodium dichromate (Na ₂ Cr ₂ O ₇ ·2H ₂ O) Reagent water to make 1000 mL	5 to 10 s	20 to 25°C	Removes redeposited copper resulting from sulfuric acid treatment.
C.2.5		54 mL sulfuric acid (H ₂ SO ₄ , sp gr 1.84) Reagent water to make 1000 mL	30 to 60 min	40 to 50°C	Deaerate solution with nitrogen. Brushing of test specimens to remove corrosion products followed by re-immersion for 3 to 4 s is recommended.
C.3.1	Iron and Steel	1000 mL hydrochloric acid (HCl, sp gr 1.19)	1 to 25 min	20 to 25°C	Solution should be vigorously stirred or specimen should be brushed. Longer times may be required in certain instances.
C.3.2		20 g antimony trioxide (Sb ₂ O ₃) 50 g stannous chloride (SnCl ₂) 50 g sodium hydroxide (NaOH)	30 to 40 min	80 to 90°C	Caution should be exercised in the use of any zinc dust since spontaneous ignition upon exposure to air can occur.
C.3.3		200 g granulated zinc or zinc chips Reagent water to make 1000 mL	30 to 40 min	80 to 90°C	Caution should be exercised in the use of any zinc dust since spontaneous ignition upon exposure to air can occur.
C.3.4		200 g granulated zinc or zinc chips Reagent water to make 1000 mL	20 min	75 to 90°C	Depending upon the composition of the corrosion product, attack of base metal may occur.
C.3.5		200 g diammonium citrate (NH ₄) ₂ HC ₆ H ₅ O ₇	10 min	20 to 25°C	Longer times may be required in certain instances.
C.3.6		500 mL hydrochloric acid (HCl, sp gr 1.19) 3.5 g hexamethylene tetramine Reagent water to make 1000 mL	1 to 20 min	370°C	For details refer to Technical Information Bulletin SP29-370, "DuPont Sodium Hydride Descaling Process Operating Instructions."
C.4.1	Lead and Lead Alloys	Molten caustic soda (NaOH) with 1.5–2.0 % sodium hydride (NaH)	5 min	Boiling	...
C.4.2		10 mL acetic acid (CH ₃ COOH) Reagent water to make 1000 mL	10 min	60 to 70°C	...
C.4.3		50 g ammonium acetate (CH ₃ COONH ₄) Reagent water to make 1000 mL	5 min	60 to 70°C	...
C.5.1	Magnesium and Magnesium Alloys	250 g ammonium acetate (CH ₃ COONH ₄) Reagent water to make 1000 mL	1 min	Boiling	The silver salt is present to precipitate chloride.
C.5.2		150 g chromium trioxide (CrO ₃) 10 g silver chromate (Ag ₂ CrO ₄) Reagent water to make 1000 mL	1 min	20 to 25°C	The barium salt is present to precipitate sulfate.
C.6.1	Nickel and Nickel Alloys	200 g chromium trioxide (CrO ₃) 10 g silver nitrate (AgNO ₃) 20 g barium nitrate (Ba(NO ₃) ₂) Reagent water to make 1000 mL	1 to 3 min	20 to 25°C	...
C.6.2		150 mL hydrochloric acid (HCl, sp gr 1.19) Reagent water to make 1000 mL	1 to 3 min	20 to 25°C	...
C.7.1	Stainless Steels	100 mL sulfuric acid (H ₂ SO ₄ , sp gr 1.84) Reagent water to make 1000 mL	20 min	60°C	...
C.7.2		100 mL nitric acid (HNO ₃ , sp gr 1.42) Reagent water to make 1000 mL	10 to 60 min	70°C	...

TABLE A1.1 *Continued*

Designation	Material	Solution	Time	Temperature	Remarks
C.7.3		100 g citric acid (C ₆ H ₈ O ₇) 50 mL sulfuric acid (H ₂ SO ₄ , sp gr 1.84) 2 g inhibitor (diorthotolyl thiourea or quinoline ethylidide or betanaphthol quinoline)	5 min	60°C	...
C.7.4		Reagent water to make 1000 mL 200 g sodium hydroxide (NaOH) 30 g potassium permanganate (KMnO ₄) Reagent water to make 1000 mL <i>followed by</i> 100 g diammonium citrate ((NH ₄) ₂ H ₂ C ₆ H ₅ O ₇)	5 min	Boiling	...
C.7.5		Reagent water to make 1000 mL 100 mL nitric acid (HNO ₃ , sp gr 1.42) 20 mL hydrofluoric acid (HF, sp gr 1.18–48 %)	5 to 20 min	20 to 25°C	...
C.7.6		Reagent water to make 1000 mL 200 g sodium hydroxide (NaOH) 50 g zinc powder	20 min	Boiling	Caution should be exercised in the use of any zinc dust since spontaneous ignition upon exposure to air can occur.
C.8.1	Tin and Tin Alloys	Reagent water to make 1000 mL 150 g trisodium phosphate (Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O)	10 min	Boiling	...
C.8.2		Reagent water to make 1000 mL 50 mL hydrochloric acid (HCl, sp gr 1.19)	10 min	20°C	...
C.9.1	Zinc and Zinc Alloys	150 mL ammonium hydroxide (NH ₄ OH, sp gr 0.90) Reagent water to make 1000 mL <i>followed by</i> 50 g chromium trioxide (CrO ₃) 10 g silver nitrate (AgNO ₃) Reagent water to make 1000 mL	5 min 15 to 20 s	20 to 25°C Boiling	... The silver nitrate should be dissolved in water and added to the boiling chromic acid to prevent excessive crystallization of silver chromate. The chromic acid must be sulfate free to avoid attack of the zinc base metal.
C.9.2		100 g ammonium chloride (NH ₄ Cl) Reagent water to make 1000 mL	2 to 5 min	70°C	...
C.9.3		200 g chromium trioxide (CrO ₃) Reagent water to make 1000 mL	1 min	80°C	Chloride contamination of the chromic acid from corrosion products formed in salt environments should be avoided to prevent attack of the zinc base metal.
C.9.4		85 mL hydriodic acid (HI, sp gr 1.5) Reagent water to make 1000 mL	15 s	20 to 25°C	Some zinc base metal may be removed. A control specimen (3.1.1) should be employed.
C.9.5		100 g ammonium persulfate ((NH ₄) ₂ S ₂ O ₈) Reagent water to make 1000 mL	5 min	20 to 25°C	Particularly recommended for galvanized steel.
C.9.6		100 g ammonium acetate (CH ₃ COONH ₄) Reagent water to make 1000 mL	2 to 5 min	70°C	...

A2. ELECTROLYTIC CLEANING PROCEDURES

TABLE A2.1 *Electrolytic Cleaning Procedures for Removal of Corrosion Products*

Designation	Material	Solution	Time	Temperature	Remarks
E.1.1	Iron, Cast Iron, Steel	75 g sodium hydroxide (NaOH) 25 g sodium sulfate (Na ₂ SO ₄) 75 g sodium carbonate (Na ₂ CO ₃) Reagent water to make 1000 mL	20 to 40 min	20 to 25°C	Cathodic treatment with 100 to 200 A/m ² current density. Use carbon, platinum or stainless steel anode.
E.1.2		28 mL sulfuric acid (H ₂ SO ₄ , sp gr 1.84) 0.5 g inhibitor (diorthotolyl thiourea or quinoline ethylidide or betanaphthol quinoline)	3 min	75°C	Cathodic treatment with 2000 A/m ² current density. Use carbon, platinum or lead anode.
E.1.3		Reagent water to make 1000 mL 100 g diammonium citrate ((NH ₄) ₂ H ₂ C ₆ H ₅ O ₇) Reagent water to make 1000 mL	5 min	20 to 25°C	Cathodic treatment with 100 A/m ² current density. Use carbon or platinum anode.

TABLE A2.1 *Continued*

Designation	Material	Solution	Time	Temperature	Remarks
E.2.1	Lead and Lead Alloys	28 mL sulfuric acid (H ₂ SO ₄ , sp gr 1.84) 0.5 g inhibitor (diorthotolyl thiourea or quinoline ethylthiodide or betanaphthol quinoline)	3 min	75°C	Cathodic treatment with 2000 A/m ² current density. Use carbon, platinum or lead anode.
E.3.1	Copper and Copper Alloys	Reagent water to make 1000 mL 7.5 g potassium chloride (KCl)	1 to 3	20 to 25°C	Cathodic treatment with 100 A/m ² current density. Use carbon or platinum anode.
E.4.1	Zinc and Cadmium	Reagent water to make 1000 mL 50 g dibasic sodium phosphate (Na ₂ HPO ₄)	5 min	70°C	Cathodic treatment with 110 A/m ² current density. Specimen must be energized prior to immersion. Use carbon, platinum or stainless steel anode.
E.4.2		100 g sodium hydroxide (NaOH) Reagent water to make 1000 mL	1 to 2 min	20 to 25°C	Cathodic treatment with 100 A/m ² current density. Specimen must be energized prior to immersion. Use carbon, platinum or stainless steel anode.
E.5.1	General (excluding Aluminum, Magnesium and Tin Alloys)	20 g sodium hydroxide (NaOH) Reagent water to make 1000 mL	5 to 10 min	20 to 25°C	Cathodic treatment with 300 A/m ² current density. A S31600 stainless steel anode may be used.

APPENDICES

(Nonmandatory Information)

XI. DENSITIES FOR A VARIETY OF METALS AND ALLOYS

TABLE X1.1 *Densities for a Variety of Metals and Alloys*

NOTE 1—All UNS numbers that include the letter X indicate a series of numbers under one category.

NOTE 2—An asterisk indicates that a UNS number not available.

UNS Number	Aluminum Alloys	
	Alloy	Density g/cm ³
A91100	1100	2.71
A91199	1199	2.70
A92024	2024	2.78
A92219	2219	2.84
A93003	3003	2.73
A93004	3004	2.72
A95005	5005	2.70
A95050	5050	2.69
A95052	5052	2.68
A95083	5083	2.66
A95086	5086	2.66
A95154	5154	2.66
A95357	5357	2.69
A95454	5454	2.69
A95456	5456	2.66
A96061	6061	2.70
A96062	6062	2.70
A96070	6070	2.71
A96101	6101	2.70
A97075	7075	2.81
A97079	7079	2.75
A97178	7178	2.83
	Stainless Steels	
S20100	Type 201	7.94
S20200	Type 202	7.94
S30200	Type 302	7.94
S30400	Type 304	7.94
S30403	Type 304L	7.94
S30900	Type 309	7.98
S31000	Type 310	7.98
S31100	Type 311	7.98
S31600	Type 316	7.98
S31603	Type 316L	7.98
S31700	Type 317	7.98
S32100	Type 321	7.94
S32900	Type 329	7.98
N08330	Type 330	7.98


 G1 – 03 (2011)

TABLE X1.1 Continued

Aluminum Alloys		
UNS Number	Alloy	Density g/cm ³
S34700	Type 347	8.03
S41000	Type 410	7.70
S43000	Type 430	7.72
S44600	Type 446	7.65
S50200	Type 502	7.82
	Other Ferrous Metals	
F1XXXX	Gray cast iron	7.20
GXXXXX-KXXXXX	Carbon steel	7.86
*	Silicon iron	7.00
KXXXXX	Low alloy steels	7.85
	Copper Alloys	
C38600	Copper	8.94
C23000	Red brass 230	8.75
C26000	Cartridge brass 260	8.52
C28000	Muntz metal 280	8.39
*	Admiralty 442	8.52
C44300	Admiralty 443	8.52
C44400	Admiralty 444	8.52
C44500	Admiralty 445	8.52
C68700	Aluminum brass 687	8.33
C22000	Commercial bronze 220	8.80
C60800	Aluminum bronze, 5 % 608	8.16
*	Aluminum bronze, 8 % 612	7.78
*	Composition M	8.45
*	Composition G	8.77
C51000	Phosphor bronze, 5 % 510	8.86
C52400	Phosphor bronze, 10 % 524	8.77
*	B5-5-5-5	8.80
C65500	Silicon bronze 655	8.52
C70600	Copper nickel 706	8.94
C71000	Copper nickel 710	8.94
C71500	Copper nickel 715	8.94
C75200	Nickel silver 752	8.75
	Lead	
L53305-53405	Antimonial	10.80
L5XXXX	Chemical	11.33
	Nickel Alloys	
N02200	Nickel 200	8.89
N04400	Nickel copper 400	8.84
N06600	Nickel chromium iron alloy 600	8.51
N06625	Nickel chromium molybdenum alloy 625	8.44
N08825	Iron nickel chromium alloy 825	8.14
N08020	Iron nickel chromium alloy 20 Cb-3	8.08
*	Iron nickel chromium cast alloy 20	8.02
N10665	Nickel molybdenum alloy B2	9.2
N10276	Nickel chromium molybdenum alloy	8.8
	C-276	
N06985	Nickel chromium molybdenum alloy G-3	8.3
	Other Metals	
M1XXXX	Magnesium	1.74
R03600	Molybdenum	10.22
P04980	Platinum	21.45
P07016	Silver	10.49
R05200	Tantalum	16.60
L13002	Tin	7.30
R50250	Titanium	4.54
Z13001	Zinc	7.13
R60001	Zirconium	6.53

X2. CALCULATION OF AVERAGE THICKNESS LOSS RATE OF AN ALLOY WHEN THE DENSITY OF THE CORRODING METAL DIFFERS FROM THAT OF THE BULK ALLOY

X2.1 Example

X2.1.1 55% Al-Zn alloy coating on steel sheet exposed for 20.95 years at Point Reyes, CA. (As reported in H.E. Townsend and H.H.Lawson, "Twenty-One Year Results for Metallic-Coated Sheet in the ASTM 1976 Atmospheric Corrosion Tests").⁵

X2.2 Measurements

X2.2.1 Initial aluminum content of coating, C_1 , as measured by stripping (Table A1.1, C.3.) and chemical analysis of uncorroded specimens.

$$C_1 = 55.0\% \text{ Al} \quad (\text{X2.1})$$

X2.2.2 Time of Exposure, T

$$T = 20.95 \text{ years} = 183\,648 \text{ hours} \quad (\text{X2.2})$$

X2.2.3 Specimen Area, A

$$A = 300 \text{ cm}^2 \quad (\text{X2.3})$$

X2.2.4 Initial Mass, W_1

$$W_1 = 79.3586 \text{ g} \quad (\text{X2.4})$$

X2.2.5 Mass after exposure and removal of corrosion products according to Table A1.1, C.9.3, W_2

$$W_2 = 78.7660 \text{ g} \quad (\text{X2.5})$$

X2.2.6 Mass after removal of remaining coating according to Table A1.1, C.3.5, W_3

$$W_3 = 75.0810 \text{ g} \quad (\text{X2.6})$$

X2.2.7 Aluminum content of remaining uncorroded coating by chemical analysis of the stripping solution, C_u

$$C_u = 57.7\% \text{ Al} \quad (\text{X2.7})$$

X2.3 Calculations

X2.3.1 Mass loss of corroded coating, W

$$W = W_1 - W_2 = 79.3586 - 78.7660 = 0.5926 \text{ g} \quad (\text{X2.8})$$

X2.3.2 Mass of remaining uncorroded coating, W_u

$$W_u = W_2 - W_3 = 78.7660 - 75.0810 = 3.6850 \text{ g} \quad (\text{X2.9})$$

X2.3.3 Total mass of original coating, W_t

$$W_t = W + W_u = 0.5926 + 3.6850 = 4.2776 \text{ g} \quad (\text{X2.10})$$

X2.3.4 Composition of corroded coating, C

$$CW + C_u W_u = C_1 W_t \quad (\text{X2.11})$$

Rearranging gives

$$C = (C_1 W_t - C_u W_u) / W \quad (\text{X2.12})$$

$$C = (55.0 \times 4.2776 - 57.7 \times 3.6850) / 0.5926 \quad (\text{X2.13})$$

$$C = 38.2\% \text{ Al} \quad (\text{X2.14})$$

X2.3.5 The density, D , of a 38.2 % Al-Zn alloy is 4.32 g/cm³. In cases where alloy densities are not known, they can be estimated by linear interpolation of the component densities.

X2.3.6 Calculate the average thickness loss rate, L (corrosion rate per Eq 1).

$$L = (K \times W) / (A \times T \times D) \quad (\text{X2.15})$$

where:

$$L = (8.76 \times 10^7 \times 0.5926) / (300 \times 183\,648 \times 4.32)$$

$$L = 0.218 \text{ micrometres per year}$$

⁵ STP 1421, Outdoor Atmospheric Corrosion, Townsend, H. E., Ed., ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002, pp. 284–291.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/COPYRIGHT).

ANEXO I: INFORME DEL ENSAYO DE NIEBLA SALINA



LABORATORIO DE ENSAYOS CLIMATICOS Y TRATAMIENTOS TERMICOS ENSAYO DE NIEBLA SALINA NEUTRA

INFORME DE RESULTADOS N°: 180434943720190107

DATOS GENERALES

DATOS INFORMATIVOS:

N° de proforma: TT_2019_001

Empresa / Cliente: Sr. Luis Miguel Villegas Freire

RUC/C.I.: 1804349437 **Ciudad:** Ambato

Dirección: Barrio San Lucas, Calle Sucre, Pilahuin.

Teléfono: 0969241287

Correo: miguelitovillegasf@gmail.com

DATOS DEL ENSAYO:

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Tratamientos térmicos y ensayos climáticos.

Dirección del Laboratorio: Ambato/Catiglata. Toronto y Río de Janeiro.

Método de ensayo: ASTM B117-16 Práctica estándar para el funcionamiento del equipo de niebla salina (niebla).

Especificación del producto: Acero ASTM A36

Evaluación de la conformidad: Recubrimiento de pintura sobre el acero.

Equipo utilizado: Cámara de niebla salina **Modelo:** SSC-400 **N° de fabricación:** 3477/14

Fecha de Inicio de Ensayo: 2018/11/15 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2018/11/19

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en materiales metálicos con recubrimiento de pintura. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Ensayos climáticos y tratamientos térmicos del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

Configuración del Ensayo:

Cloruro sódico: (5 ± 1) partes de masa **Agua destilada:** 95 partes de masa

pH de la solución: 6,5 – 7,2

Duración del ensayo: 120 horas

Temperatura del ensayo: (35 ± 2) °C

Cambios en la posición de las probetas: No

Colocación de las probetas: Las probetas se colocan en el interior de la cámara de ensayo en una posición tal que mantienen un ángulo entre 15° y 30° respecto a la vertical.

Limpieza de las probetas: Una vez realizado el ensayo y antes de su evaluación las probetas se lavan con agua de red y se pulverizan con aire a presión.

Observaciones: Cada 24 horas se retira un grupo de 90 probetas de la cámara de corrosión.

Elaborado por:	Aprobado por:	
Ing. Fernando Galarza Mg.	Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Esteban López Espinel MENG.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 11 de enero de 2019.

N° Factura: 001-002-000006264



Código: RG-TT-004
Fecha de Elaboración: 11-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-12-2018
Revisión: 1

ENSAYO DE NIEBLA SALINA NEUTRA

Página 1 de 27



OBJETOS DE ENSAYO

Nº	I. del grupo	Proceso Soldadura	Tipo de Limpieza	Forma de Recubrir	Recubrimiento	Nº Probetas
1	M11P	SMAW - E6011	Manual-Lija	Pulverizado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
2	M11B	SMAW - E6011	Manual-Lija	Brochado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
3	G11P	SMAW - E6011	Mecánica-Grata	Pulverizado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
4	G11B	SMAW - E6011	Mecánica-Grata	Brochado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
5	C11P	SMAW - E6011	Chorro-Sand-blasting	Pulverizado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
6	C11B	SMAW - E6011	Chorro-Sand-blasting	Brochado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
7	M13P	SMAW - E6013	Manual-Lija	Pulverizado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
8	M13B	SMAW - E6013	Manual-Lija	Brochado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
9	G13P	SMAW - E6013	Mecánica-Grata	Pulverizado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
10	G13B	SMAW - E6013	Mecánica-Grata	Brochado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
11	C13P	SMAW - E6013	Chorro-Sand-blasting	Pulverizado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
12	C13B	SMAW - E6013	Chorro-Sand-blasting	Brochado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
13	M18P	SMAW - E7018	Manual-Lija	Pulverizado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
14	M18B	SMAW - E7018	Manual-Lija	Brochado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
15	G18P	SMAW - E7018	Mecánica-Grata	Pulverizado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
16	G18B	SMAW - E7018	Mecánica-Grata	Brochado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
17	C18P	SMAW - E7018	Chorro-Sand-blasting	Pulverizado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
18	C18B	SMAW - E7018	Chorro-Sand-blasting	Brochado	Anticorrosivo base solvente- Mate	25
TOTAL						450

Nota: La fabricación de las probetas y su configuración, están de acuerdo según especificaciones declaradas por el cliente.



Parámetros de ensayo						
Cloruro de sodio						
Ensayo	99,6 %					
Materia insoluble	<0.005%					
pH de una solución al 5% a 25 °C	5,5					
Yoduro	<0,0020%					
Bromuro	<0,010%					
Clorato y nitrato	<0,003					
Fosfato	<5 ppm					
Sulfato	<0,0040%					
Bario	Para pasar la prueba (límite alrededor de 0.001%)					
Calcio	0,0003%					
Magnesio	<0,0010%					
Metales pesados (como Pb)	<5 ppm					
Hierro	<2 ppm					
Potasio	0,004%					
Agua destilada (NTE INEN 1545)						
Dureza	Max. 0.80 ppm					
Alcalinidad Total	Max. 2.00 ppm					
STD	0.00 ppm					
pH	6-6.5					
Conductividad	Max 4.00 ps/cm					
Sílice	Max. 5.00 ppm					
Sabor Color	Excento					
Parámetros de control durante el ensayo:						
Nº	Parámetros de control	Fechas				
		2018/11/15	2018/11/16	2018/11/17	2018/11/18	2018/11/19
1	Temperatura de la solución recolectada (°C)	24,5	24,4	25,1	23,8	24,1
2	Volumen de la solución recolectada (ml)	28-16	48-24	32-22	25-18	49-29
3	Valor de PH de la solución recolectada	7,47	7,95	7,41	6,51	6,65
4	Densidad de la solución recolectada (5%) (g/cm)	1,003	1,003	1,004	1,035	1,030

ANEXO J: POTENCIALES ESTÁNDAR DE REDUCCIÓN

Tabla 19.1 Potenciales estándares de reducción a 25°C

Semirreacción	E°(V)
$F_2(g) + 2e^- \rightarrow 2F^-(ac)$	+2.87
$O_2(g) + 2H^+(ac) + 2e^- \rightarrow O_2(g) + H_2O$	+2.07
$Co^{3+}(ac) + e^- \rightarrow Co^{2+}(ac)$	+1.82
$H_2O_2(ac) + 2H^+(ac) + 2e^- \rightarrow 2H_2O$	+1.77
$PbO_2(s) + 4H^+(ac) + SO_4^{2-}(ac) + 2e^- \rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O$	+1.70
$Ce^{4+}(ac) + e^- \rightarrow Ce^{3+}(ac)$	+1.61
$MnO_2(ac) + 4H^+(ac) + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}(ac) + 4H_2O$	+1.51
$Au^3+(ac) + 3e^- \rightarrow Au(s)$	+1.50
$Cl_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^-(ac)$	+1.36
$Cr_2O_7^{2-}(ac) + 14H^+(ac) + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+}(ac) + 7H_2O$	+1.33
$MnO_4^-(ac) + 4H^+(ac) + 2e^- \rightarrow MnO_2(s) + 2H_2O$	+1.23
$O_2(g) + 4H^+(ac) + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	+1.23
$Br_2(l) + 2e^- \rightarrow 2Br^-(ac)$	+1.07
$NO_3^-(ac) + 4H^+(ac) + 3e^- \rightarrow NO(g) + 2H_2O$	+0.96
$2Hg^{2+}(ac) + 2e^- \rightarrow Hg_2^{2+}(ac)$	+0.92
$Hg_2^{2+}(ac) + 2e^- \rightarrow 2Hg(l)$	+0.85
$Ag^+(ac) + e^- \rightarrow Ag(s)$	+0.80
$Fe^{3+}(ac) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(ac)$	+0.77
$O_2(g) + 2H^+(ac) + 2e^- \rightarrow H_2O_2(ac)$	+0.68
$MnO_4^-(ac) + 2H_2O + 3e^- \rightarrow MnO_2(s) + 4OH^-(ac)$	+0.59
$I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(ac)$	+0.53
$O_2(g) + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-(ac)$	+0.40
$Cu^{2+}(ac) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$	+0.34
$AgCl(s) + e^- \rightarrow Ag(s) + Cl^-(ac)$	+0.22
$SO_4^{2-}(ac) + 4H^+(ac) + 2e^- \rightarrow SO_2(g) + 2H_2O$	+0.20
$Cu^{+}(ac) + e^- \rightarrow Cu^0(ac)$	+0.15
$Sn^{4+}(ac) + 2e^- \rightarrow Sn^{2+}(ac)$	+0.13
$2H^+(ac) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	0.00
$Pb^{2+}(ac) + 2e^- \rightarrow Pb(s)$	-0.13
$Sn^{2+}(ac) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$	-0.14
$Ni^{2+}(ac) + 2e^- \rightarrow Ni(s)$	-0.25
$Co^{2+}(ac) + 2e^- \rightarrow Co(s)$	-0.28
$PbSO_4(s) + 2e^- \rightarrow Pb(s) + SO_4^{2-}(ac)$	-0.31
$Cd^{2+}(ac) + 2e^- \rightarrow Cd(s)$	-0.40
$Fe^{3+}(ac) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$	-0.44
$Cr^{3+}(ac) + 3e^- \rightarrow Cr(s)$	-0.74
$Zn^{2+}(ac) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$	-0.76
$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(ac)$	-0.83
$Mn^{2+}(ac) + 2e^- \rightarrow Mn(s)$	-1.18
$Al^{3+}(ac) + 3e^- \rightarrow Al(s)$	-1.66
$Be^{2+}(ac) + 2e^- \rightarrow Be(s)$	-1.85
$Mg^{2+}(ac) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$	-2.37
$Na^+(ac) + e^- \rightarrow Na(s)$	-2.71
$Ca^{2+}(ac) + 2e^- \rightarrow Ca(s)$	-2.87
$Sr^{2+}(ac) + 2e^- \rightarrow Sr(s)$	-2.89
$Ba^{2+}(ac) + 2e^- \rightarrow Ba(s)$	-2.90
$K^+(ac) + e^- \rightarrow K(s)$	-2.93
$Li^+(ac) + e^- \rightarrow Li(s)$	-3.05

* En todas las semirreacciones, la concentración de las especies acuosas es 1 M y la presión es de 1 atm para los gases. Éstos son los valores del estado estándar.