



**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 DEL PROCESO DE APLICACIÓN DE PINTURA LÍQUIDA  
PARA COMPONENTES DE TRANSFORMADORES Y LA EVALUACIÓN  
DE LA RESISTENCIA DEL RECUBRIMIENTO BAJO AMBIENTES  
CONTROLADOS”**

---

**AUTOR:** Erick David Manosalvas Buenaño

**TUTOR:** Ing. Mg. Oscar Iván Analuiza Maiza

**AMBATO - ECUADOR**

**Marzo - 2023**


## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE APLICACIÓN DE PINTURA LÍQUIDA PARA COMPONENTES DE TRANSFORMADORES Y LA EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL RECUBRIMIENTO BAJO AMBIENTES CONTROLADOS”** elaborado por el Sr. Erick David Manosalvas Buenaño, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1804572418, estudiante Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

### **Certifico**

- El presente Trabajo Experimental es original del autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, marzo 2023




.....  
**Ing. Mg. Oscar Iván Analuiza Maiza**

**TUTOR**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Erick David Manosalvas Buenaño, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1804572418, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema: **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE APLICACIÓN DE PINTURA LÍQUIDA PARA COMPONENTES DE TRANSFORMADORES Y LA EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL RECUBRIMIENTO BAJO AMBIENTES CONTROLADOS”**, así como también, las tablas, análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones, son de mi exclusiva responsabilidad como autor del trabajo experimental, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



.....  
**Erick David Manosalvas Buenaño**

**C.I. 1804572418**

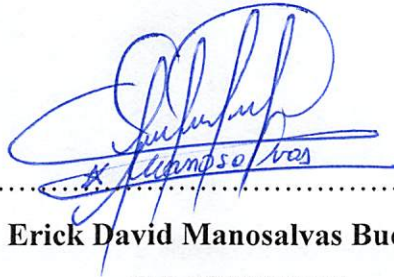
**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo 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, marzo 2023



**Erick David Manosalvas Buenaño**

**C.I. 1804572418**

**AUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Erick David Manosalvas Buenaño, de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE APLICACIÓN DE PINTURA LÍQUIDA PARA COMPONENTES DE TRANSFORMADORES Y LA EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL RECUBRIMIENTO BAJO AMBIENTES CONTROLADOS”**

Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



.....  
Ing. Christian Byron Castro Miniguano, Mg.

**MIEMBRO CALIFICADOR**



.....  
Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.

**MIEMBRO CALIFICADOR**

## ***DEDICATORIA***

*El presente escrito está dedicado principalmente al esfuerzo de cada día de mis padres, sin duda son mi guía e inspiración, su paciencia y amor me han permitido llegar a cumplir un sueño tan anhelado, gracias por inculcar en mí el ejemplo de superación.*

*Lo hemos conseguido, esto es para ustedes, los amo mucho. ♥*

***ERICK***

## ***AGRADECIMIENTO***

*Por medio de estas palabras, hago llegar mis sinceros agradecimientos en primer lugar a Dios y a mis padres ya que son mi guía en todo momento y gracias a ellos eh conseguido mi sueño.*

*A la Universidad Técnica de Ambato, alma mater que ha sabido acogerme en sus aulas.*

*A mis docentes, que a lo largo de la estancia académica han sabido proveerme de sus conocimientos*

*A mis compañeros y amigos con los que se ha compartido durante tanto tiempo.*

*De todo corazón, un DIOS LES PAGUE A TODOS.*

***ERICK***

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN .....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
CAPÍTULO I. - MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos .....	1
1.1.1. Investigaciones preliminares.....	1
1.1.2. Justificación .....	2
1.1.3. Fundamentación Teórica .....	4
1.1.4. Normas aplicadas para los ensayos .....	15
1.2. Objetivos.....	18
1.2.1. Objetivo General.....	18
1.2.2. Objetivos Específicos.....	18
1.3. Hipótesis .....	19
1.3.1. Señalamiento de variable de la hipótesis.....	19
CAPITULO II. - METODOLOGÍA.....	20
2.1. Materiales .....	20



2.1.1.	Recursos materiales.....	20
2.1.2.	Equipos .....	22
2.1.3.	Recursos económicos .....	23
2.1.4.	Recursos humanos.....	23
2.1.5.	Recursos Institucionales .....	23
2.2.	Nivel o tipo de investigación .....	24
2.2.1.	Investigación descriptiva .....	24
2.2.2.	Investigación explorativa.....	24
2.2.3.	Investigación explicativa .....	24
2.2.4.	Investigación bibliográfica .....	24
2.3.	Diseño.....	25
2.3.1.	Diseño experimental.....	25
2.3.2.	Diseño de experimentos TAGUCHI .....	25
2.4.	Población y muestra .....	26
2.4.1.	Población .....	26
2.4.2.	Muestra.....	27
2.5.	Operacionalización de variable.....	30
2.5.1.	Variable independiente.....	30
2.5.2.	Variable dependiente.....	30
2.6.	Plan de recolección de información .....	31
2.7.	Plan de procesamiento y análisis .....	32
2.7.1.	Revisión.....	32
2.7.2.	Tabulación .....	32
2.7.3.	Análisis .....	33
2.7.4.	Presentación.....	33
2.7.5.	Interpretación.....	33

CAPITULO III. - RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
3.1. Resultados de ensayos .....	34
3.1.1. Prueba de adherencia.....	34
3.1.2. Prueba de impacto .....	50
3.1.3. Prueba de doblez .....	66
3.1.4. Prueba de corrosión.....	82
3.2. Análisis de resultados.....	98
3.2.1. Tabulación de datos.....	98
3.2.2. Análisis estadístico de los resultados .....	99
3.2.3. Tabulación de datos para revisión descriptiva.....	106
3.3. Verificación de hipótesis .....	119
CAPITULO IV. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	121
4.1. Conclusiones.....	121
4.2. Recomendaciones.....	123
BIBLIOGRAFÍA.....	124
ANEXOS .....	128

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Recursos materiales .....	20
Tabla 2. Recursos materiales .....	22
Tabla 3. Recursos económicos del proyecto.....	23
Tabla 4. Descripción de las condiciones de los niveles de cada factor. ....	26
Tabla 5. Detalle de las combinaciones de factores en cada caso. ....	27
Tabla 6. Número de probetas para cada ensayo y en cada caso.....	28
Tabla 7. Variable independiente .....	30
Tabla 8. Variable dependiente .....	31
Tabla 9. Plan de recolección de información.....	32
Tabla 10. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	34
Tabla 11. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	35
Tabla 12. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	36
Tabla 13. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	37
Tabla 14. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	38
Tabla 15. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	39
Tabla 16. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	40
Tabla 17. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	41
Tabla 18. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	42
Tabla 19. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	43
Tabla 20. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	44
Tabla 21. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	45

Tabla 22. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	46
Tabla 23. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	47
Tabla 24. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	48
Tabla 25. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	49
Tabla 26. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	50
Tabla 27. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	51
Tabla 28. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	52
Tabla 29. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	53
Tabla 30. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	54
Tabla 31. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	55
Tabla 32. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	56
Tabla 33. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	57
Tabla 34. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	58
Tabla 35. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	59
Tabla 36. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	60
Tabla 37. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	61
Tabla 38. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	62
Tabla 39. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	63
Tabla 40. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	64
Tabla 41. Ficha de probeta ensayada a impacto.....	65
Tabla 42. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	66
Tabla 43. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	67

Tabla 44. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	68
Tabla 45. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	69
Tabla 46. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	70
Tabla 47. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	71
Tabla 48. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	72
Tabla 49. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	73
Tabla 50. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	74
Tabla 51. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	75
Tabla 52. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	76
Tabla 53. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	77
Tabla 54. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	78
Tabla 55. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	79
Tabla 56. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	80
Tabla 57. Ficha de probeta ensayada a adherencia .....	81
Tabla 58. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	82
Tabla 59. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	83
Tabla 60. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	84
Tabla 61. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	85
Tabla 62. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	86
Tabla 63. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	87
Tabla 64. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	88
Tabla 65. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	89

Tabla 66. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	90
Tabla 67. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	91
Tabla 68. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	92
Tabla 69. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	93
Tabla 70. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	94
Tabla 71. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	95
Tabla 72. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	96
Tabla 73. Ficha de probeta ensayada a dobléz.....	97
Tabla 74. Tabulación de datos para el análisis estadístico .....	98
Tabla 75. ANOVA de Medias del Porcentaje de Adherencia .....	101
Tabla 76. ANOVA de Medias de la Energía de Impacto .....	104
Tabla 77. Pruebas de mandril cónico .....	106
Tabla 78. Prueba de corrosión.....	111
Tabla 79. Cuadro resumen del proceso de aplicación óptimo .....	1118
Tabla 80. ANOVA de las respuestas combinadas.....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pinturas líquidas .....	4
Figura 2. Acero laminado .....	10
Figura 3. Contaminación en superficies de acero .....	10
Figura 4. Normas para preparación de superficies .....	11
Figura 5. Limpieza con solventes.....	11
Figura 6. Limpieza manual de superficies .....	12
Figura 7. Limpieza manual motriz de superficies .....	12
Figura 8. Limpieza con llama .....	13
Figura 9. Chorro abrasivo grado metal blanco.....	14
Figura 10. Proceso de fabricación de probetas.....	29
Figura 11. Procesamiento y análisis de datos .....	33
Figura 12. Verificación de supuestos, ensayo de adherencia.....	100
Figura 13. Efectos principales, ensayo de adherencia.....	102
Figura 14. Gráficas de efectos señal ruido de la adherencia.....	102
Figura 15. Verificación de supuestos, ensayo de impacto .....	103
Figura 16. Efectos principales, energía de impacto.....	105
Figura 17. Gráfica de efectos señal ruido de la energía de impacto.....	105

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificados de realización de ensayos, Normas Aplicadas.....	128
--	-----



## RESUMEN

Debido a que no se cuenta con análisis necesarios para los recubrimientos de la pintura líquida y abordando la necesidad de perfeccionarlos, con lo que se podría mejorar las características de sus componentes y los procesos de aplicación; se propone esta investigación. El objetivo del presente trabajo es analizar el proceso de aplicación de pintura líquida para componentes de transformadores y la evaluación de la resistencia del recubrimiento bajo ambientes controlados.

El tipo de investigación empleada en el trabajo fue: explorativa, descriptiva, explicativa y bibliográfica. La muestra y por consiguiente las condiciones controladas para el análisis se definieron con el diseño de experimentos de Taguchi L32, el cual dispone de 16 combinaciones y dos réplicas.

Tras la investigación se consiguió determinar los requisitos críticos que debe cumplir un determinado recubrimiento en el material base para ser sometidos a sus respectivos ensayos, las normas aplicadas para cada uno de los ensayos fueron las siguientes: adherencia (NTE INEN 1006), impacto (NTC 877), dobles (NTE INEN 1002:98) y cámara salina (ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 – 02).

Se concluye que, el análisis estadístico de las propiedades del recubrimiento señaló que: el tipo de pintura se ve influenciado por la temperatura de curado; asimismo, el comportamiento que presenta el componente a los diferentes tipos de preparación superficial (granallado, fosfatizado) dependen del número de capas (bicapa, tricapa), logrando cumplir con los objetivos planteados en el presente trabajo de titulación.

**Palabras claves:** Perfil de anclaje, Adherencia, Temperatura de curado, Ambientes controlados, Cámara salina, Prueba de doblez.

## ABSTRACT

Due to the lack of necessary analyses for liquid paint coatings and addressing the need to perfect them, with which the characteristics of their components and application processes could be improved, this research is proposed. The objective of the present work is to analyze the application process of liquid paint for transformer components and the evaluation of the coating resistance under controlled environments.

The type of research used in the work was: explorative, descriptive, explanatory and bibliographic. The sample and therefore the controlled conditions for the analysis were defined with the Taguchi L32 design of experiments, which has 16 combinations and two replicates.

After the research, it was possible to determine the critical requirements that a given coating must meet in the base material to be subjected to their respective tests. The standards applied for each of the tests were the following: adhesion (NTE INEN 1006), impact (NTC 877), double (NTE INEN 1002:98) and salt chamber (ASTM B117 - 19, ASTM D610 - 08, ASTM D714 - 02).

It is concluded that the statistical analysis of the coating properties indicated that: the type of paint is influenced by the curing temperature; also, the behavior of the component to the different types of surface preparation (shot blasting, phosphatizing) depends on the number of layers (bilayer, trilayer), achieving the objectives set out in this qualification work.

**Keywords:** Anchor profile, Adherence, Curing temperature, Controlled environments, Saline chamber, Bend test.

# **CAPÍTULO I. - MARCO TEÓRICO**

## **1.1. Antecedentes Investigativos**

### **1.1.1. Investigaciones preliminares**

Para Rudolph G. Buchheit [1], en su trabajo denota que la mayoría de las aleaciones metálicas son susceptibles a la corrosión en sus entornos de servicio. Uno de los más prácticos y las formas rentables de retardar o detener la corrosión es mediante la aplicación de una capa protectora o pintura. Los recubrimientos y pinturas se pueden aplicar a grandes superficies buscando una cualidad protectora, aunque son relativamente delgadas (el espesor depende de la cantidad de capas aplicadas sin afectar su desempeño). Ellas pueden ser aplicadas rápidamente, pero sin olvidar el tema el costo de material y mano de obra. Estos costos incrementan el valor monetario del producto, pero a su vez incrementan la vida útil del mismo. Durante los últimos 150 años, la tecnología de pinturas y recubrimientos resistentes a la corrosión ha evolucionado de manera constante, lo que se obtiene es una amplia gama de productos para proteger muchos sustratos diferentes en muchas condiciones diferentes. [1],

La tecnología de revestimiento es sin duda una disciplina madura, pero el campo continúa evolucionando a medida que se crean nuevos sustratos. Se desarrollan y se ponen a disposición para su aplicación y a medida que se diseñan nuevos recubrimientos y métodos de aplicación para satisfacer demandas y limitaciones emergentes. [1]

Como se analiza en [2], en su estudio desarrolla un recubrimiento con propiedades icephobic basado en una fácil fabricación en dos pasos. El recubrimiento está libre de fluoruros y nanopartículas. El procedimiento es sencillo y adecuado para grandes aplicaciones dado que utiliza materias primas de bajo costo y respetuosas con el medio ambiente. Este fue aplicado sobre fibra de carbono en paneles compuestos de resina epoxi, pero podría extenderse a otro tipo de superficies. La estructura del revestimiento tiene preparado mediante la modificación con PDMS de una pintura comercial de poliuretano como primer paso. el segundo paso implica la preparación de un sol-gel

híbrido que se deposita sobre la pintura de poliuretano modificada con PDMS formando una película heterogénea de gotitas sólidas aisladas. [2],

Como se indica en [3], el diseño asistido por computadora (CAD) es una herramienta fundamental para el análisis en profundidad en los sistemas dado que en ocasiones las variables de análisis son extensas y varias. Los autores denotan que CAD todavía se encuentra en una etapa temprana en las pinturas y recubrimientos del sector industrial y su potencial aún no se ha utilizado al máximo. Puede resultar extremadamente beneficioso en términos de ahorro de tiempo y recursos necesarios para la prueba y experimentación de errores. Varias aplicaciones y herramientas para PC han sido desarrollados, que se basan en modelos termodinámicos y de propiedades fisicoquímicas o sobre algoritmos de aprendizaje automático y alto rendimiento experimentación. Sin embargo, un enfoque híbrido que combina las ventajas de los fundamentos y de los datos la ciencia podría mejorar potencialmente la previsibilidad de estas herramientas. A esto se le agrega metodologías de análisis de variables como TAGUCHI que permiten anexar y comparar datos entre métodos de análisis. [3],

Las pinturas líquidas desempeñan un papel clave en la industria moderna de pinturas y revestimientos y brindan información de primera mano sobre los parámetros de procesamiento, la calidad del producto y cualquier aspecto relacionado con la seguridad, la salud y el medio ambiente. Esto ayuda especialmente a crear un escalado oportuno y sin complicaciones de la pintura y el revestimiento deseados y uno que sea de alta y constante calidad. [3],

### **1.1.2. Justificación**

En los últimos 50 años la industria ha perfeccionado los recubrimientos de pintura mejorando no sólo sus materiales y componentes, sino también el proceso y la técnica de aplicación, actualmente este revestimiento está altamente posicionado en el sector metalmecánico, gracias a que disminuye costos, se aplica rápido y produce pocos residuos, minimizando el factor de riesgo en el ambiente de trabajo. El éxito de los revestimientos va en aumento, ya que desde sus primeros desarrollos en los años 50 y, sobre todo, a partir de los 90, el uso de pinturas se ha impuesto claramente, especialmente por razones medioambientales. De hecho, la industria mundial lleva décadas preocupada por los efectos nocivos de los disolventes y materiales peligrosos

que siguen perfeccionando este tipo de revestimiento para ofrecer un producto mejor y menos contaminante [4].

La pintura ha ido ganando gran popularidad en el mercado de los recubrimientos industriales no sólo en Estados Unidos y Europa, sino también en la industria nacional y en países vecinos como Brasil y Chile. La aceptación de la pintura electrostática radica en sus excepcionales propiedades finales: dureza, resistencia a la corrosión, excelente acabado, fácil aplicación y aceptabilidad ambiental, ésta es una de las alternativas menos contaminantes y eficientes, es un tipo de revestimiento orgánico que se usa para cubrir y proteger todo tipo de materiales metálicos [5] [6].

En la actualidad, los revestimientos son cada vez más fiables y aplicables en la industria nacional, por ejemplo, en el segmento metalmecánico, armarios eléctricos, góndolas, transformadores, etc. Debido a la creciente demanda de este tipo de acabados, es necesario desarrollar una pintura que cure en menos tiempo y a menor temperatura para aumentar la productividad de todas las líneas de producción existentes en las empresas que aplican esta pintura a diversos productos [6].

El propósito de este trabajo consiste en evaluar la resistencia del recubrimiento en probetas del material base utilizada para la fabricación de los gabinetes de los transformadores (tanques, tapas, accesorios), éstas serán sometidas a varios ensayos para su validación tales como: ensayo de impacto, adherencia, doblez, cámara salina, todo esto en base a normas técnicas las cuales se pudo hacer una amplia investigación previa [7].

Además, es factible realizar dichos ensayos ya que se cuenta con los requerimientos que se necesitan para su ejecución, tanto en materiales, personal calificado que tienen un completo entendimiento sobre el tema, así como también la experiencia de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato y los conocimientos bastos adquiridos durante la trayectoria de la Carrera de Ingeniería Mecánica. [7].

### 1.1.3. Fundamentación Teórica

#### 1.1.3.1. Pinturas

Las pinturas, desde un punto de vista técnico-económico, constituyen el método más adecuado para la protección de los materiales empleados en la construcción y en la industria [8].

#### Pintura Líquida

La pintura líquida, considerada desde un punto de vista fisicoquímico, es un sistema disperso. Suele estar formada por finas partículas sólidas dispersas en un medio líquido denominado soporte. Este último se basa en un formador de película o aglutinante, también llamado formador de película o aglutinante, situado en un disolvente o mezcla de disolventes al que se añaden aditivos y, eventualmente, plastificantes [9].



**Figura 1.** Pinturas líquidas [9]

En el caso de las pinturas base solvente orgánico, el vehículo es una solución líquida cuya función es dispersión molecular del material polimérico que rodea las partículas del pigmento dispersado en la pintura, como se muestra en la Figura 1; durante el secado el sistema se hace más viscoso y el ligante fluye alrededor de las partículas durante casi toda esta etapa; se observa una significativa contracción volumétrica de la película [10].

Resulta oportuno mencionar que algunas pinturas líquidas están exentas de solventes ya que el propio material formador de película es líquido. Los pigmentos se dispersan en ese medio fluido altamente viscoso. Las pinturas líquidas exentas de solventes se aplican con espátulas especiales sobre superficies que permanecen en contacto con productos alimenticios dado que no eliminan solventes contaminantes. La formación

de la película exclusivamente involucra reacciones de curado entre los dos componentes del sistema [10].

El secado del látex hace que las partículas de resina se adhieran fuertemente entre sí debido a un aumento de la tensión superficial por disminución de la distancia entre las partículas de copolímero. La pérdida de agua puede producirse por evaporación a la atmósfera y/o por absorción por el sustrato poroso. La contracción de la película que se produce en esta etapa da lugar a la fusión, es decir, la fusión en frío, de las partículas de resina alrededor de las partículas de pigmento y/o de relleno, lo que da lugar a una disposición más o menos densa. La compactación del pigmento para conseguir un alto valor de película seca se consigue principalmente mediante la deformación plástica de las partículas de copolímero, generalmente asistida por un copolímero [10].

Por regla general, las pinturas se aplican en una capa fina sobre un soporte y tienen la propiedad de convertirse en una película fuerte, continua y pegajosa tras la evaporación del disolvente y, en algunos casos, también tras las transformaciones químicas de la sustancia formadora de la película. Una vez finalizado el proceso de secado/curado, puede obtenerse una película brillante, semimate o mate para proteger y mejorar el aspecto general del sustrato. Es pertinente señalar que algunas pinturas líquidas no contienen disolventes, ya que el propio material formador de la película es líquido; los pigmentos están dispersos en este fluido altamente viscoso. Se aplican con espátulas especiales sobre superficies en contacto con alimentos, ya que no eliminan los disolventes contaminantes [10].

La formulación de una pintura eficaz requiere el conocimiento de las propiedades internas de los distintos componentes que intervienen, así como la identificación de las reacciones o interacciones que se producen entre ellos, tanto durante la preparación y el almacenamiento del producto, como durante su funcionamiento tras la aplicación a la superficie. Las pinturas se aplican en capas finas sobre un soporte y tienen la capacidad de convertirse en una película fuerte, continua y pegajosa tras la evaporación de una mezcla de disolventes y, en algunos casos, durante las transformaciones químicas de la sustancia formadora de la película [10].

## **Formación de la película**

El proceso de formación de la película está relacionado con el tipo de material de resina utilizado en la fabricación del aglutinante. El mecanismo puede ser físico y/o químico.

- **Secado**

Consiste en el paso de una película de pintura líquida, en forma de capa fina aplicada sobre un sustrato a estado sólido por evaporación de una mezcla de disolventes. Las propiedades físico-mecánicas de la película son la flexibilidad, la dureza, la adherencia, etc. Básicamente dependen del componente de resina que forma el aglutinante. Las composiciones que forman películas debido a cambios físicos (evaporación de disolventes y diluyentes) se denominan termoplásticos [11].

Esta película no convertible se caracteriza por volver a disolverse en contacto con un disolvente similar al utilizado en la fabricación. Las pinturas que son termoplásticas tienden a secarse rápidamente. Además, el espesor final de la película está directamente relacionado con el contenido de sólidos en volumen del producto; sobre la base de materiales poliméricos de alto peso molecular, porque las propiedades de la película seca suelen ser directamente proporcionales a este último [11].

- **Curado**

La etapa de formación de la película sólida, adherente, elástica y duradera de algunas pinturas implica, además de la evaporación del disolvente, reacciones químicas de complejidad variable con elementos ambientales o con los ingredientes introducidos en la formulación. El curado de las pinturas no convencionales, dependiendo de la naturaleza de los grupos funcionales básicos y de los distintos convertidores, puede realizarse a temperatura ambiente o por calentamiento [11].

Las pinturas no convencionales, como la epóxica y la poliuretano, suelen formularse en envases múltiples: un envase contiene un soporte de pintura con un pigmento disperso o una base, y el otro contiene un conservante para la copolimerización. La base y el convertidor deben mezclarse antes de la aplicación, en las proporciones cuantitativas indicadas por el formulador. Se caracterizan porque puede ser conveniente dejar transcurrir el tiempo de inducción para permitir un cierto progreso



en el grado de reacción antes de su aplicación y porque tienen una vida útil para la mezcla. Esta última depende de la naturaleza química del reactivo y de la temperatura [11].

### **Propiedades generales de una película de pintura**

Las pinturas de recubrimiento deben ser tolerantes a los defectos de preparación de la superficie, fáciles de aplicar por diversos métodos, capaces de secarse/curarse adecuada y rápidamente en diferentes medios ambientales, cumplir los requisitos en servicio y reparar fácilmente las zonas dañadas. Los aspectos económicos y ecológicos también son fundamentales [12].

- **Buena resistencia al agua y baja absorción**

Esta propiedad está relacionada con la cantidad de agua adsorbida por la película, en condiciones de equilibrio, en los espacios intermoleculares del polímero, pero es altamente específica en todas las interfaces presentes en el sistema [12].

- **Resistencia a la transferencia al vapor de agua.**

Este fenómeno es especialmente importante en los casos en que el sustrato es metálico. Se refiere al flujo de agua en forma molecular a través de una película seca que se comporta como una membrana permeable. Esta característica depende fundamentalmente de la naturaleza del material formador de la película; es importante relacionar una menor transferencia al vapor de agua con una mayor capacidad anticorrosiva [12].

- **Resistencia al pasaje de iones.**

La membrana actúan como barrera para controlar el proceso de difusión que conduce a la penetración de iones cloruro, sulfato, carbonato, etc. que inician o aceleran la cinética de los procesos corrosivos [12].

- **Resistencia a los fenómenos osmóticos.**

Este fenómeno consiste en el flujo de agua a través de una membrana semipermeable, de una solución más diluida a una solución más concentrada, hasta alcanzar un estado

de equilibrio. Todas las membranas orgánicas se comportan como semipermeables y la ósmosis se produce principalmente cuando se aplica una capa protectora a una superficie contaminada por sales; esto último es frecuente en los entornos marinos. Los pigmentos anticorrosión disueltos también favorecen este fenómeno [12].

- **Resistencia a la intemperie.**

Esta propiedad se manifiesta durante la exposición a largo plazo al medio ambiente por la buena conservación de las propiedades decorativas y protectoras. Las propiedades a menudo consideradas son la retención suficiente del brillo, así como los fenómenos superficiales y de color [13].

- **Resistencia a los agentes químicos.**

Las estructuras pintadas, especialmente las industriales, están expuestas a salpicaduras de álcalis, ácidos, disolventes, etc. La película debe mostrar un comportamiento adecuado tanto en contacto directo como prolongado (retención de brillo y color, ausencia de corrosión, etc.) [13].

- **Elevada adhesión seca y húmeda de la película.**

La adherencia de la película es una propiedad importante; es significativamente menor en condiciones húmedas debido al agua o a la humedad en la interfaz, debido a sus características altamente polares y a su pequeño tamaño, compitiendo con los materiales poliméricos. El deterioro por desprendimiento producido por arañazos, golpes, choques, etc. debe ser mínimo o nulo [13].

- **Resistencia a la abrasión.**

Las películas de pintura en general, pero sobre todo industrialmente, se aplican en zonas expuestas a procesos abrasivos producidos por equipos móviles, herramientas, transporte, etc. Este proceso puede desarrollarse incluso en condiciones de humedad, lo que conspira fuertemente para producir una disminución de la resistencia a la abrasión [13].

- **Elasticidad o capacidad de elongación.**

La película de pintura, aún envejecida, debe seguir el movimiento de contracción y dilatación del material base; para ello debe presentar un comportamiento elástico tras el alargamiento. La propiedad de dar elasticidad; en ausencia de ésta, los plastificantes se incorporan a un nivel suficiente para dar un índice de Young satisfactorio sin reducir indebidamente la dureza [13].

- **Resistencia a las bacterias y hongos.**

Microorganismos como las bacterias y los hongos actúan principalmente sobre las pinturas y revestimientos de base acuosa. La actividad biológica no fue significativa en las pinturas líquidas a base de disolventes orgánicos ni en las películas secas de estos materiales [13].

### **1.1.3.2. Preparación de superficies**

El éxito de un trabajo de pintura, además depende de la preparación o trabajo previo realizado sobre la superficie antes de pintarla. Precisaremos la preparación de la superficie como la limpieza realizada, antes de aplicar la pintura, para eliminar todos los contaminantes, partículas sueltas o mal adheridas, ajenas o no a la superficie, haciéndola apta para recibir la pintura. Una mala limpieza puede causar el deterioro prematuro de la pintura, incluso si la aplicación se realiza según las instrucciones. Por esta razón, se debe hacer especial hincapié en una limpieza de buena calidad [7].

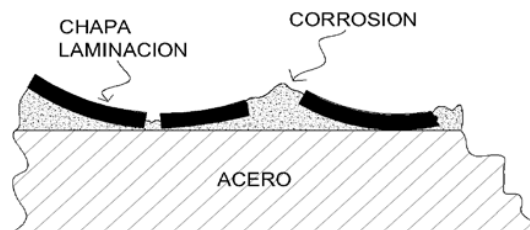
#### **Acero**

El acero es el material estructural más utilizado y, por tanto, la superficie más sujeta a problemas de mantenimiento; en la Figura 2 puede verse un ejemplo de este material. El mayor problema en la limpieza del acero radica en eliminar toda presencia de elementos contaminantes nocivos intercalados entre el metal base y la película de pintura que se aplicará. Entre los contaminantes principales se encuentran la chapa, oxido o escoria de laminación de los aceros laminados en caliente, los productos de corrosión tales como oxido, sulfuros, cloruros, etc. [14].



**Figura 2.** Acero laminado [14].

Si se pinta una superficie contaminada con productos de corrosión, éstos quedan atrapados entre la superficie y la capa de pintura, como se muestra en la Figura 3. Debido a que muchos de estos productos son total o parcialmente solubles, se activan cuando el agua los atraviesa. Como muchos de estos productos son total o parcialmente solubles, se activan cuando el agua los atraviesa. membrana de recubrimiento. La humedad que tenemos en el exterior penetrará en la capa de pintura y disolverá las sales formando una solución muy concentrada, a diferencia de la humedad o de una solución salina diluida justo fuera de la membrana [15].



**Figura 3.** Contaminación en superficies de acero [15]

En estas condiciones, habrá una fuerte tendencia a atraer un poco de agua exterior para diluir la solución concentrada resultante por debajo, intentando equilibrar las dos concentraciones. Las películas de algunas pinturas no son lo suficientemente fuertes físicamente para resistir las ampollas, por lo que se rompen antes de tiempo. Hay otras pinturas, como las de látex, que son porosas y no forman ampollas [15].

### **Normas de preparación superficial**

Algunas de las normas para la preparación superficial de la pintura, se presentan en la Figura 4.

	SSPC	SIS 055900	ICHA
LIMPIEZA CON SOLVENTES	SP 1	—	LIMPIEZA CON SOLVENTE
LIMPIEZA NATURAL	SP 2	ST 2	LIMPIEZA MANUAL
LIMPIEZA MOTRIZ	SP 3	ST 3	LIMPIEZA MOTRIZ
LIMPIEZA CON LLAMA Y ESCOBILLADO	SP 4	—	LIMPIEZA CON LLAMA
LIMPIEZA ABRASIVO METAL BLANCO	SP 5	Sa 3	ARENADO GRADO 1
LIMPIEZA ABRASIVO COMERCIAL	SP 6	Sa 2	ARENADO GRADO 2
LIMPIEZA ABRASIVO BRUSH OFF	SP 7	Sa 1	ARENADO GRADO 3
DECAPADO	SP 8	—	DECAPADO
EXPOSICION AMBIENTAL Y CHORRO ABRASIVO	SP 9	—	—
CHORRO ABRASIVO CASI BLANCO	SP 10	Sa 2 1/2	ARENADO GRADO 4

**Figura 4.** Normas para preparación de superficies [15]

**Las más conocidas y efectivas son:**

- **Limpieza con solventes SSPC – SP1**

Elimine la grasa, el aceite, los lubricantes de corte y los materiales solubles de la superficie del acero utilizado para este fin utilizando uno de los siguientes métodos: un cepillo o trapo limpio humedecido en disolvente, pulverizando el disolvente sobre la superficie como se muestra en la Figura 5, eliminación con vapor de disolvente de grasas cloradas, detergentes, etc. Esta limpieza se considera anterior a todos los demás tipos, ya que no debe haber grasa ni aceite en la superficie que se va a proteger [15].



**Figura 5.** Limpieza con solventes [15]

- **Limpieza manual SSPC – SP2**

Deberá eliminarse de la superficie de acero todo el óxido de laminación y herrumbre que se encuentre sin adherencia al igual que la pintura antigua que no se encuentre firmemente adherida, como se muestra en la Figura 6.

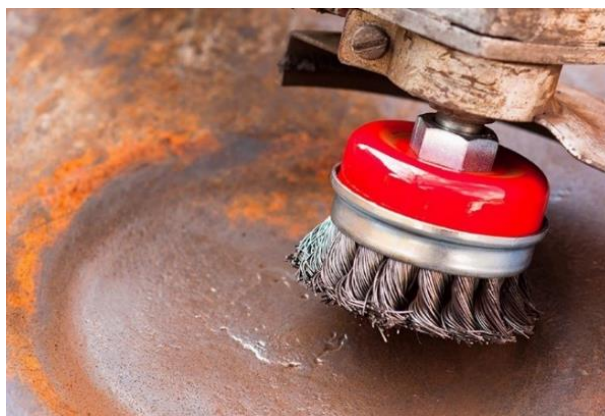


**Figura 6.** Limpieza manual de superficies [15]

Por último, se limpiará la superficie con aire limpio y seco o con un cepillo limpio. La superficie debe adquirir un suave brillo metálico. La limpieza se realizará con herramientas manuales en buen estado, como papel de lija, pico, cepillos de acero y otras que estén reguladas [15].

- **Limpieza manual motriz SSPC- SP3**

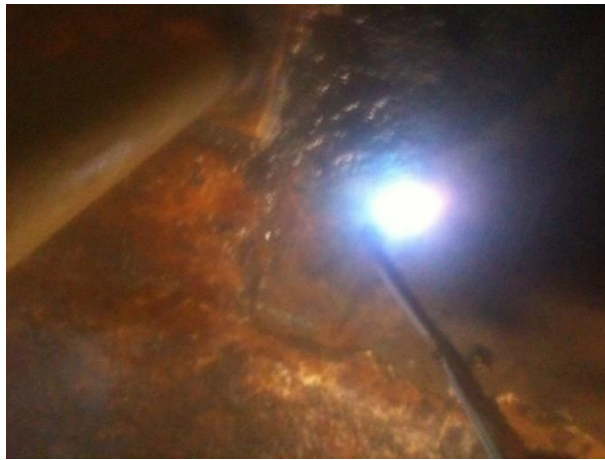
Consiste en un raspado, cepillado o amolado a máquina muy minuciosos. Debe eliminarse todo el óxido laminar, el óxido y la pintura mal adherida, como se muestra en la figura 7. Al final de la limpieza, la superficie debe quedar rugosa y con un claro brillo metálico. En este tipo de limpieza hay que tener cuidado de no quemar la superficie metálica para conseguir una buena adherencia de la pintura a la base [16].



**Figura 7.** Limpieza manual motriz de superficies [16]

- **Limpieza con llama SSPC – SP4**

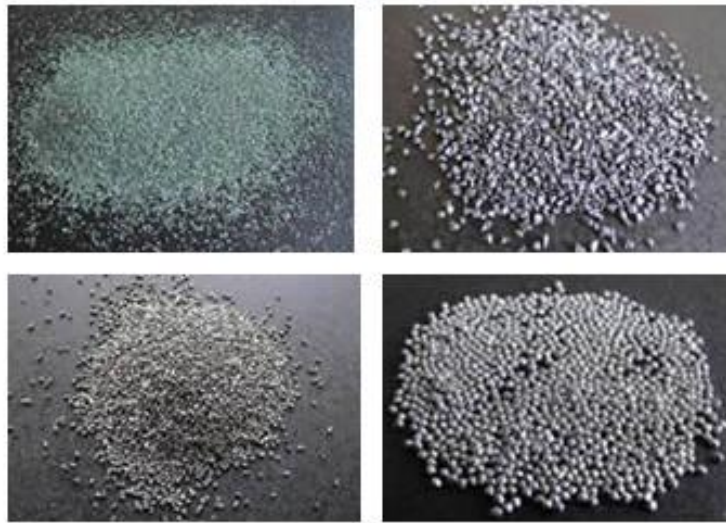
Este método consiste en pasar una llama de óxido de acetileno de alta temperatura y alta velocidad sobre la superficie del metal, seguida de un cepillado enérgico con la mano o con una herramienta eléctrica para eliminar el óxido suelto y el óxido de fábrica. Se entiende que toda materia perjudicial será eliminada por este proceso, dejando una superficie limpia y seca lista para recibir la primera capa de pintura [16]. El proceso de limpieza se muestra en la Figura 8.



**Figura 8.** Limpieza con llama [16]

- **Chorro abrasivo grado metal blanco SSPC – SP5**

La limpieza se consigue golpeando las partículas abrasivas, como se muestra en la figura 9, sobre una superficie que, al impactar, libera las partículas extrañas hacia el fondo, dejando marcas en la zona de impacto. El grado de metal blanco consiste en limpiar de forma que la superficie tenga un aspecto uniforme y un color gris metálico. Las superficies vistas sin aumento deben estar libres de toda contaminación y ligeramente rugosas para formar un perfil adecuado que permita un buen recubrimiento [16].



**Figura 9.** Chorro abrasivo grado metal blanco [16]

### 1.1.3.3. Metodología TAGUCHI

El método Taguchi es una de las mejores metodologías experimentales utilizadas para encontrar el número mínimo de experimentos a realizar dentro de los límites de factor y nivel permitidos. Se pueden realizar estudios comparativos para el desgaste volumétrico del revestimiento utilizando una combinación de cuatro factores, cada uno de los cinco niveles se puede determinar utilizando la relación S / N, según la ecuación 1, para las características más pequeñas es mejor encontrar las mejores condiciones para la tasa mínima de desgaste volumétrico [17].

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=2}^n y^2 \right] \quad (1)$$

Donde:

n = Numero de observaciones

y = datos de observación

s/n = relación señal-ruido



## **Factores inherentes del diseño Taguchi**

- **Factores de control**

Los factores de control son parámetros del proceso o del diseño que pueden controlarse. Ejemplos de factores de control son la configuración de los equipos, los materiales utilizados para fabricar un producto o las características de diseño de un producto [17].

- **Factores de ruido**

Los factores de ruido son parámetros del proceso o del diseño que son difíciles o caros de controlar durante la fabricación. Un ejemplo de factor de ruido es la temperatura o la humedad ambiente. Consideremos el caso de un fabricante de masa para galletas que quiere optimizar el sabor de la tarta en diferentes condiciones. El fabricante quiere determinar un factor de control que reduzca la influencia del factor de ruido en el sabor de la tarta [17].

### **1.1.4. Normas aplicadas para los ensayos**

#### **1.1.4.1. Ensayos de adherencia**

Para la prueba de adherencia, se revisó la norma NTE INEN 1006. Esta norma utiliza dos métodos (método A - corte en "X" y método B - rejilla) para determinar la adherencia de la película de pinturas, barnices y productos afines aplicados a paneles. Determinar. Las superficies metálicas o recomendadas se eliminan aplicando cinta adhesiva sensible a la presión a un trozo de película y despegándola [18].

El objetivo final de las normas mencionadas es producir informes que incluyan:

- identificación completa de la muestra,
- fecha de realización de ensayo,
- identificación del analista,
- norma de referencia,
- reportar el número de evaluaciones, su promedio redondeado y su rango. la adherencia es igual al 100% menos el porcentaje de desprendimiento:

Rango de % adherencia = 100% - rango de % desprendimiento.

- para sistemas de recubrimientos además reportar dónde ha ocurrido la falla, esto es, entre la primera capa y el sustrato, entre la primera y segunda capa, etc.,
- reportar el tipo de sustrato, método de curado y las condiciones ambientales en el momento del ensayo,
- para ensayos de campo reportar la estructura u objeto evaluado, la localización y las condiciones ambientales en el momento de la evaluación,
- si el ensayo es realizado después de inmersión, reportar las condiciones de inmersión y el método de preparación de la muestra,
- debe mencionarse además cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado [18].

#### **1.1.4.2. Ensayos de doblez**

Para los ensayos de doblez se revisa la norma NTE INEN 1002:98. Esta norma establece el método para determinar la flexibilidad y elasticidad de una película de pintura seca aplicada sobre un panel de ensayo que se somete a doblado sobre mandriles cónicos. El ensayo de flexibilidad de pinturas sobre mandril se practica según dos métodos. [19]

- a) Doblado alrededor de mandriles cilíndricos de distintos diámetros.
- b) Doblado alrededor de mandril cónico con radio de curva progresivo.

El objetivo final de las normas mencionadas es producir informes que incluyan:

- El valor de flexibilidad como porcentaje con aproximación de una cifra decimal.
- Tipo, número de la muestra o cualquier otra indicación que la identifique.
- NTE INEN de referencia.
- Fecha de muestreo y ensayo.
- Debe mencionarse, además cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.
- Deben incluirse todos los detalles para la completa identificación de la muestra [19].

#### **1.1.4.3. Ensayos de impacto**

Para el ensayo de flexión, se revisó la norma NTC 877. Esta norma internacional cubre los procedimientos para la deformación rápida debida a la colisión de una película de revestimiento y su sustrato, y la evaluación de los efectos de dicha deformación.

Debido a la escasa reproducibilidad del método, esta norma debe limitarse a los ensayos de laboratorio cuando se utilicen valores numéricos. Los resultados entre laboratorios mejoran cuando se utilizan clasificaciones en lugar de valores numéricos. Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad asociados a su uso. Los usuarios de esta norma son responsables de establecer las prácticas de salud y seguridad adecuadas y de determinar la aplicabilidad de los límites reglamentarios antes de su uso [20].

El objetivo final de las normas mencionadas es producir informes que incluyan:

- Las pulgadas-libra (kg-m) en el punto final de falla por impacto.
- Si se utilizó intrusión o extrusión.
- Diámetro del punzón utilizado
- Espesor del recubrimiento.
- Espesor del sustrato y tipo de metal.
- Método de preparación del panel
- Condiciones atmosféricas bajo las cuales se acondicionaron y ensayaron [20].

#### **1.1.4.4. Ensayos de cámara salina**

Para los ensayos de cámara salina se emplean las normas:

ASTM B117 – 19. Prácticas estándar para preparar aparatos de niebla salina (niebla).

ASTM D610 – 08 (2019). Prácticas estándar para evaluar el grado de oxidación en superficies de acero pintadas [20].

ASTM D714 – 02 (2017). Método de prueba estándar para evaluar el grado de formación de ampollas en la pintura [20].

Las normas anteriores pueden utilizarse para ensayar la resistencia relativa a la corrosión de muestras metálicas con y sin revestimiento cuando se exponen a niebla salina a temperatura elevada.

## **1.2.Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

- Analizar el proceso de aplicación de pintura líquida para componentes de transformadores y la evaluación de la resistencia del recubrimiento bajo ambientes controlados.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Realizar una investigación exhaustiva sobre la pintura líquida, su aplicación y ensayos a realizar con el fin de obtener un control de calidad apropiado para su implementación en los gabinetes de los transformadores en la línea 1F y 3F.

Mediante la revisión bibliográfica es posible estudiar a profundidad la pintura líquida aplicada en los transformadores, se indagan en las características y ventajas de emplear este tipo de pintura. Además, se revisan los parámetros de la pintura y los requerimientos de distintas normas para dar por válidas sus propiedades de la pintura para el trabajo requerido.

- Establecer en base a normas determinadas los requisitos críticos que debe cumplir un determinado recubrimiento en el material base para ser sometidos a sus respectivos ensayos.

A través de la revisión de documentación y de las bases que se tienen de las condiciones de trabajo de los transformadores, se tienen las normas a evaluar las propiedades focalizadas que se desea tener de los elementos de interés. Tales normas son la norma NTE INEN 1006 para los requerimientos de adherencia, la norma NTE INEN 1002:98 para los requerimientos de doblez, la norma NTC 877 para los requerimientos impacto y las normas ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08 (2019), ASTM D714 – 02 (2017) para los requerimientos bajo ensayo de cámara salina.

- Evaluar los resultados obtenidos luego de la realización de los ensayos de plegado o doblez, impacto, rayado o de lápiz, cámara salina, mediante la utilización de análisis estadísticos (DOE).

Para la evaluación de los resultados, estos se distribuyen en dos grupos, el primero de estos (ensayos de doblez, ensayo de cámara salina) en los que por la naturaleza de la información se efectúa una revisión descriptiva. El segundo grupo de resultados (ensayo de adherencia, ensayo de impacto) se analizó bajo pruebas estadísticas inferenciales, dentro de las cuales se empezó tabulando datos para finalizar identificando los factores de fabricación más relevantes. El método estadístico pertenece al Diseño de Experimentos y es un Diseño de Taguchi.

### **1.3. Hipótesis**

El análisis del proceso de aplicación de pintura líquida para componentes de transformadores, mejorará la resistencia del recubrimiento bajo ambientes controlados.

#### **1.3.1. Señalamiento de variable de la hipótesis**

##### **1.3.1.1. Variable Independiente**

Aplicación de pintura líquida para componentes de transformadores

##### **1.3.1.2. Variable Dependiente**

Resistencia del recubrimiento bajo ambientes controlados

##### **1.3.1.3. Término de relación**

Mejorará

## CAPITULO II. - METODOLOGÍA





### 2.1. Materiales

#### 2.1.1. Recursos materiales

Para la realización del proyecto se utilizarán materiales los cuales ayudarán al análisis de datos y realización de los ensayos. Estos se detallan a continuación.

**Tabla 1.** Recursos materiales

NOMBRE	DETALLE	IMAGEN
Pintura líquida	Se considera la pintura epoxi o poliuretano dependiente del caso	
Thinner IP GTA 415	Diluyente y limpiador en epoxi	
Thinner IP GTA 0.56	Diluyente y limpiador en poliuretano	

OMBRE	DETALLE	IMAGEN
Intergard 251	Para el acabado epoxi de fosfato de zinc anticorrosivo	
Interthane 990	Para el acabado de poliuretano acrílico alifático	
Acero AISI 1008 LC	Material de los transformadores	
Hojas	Hojas de papel para impresiones del trabajo e informes de ensayos	

### 2.1.2. Equipos

En este apartado se revisan los equipos con los que se efectuaron los ensayos. Estos se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 2.** Recursos materiales

NOMBRE	DETALLE	IMAGEN
Cámara para ensayos niebla salina Dycometal SSC 400	Cámara para la realización de ensayos con niebla salina.  Volumen de la cámara de ensayos 400 litros.	
Equipo de flexión en mandril	Equipo para ensayos de materiales y recubrimientos mediante mandril	
Equipo de impacto por caída de dardo	Equipo para ensayo de recubrimientos por caída de dardo	



### 2.1.3. Recursos económicos

En este apartado se revisan los principales recursos económicos con los que se efectuaron los ensayos. Estos se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 3.** Recursos económicos del proyecto

<b>DETALLE</b>	<b>COSTO</b>
Acero AISI 1008 LC	\$50,00
Pintura líquida y componentes	\$100,00
Licencia de software	\$50,00
Ensayos	\$500,00
Movilización	\$50,00
Impresiones	\$50,00
Imprevistos	\$100,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$900,00</b>

### 2.1.4. Recursos humanos.

El proyecto experimental estará a cargo del autor y del docente tutor quien direccionará al tutorado durante el desarrollo del tema de investigación.

**Estudiante:** Erick David Manosalvas Buenaño

**Docente tutor:** Ing. Mg. Oscar Iván Analuiza Maiza

### 2.1.5. Recursos Institucionales

Repositorio de la Universidad

El repositorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica cuenta con un sinnúmero de documentos en línea mediante los cuales se podrá reunir literatura científica necesaria para el proyecto. Además de contar con la bibliografía existente en sitios como Science Direct, Scielo, etc.

## **2.2. Nivel o tipo de investigación**

### **2.2.1. Investigación descriptiva**

La descripción correspondiente se basa principalmente en las normas para la obtención de las probetas adecuadas, esto es fundamental para la comprensión de los parámetros para la aplicación del método con las variables de entrada y de salida, en este caso, de los ensayos que se realizarán, tales como plegado, adherencia, impacto, cámara salina.

### **2.2.2. Investigación explorativa**

La investigación exploratoria ofrece un primer acercamiento al problema que se pretende estudiar y conocer, ésta se realiza para conocer el tema que se abordará, lo que nos permita familiarizarnos con los ensayos que se van a realizar, en base a normas técnicas obtener un panorama o conocimiento superficial del tema, pero es el primer paso inevitable para cualquier tipo de investigación posterior que se quiera llevar a cabo.

### **2.2.3. Investigación explicativa**

Los datos obtenidos son ordenados, tabulados y examinados de forma numérica, mediante fundamentos estadísticos, con el fin de busca establecer las causas en distintos tipos de estudio, estableciendo conclusiones y explicaciones para enriquecer o esclarecer las teorías iniciales y, en nuestro caso, el grado de resistencia del recubrimiento en el material base sometido a los ensayos anteriormente especificados.

### **2.2.4. Investigación bibliográfica**

Este método es muy importante para el desarrollo de la investigación porque en base a literaturas científicas previas y artículos técnicos enfocados a la realización de ensayos y experimentos se realiza los cálculos adecuados, insertando los datos en un software orientado con el mismo fin, para determinar las resistencias mecánicas de un recubrimiento (pintura), de esta manera, se elaboran probetas para posteriormente ensayarlos de acuerdo con las normas INEN, NTC, entre otras que posteriormente se pretenderán utilizar.

## **2.3.Diseño**

### **2.3.1. Diseño experimental**

En este contexto se describen los equipos y procedimientos experimentales y de caracterización implementados en este trabajo de tesis con el objetivo de mejorar la calidad de los productos, reducir costos, disminuir tiempos de ciclo, diseñar, rediseñar o hacer cambios en los procesos, sustituir materiales, modificar métodos, diseñar productos y procesos robustos, etc. Una de las metodologías clave para que todo esto se haga eficazmente es el diseño y análisis estadístico de experimentos. Para la aplicación del método y dar cumplimiento a los objetivos propuestos en la investigación, se pretende trabajar bajo el método estadístico de Diseño de Experimentos (DOE).

### **2.3.2. Diseño de experimentos TAGUCHI**

La metodología de diseño experimental (DOE) es una herramienta estadística para la mejora de la calidad que se utiliza a menudo en los proyectos Seis Sigma; Esta metodología se utiliza para diseñar las condiciones ideales de un producto, proceso o servicio de forma que cumpla nuestras expectativas utilizando el mínimo número de experimentos o pruebas. El DOE es especialmente útil cuando tenemos un producto complejo cuyos resultados pueden depender de un gran número de variables sobre las que no tenemos control y que debemos ajustar para optimizar [21].

El diseño Taguchi es un experimento diseñado que permite elegir el producto o proceso cuyo rendimiento es más consistente en un entorno operativo. El diseño Taguchi reconoce que no todos los factores que causan variabilidad pueden controlarse; estos factores incontrolables se denominan factores de ruido. El diseño Taguchi trata de identificar los factores de control que minimizan la influencia de los factores de ruido. Durante un experimento, se manipula el factor de ruido para crear variabilidad y, a continuación, se determinan los ajustes óptimos de los factores de control para que el proceso o producto sea robusto o resistente a las variaciones causadas por los factores de ruido [22].

El diseño de Taguchi utiliza una disposición ortogonal, que estima el efecto de los factores sobre la media y la varianza de la respuesta. Una disposición ortogonal

significa que el diseño está equilibrado, por lo que los niveles de los factores tienen el mismo peso. Por lo tanto, cada factor puede evaluarse sin tener en cuenta todos los demás factores, de modo que el efecto de un factor no afecta a las estimaciones de otros factores [23].

La metodología de diseño experimental nos proporcionará una solución con un mínimo de pruebas, por lo tanto, después de aplicar esta metodología sabremos exactamente cómo afecta cada factor (y cualquier combinación de factores, ya que a veces los factores producen efectos inesperados) para que podamos tomar decisiones sobre lo que debemos incluir o eliminar en nuestros productos. Al final tendremos una función de regresión que relaciona los resultados con cada variable.

## 2.4. Población y muestra

### 2.4.1. Población

El presente trabajo experimental tiene como población los componentes que forman parte de los transformadores a los que se les ha aplicado pintura electroestática en polvo, elaboradas bajo las condiciones descritas en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Descripción de las condiciones de los niveles de cada factor.

Factores	Niveles	
	-1	1
Tipo de pintura	Poliéster	Epóxica
Preparación superficial	Granallado	Fosfatizado
Número de capas	Unicapa	Bicapa
Temperatura de curado	150 °C	180 °C

Los casos que se definen como la población se describen en la Tabla 5, en la que detalla la combinación de niveles para cada factor analizado.

**Tabla 5.** Detalle de las combinaciones de factores en cada caso.

<b>Casos</b>	<b>Pintura</b>	<b>Prep. Superficial</b>	<b>Capas</b>	<b>Temp. Curado [°C]</b>
1	Poliuretano	Granallado	Bicapa	150
2	Poliuretano	Granallado	Bicapa	180
3	Poliuretano	Granallado	Tricapa	150
4	Poliuretano	Granallado	Tricapa	180
5	Poliuretano	Fosfatizado	Bicapa	150
6	Poliuretano	Fosfatizado	Bicapa	180
7	Poliuretano	Fosfatizado	Tricapa	150
8	Poliuretano	Fosfatizado	Tricapa	180
9	Acrílico	Granallado	Bicapa	150
10	Acrílico	Granallado	Bicapa	180
11	Acrílico	Granallado	Tricapa	150
12	Acrílico	Granallado	Tricapa	180
13	Acrílico	Fosfatizado	Bicapa	150
14	Acrílico	Fosfatizado	Bicapa	180
15	Acrílico	Fosfatizado	Tricapa	150
16	Acrílico	Fosfatizado	Tricapa	180

#### **2.4.2. Muestra**

Las probetas del ensayo serán realizadas en base al análisis de variable, tanto independiente como dependiente. La muestra que se estima para el análisis viene dada por el diseño de experimentos de Taguchi, el cual se detalla en la Tabla 6, en donde, para las propiedades de adherencia, dobles, impacto y cámara salina se dispone de un número específico de réplicas. Se toma en consideración para el análisis, el diseño de Taguchi L32, el cual dispone de 16 combinaciones y dos réplicas.

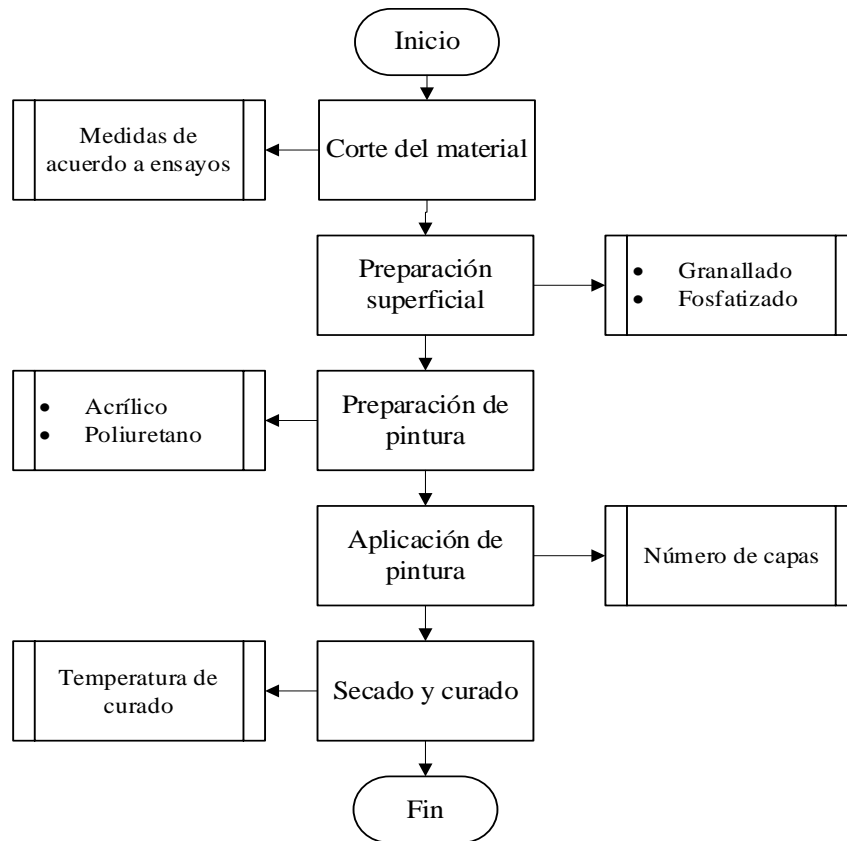
**Tabla 6.** Número de probetas para cada ensayo y en cada caso.

<b>Casos</b>	<b>Probetas por ensayos</b>				<b>Probetas por casos</b>
	<b>Adherencia</b>	<b>Doblez</b>	<b>Impacto</b>	<b>Cámara Salina</b>	
Caso 1	2	2	2	2	<b>8</b>
Caso 2	2	2	2	2	<b>8</b>
Caso 3	2	2	2	2	<b>8</b>
Caso 4	2	2	2	2	<b>8</b>
Caso 5	2	2	2	2	<b>8</b>
Caso 6	2	2	2	2	<b>8</b>
Caso 7	2	2	2	2	<b>8</b>
Caso 8	2	2	2	2	<b>8</b>
Caso 9	2	2	2	2	<b>8</b>
Caso 10	2	2	2	2	<b>8</b>
Caso 11	2	2	2	2	<b>8</b>
Caso 12	2	2	2	2	<b>8</b>
Caso 13	2	2	2	2	<b>8</b>
Caso 14	2	2	2	2	<b>8</b>
Caso 15	2	2	2	2	<b>8</b>
Caso 16	2	2	2	2	<b>8</b>
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>128</b>

### **Proceso de obtención de las muestras**

Ya definidas las combinaciones y el número de probetas para cada uno de los ensayos, se procede a elaborar las muestras a ensayas. El proceso de fabricación se describe en el diagrama de flujo plasmado en la Figura 10.

Como primer paso se tiene el trazado de las probetas en la plancha del material, para luego ser cortadas. Se disponen las probetas necesarias sobre la superficie para obtener un total de 128 probetas.



**Figura 10.** Proceso de fabricación de probetas

Después, se prepara la superficie metálica para la aplicación de la pintura, en esta se aplica el granallado o fosfatizado, de manera similar a la que se realiza en la empresa de transformadores, con el fin de que los resultados sean proyectables.

Luego se prepara la pintura de acuerdo al tipo, esta será acrílica o poliuretano. Se hace la aplicación de la misma, de acuerdo a la matriz de diseño descrita en apartados anteriores.

Finalmente se realiza el curado de la pintura en horno, a una temperatura de 150° o 180° de acuerdo a la combinación establecida.

## 2.5. Operacionalización de variable

### 2.5.1. Variable independiente

La variable independiente: La aplicación de pintura líquida en componentes de transformadores, se presenta en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Variable independiente.

Abstracto		Concreto		
Definición	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Herramientas
Cuantificar la influencia de la variación de los parámetros en la aplicación del recubrimiento líquido	Configuración del recubrimiento sobre la probeta.	Tipo de pintura	Epoxi	Ficha técnica
			Poliuretano	Catálogos
		Preparación superficial	Granallado	Cabina de preparación superficial
			Fosfatizado	
		Número de capas	Bicapa	Equipo airless, boquilla 0,021” con filtro de malla.
			Tricapa	
	Temperatura de curado	150°	Medidor de Temperatura	
		180°		
	Diseño experimental	Taguchi	Factores	Software Estadístico
			Niveles	

### 2.5.2. Variable dependiente

La variable dependiente: La evaluación de la resistencia del recubrimiento bajo ambientes controlados, se presenta en la Tabla 8.



**Tabla 8.** Variable dependiente.

Abstracto		Concreto			
Definición	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Herramientas	
La resistencia del recubrimiento (pintura líquida) sometido a ensayos basándose en las normas establecidas	Impacto	Agrietamiento superficial del recubrimiento	¿Cuál es la distancia máxima de agrietamiento superficial alcanzada?	Normas NTE, NTC, INEN	
	Dobleza	Elongación de la película de pintura líquida	¿Cuál es la elongación máxima de la película de pintura líquida sobre el material base?		
	Adherencia	Clasificación de la adherencia del recubrimiento	¿Cuál es el porcentaje de adherencia de la película de pintura líquida sobre el área ensayada en la probeta?		
	Cámara salina	Densidad de corrosión por unidad superficial	¿Qué densidad de corrosión por unidad superficial se presentó en el recubrimiento?		
	Diseño experimental (Taguchi)	Significancia		0 – 1	Software de diseño estadístico
		Coefficiente de determinación		0 – 100%	

## 2.6. Plan de recolección de información

El plan de recolección de la información se detalla en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Plan de recolección de información.

<b>Plan de recolección de información</b>	
<b>¿Qué?</b>	Las propiedades de adherencia, dobles, impacto y cámara salina del proceso de aplicación de pintura líquida para componentes de transformadores.
<b>¿Para qué?</b>	Mejorar las propiedades de adherencia, dobles, impacto y cámara salina, mediante la aplicación del diseño de Taguchi.
<b>¿Quién?</b>	La recolección de información es realizada por el investigador (Erick Manosalvas)
<b>¿A quién?</b>	Está dirigido a estudiantes y docentes que necesiten una base bibliográfica y un aporte al sector industrial productor de transformadores.
<b>¿Cómo?</b>	Se recolecta la información mediante la realización de ensayos, basados en normativas.
<b>¿Con qué?</b>	Para obtener la información se emplean hojas de cálculo, editor de texto y bibliografía.
<b>¿Cuándo?</b>	Se ejecuta en el año 2021 y 2022
<b>¿Cuántas veces?</b>	En los ensayos de adherencia, dobles, impacto y cámara salina del proceso, se efectúan 2 réplicas en cada combinación de niveles.
<b>¿Dónde?</b>	La recolección de información es realizada en la empresa ECUATRAN

## **2.7. Plan de procesamiento y análisis**

Con los parámetros descritos en la Tabla 9, la información fue revisada y siguió los siguientes pasos esquemáticos para ser finalmente analizada:

### **2.7.1. Revisión**

Se revisó la información de las fichas, para verificar que se tenga el conjunto completo de datos, de acuerdo con la matriz de diseño.

### **2.7.2. Tabulación**

Los datos revisados, se disponen de acuerdo a la matriz de diseño que involucra los factores de entrada y las respuestas de salida.

### 2.7.3. Análisis

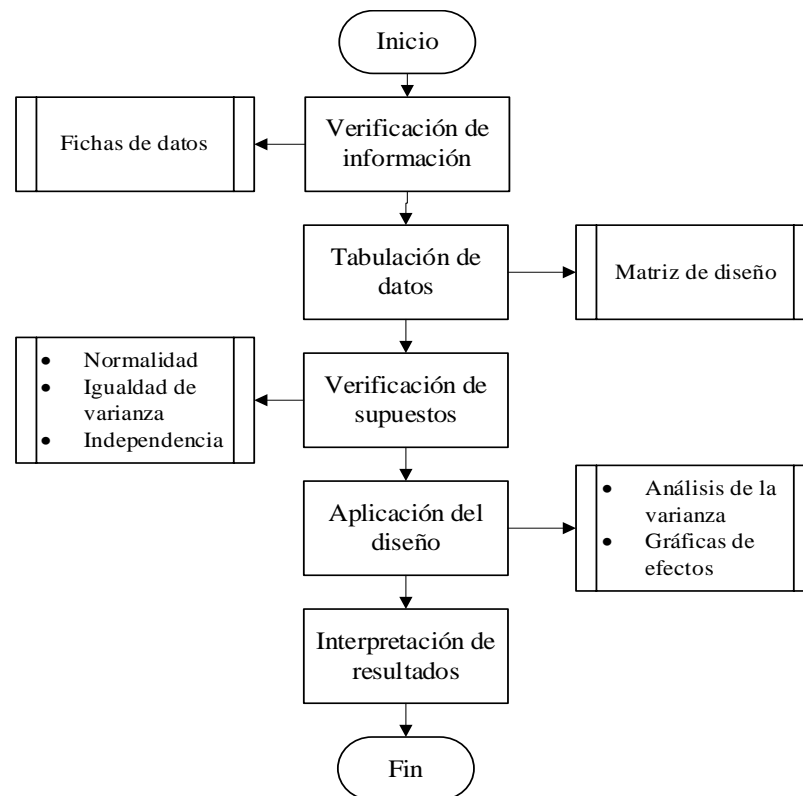
Se desarrolla el análisis con la ejecución de las pruebas estadísticas correspondientes al diseño de experimentos empleado en la investigación.

### 2.7.4. Presentación

Tras el análisis desarrollado, se presentan los hallazgos en gráficas y tablas, para cada una de las propiedades mecánicas.

### 2.7.5. Interpretación

De cada gráfica, tabla y parámetro de salida obtenido, se extrae la información para ser presentada de manera que satisfaga el objetivo de la información, el cual es mejorar el comportamiento de las probetas bajo las distintas condiciones de análisis.



**Figura 11.** Procesamiento y análisis de datos




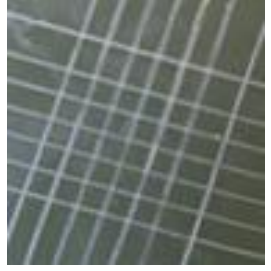
Los datos se abordan en base al esquema presentado en la Figura 11. Cada uno de los pasos del diagrama de flujo presentado, son parte del análisis estadístico de las propiedades de la pintura.

**CAPITULO III. -  
RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



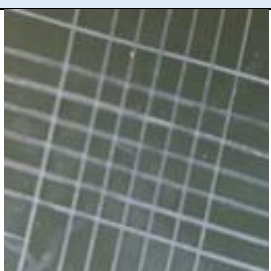
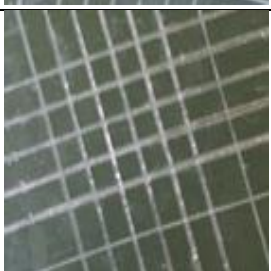
**3.1. Resultados de ensayos**

**3.1.1. Prueba de adherencia**

**Tabla 10.** Ficha de probeta ensayada a adherencia

 <span style="margin-left: 100px;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</span> <span style="margin-left: 100px;">FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</span> <span style="margin-left: 100px;">INGENIERÍA MECÁNICA</span> 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P1
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	97%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
	Diagnóstico:	5B	
	Adherencia:	100%	
	Criterio:	Los bordes de los cortes son completamente lisos; ninguno de los cuadros de la cuadrícula han sido desprendidos.	
<p><b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.</p>			

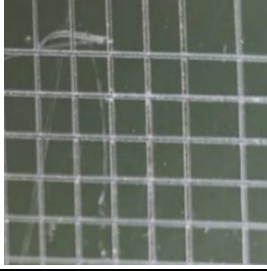
**Tabla 11.** Ficha de probeta ensayada a adherencia

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P2
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	5B	
	Adherencia:	100%	
	Criterio:	Los bordes de los cortes son completamente lisos; ninguno de los cuadros de la cuadrícula han sido desprendidos.	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	98%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
<p><b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.</p>			




**Tabla 12.** Ficha de probeta ensayada a adherencia

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P3
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	95%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
	Diagnóstico:	5B	
	Adherencia:	100%	
	Criterio:	Los bordes de los cortes son completamente lisos; ninguno de los cuadros de la cuadrícula han sido desprendidos.	
<b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.			

**Tabla 13.** Ficha de probeta ensayada a adherencia



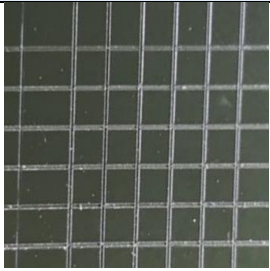
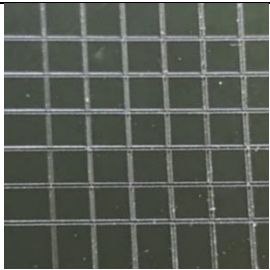
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P4
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	96%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
	Diagnóstico:	3B	
	Adherencia:	92%	
	Criterio:	Pequeñas secciones de recubrimiento han sido desprendidas a lo largo del borde y las intersecciones del corte.	
<b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.			

**Tabla 14.** Ficha de probeta ensayada a adherencia



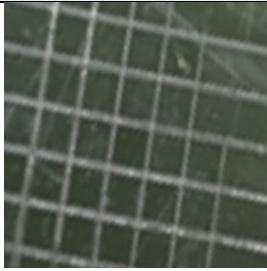
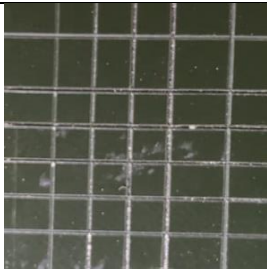
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Elaborado por:	Erick Manosalvas
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P5
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epoxica)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	96%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	98%	
	Criterio:	Pequeñas secciones de recubrimiento han sido desprendidas a lo largo del borde y las intersecciones del corte.	
<b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.			





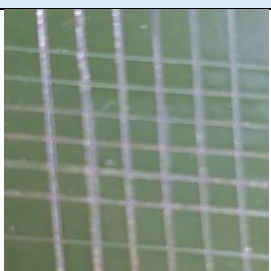
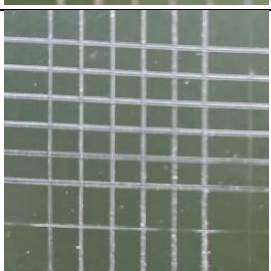
**Tabla 15.** Ficha de probeta ensayada a adherencia

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Elaborado por:	Erick Manosalvas
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P6
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	5B	
	Adherencia:	100%	
	Criterio:	Los bordes de los cortes son completamente lisos; ninguno de los cuadros de la cuadrícula han sido desprendidos.	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	97%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
<b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.			



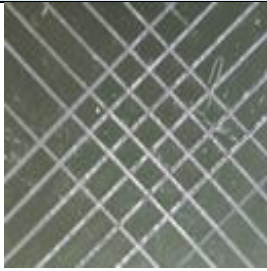
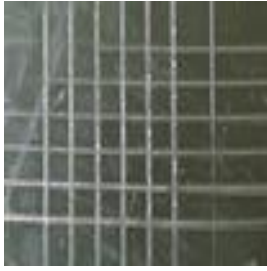
**Tabla 16.** Ficha de probeta ensayada a adherencia

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Elaborado por:	Erick Manosalvas
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P7
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	3B	
	Adherencia:	93%	
	Criterio:	Pequeñas secciones de recubrimiento han sido desprendidas a lo largo del borde y las intersecciones del corte.	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	96%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
<p><b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.</p>			



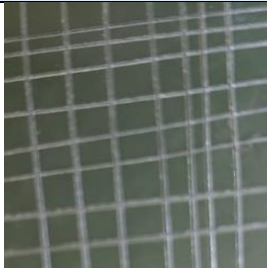
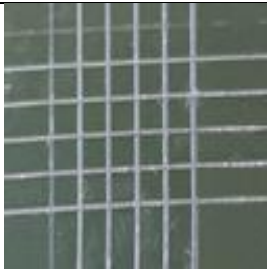
**Tabla 17.** Ficha de probeta ensayada a adherencia

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Elaborado por:	Erick Manosalvas
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P8
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	5B	
	Adherencia:	100%	
	Criterio:	Los bordes de los cortes son completamente lisos; ninguno de los cuadros de la cuadrícula han sido desprendidos.	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	98%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
<b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.			



**Tabla 18.** Ficha de probeta ensayada a adherencia

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P9
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	98%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
	Diagnóstico:	5B	
	Adherencia:	95%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
<b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.			





**Tabla 19.** Ficha de probeta ensayada a adherencia

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P10
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	98%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	98%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
<b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.			


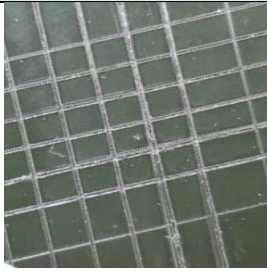
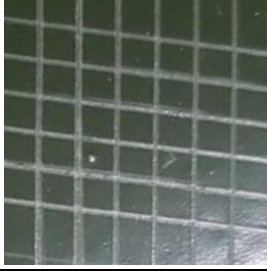
**Tabla 20.** Ficha de probeta ensayada a adherencia

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P11
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	95%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
	Diagnóstico:	3B	
	Adherencia:	93%	
	Criterio:	Pequeñas secciones de recubrimiento han sido desprendidas a lo largo del borde y las intersecciones del corte.	
<b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.			

**Tabla 21.** Ficha de probeta ensayada a adherencia



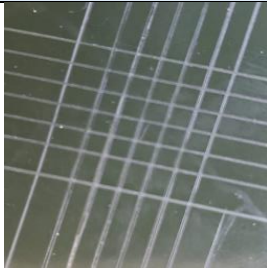

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P12
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	5B	
	Adherencia:	100%	
	Criterio:	Los bordes de los cortes son completamente lisos; ninguno de los cuadros de la cuadrícula han sido desprendidos.	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	92%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
<b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.			

**Tabla 22.** Ficha de probeta ensayada a adherencia




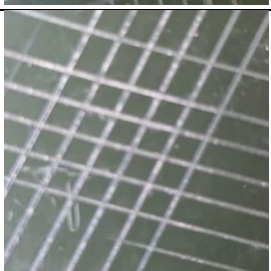
 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P13
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epoxica)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	96%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	97%	
	Criterio:	Pequeñas secciones de recubrimiento han sido desprendidas a lo largo del borde y las intersecciones del corte.	
<b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.			





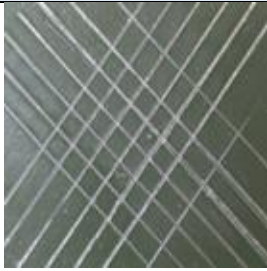
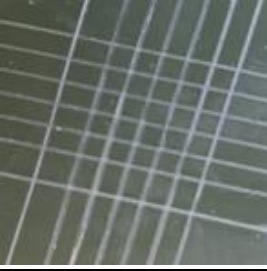
**Tabla 23.** Ficha de probeta ensayada a adherencia

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P14
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	5B	
	Adherencia:	100%	
	Criterio:	Los bordes de los cortes son completamente lisos; ninguno de los cuadros de la cuadrícula han sido desprendidos.	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	98%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
<b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.			

**Tabla 24.** Ficha de probeta ensayada a adherencia





 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P15
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	5B	
	Adherencia:	100%	
	Criterio:	Los bordes de los cortes son completamente lisos; ninguno de los cuadros de la cuadrícula han sido desprendidos.	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	96%	
	Criterio:	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.	
<b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.			

**Tabla 25.** Ficha de probeta ensayada a adherencia





 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de adherencia NTE INEN 1006			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P16
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	5B	
	Adherencia:	100%	
	Criterio:	Los bordes de los cortes son completamente lisos; ninguno de los cuadros de la cuadrícula han sido desprendidos.	
	Diagnóstico:	4B	
	Adherencia:	98%	
	Criterio:	Los bordes de los cortes son completamente lisos; ninguno de los cuadros de la cuadrícula han sido desprendidos.	
<b>Criterio de la norma:</b> Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.			

### 3.1.2. Prueba de impacto

**Tabla 26.** Ficha de probeta ensayada a impacto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P1
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	





**Tabla 27.** Ficha de probeta ensayada a impacto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P2
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	





**Tabla 28.** Ficha de probeta ensayada a impacto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P3
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	Falla	
	Criterio:	Se detectan rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	

**Tabla 29.** Ficha de probeta ensayada a impacto





 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P4
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	

**Tabla 30.** Ficha de probeta ensayada a impacto





 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P5
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epoxica)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	Falla	
	Criterio:	Se detecta rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Falla	
	Criterio:	Se detectan rupturas en la película	





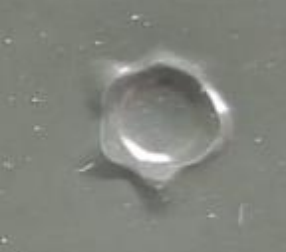
**Tabla 31.** Ficha de probeta ensayada a impacto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P6
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	





**Tabla 32.** Ficha de probeta ensayada a impacto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P7
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	





**Tabla 33.** Ficha de probeta ensayada a impacto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P8
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Falla	
	Criterio:	Se detectan rupturas en la película	





**Tabla 34.** Ficha de probeta ensayada a impacto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P9
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	





**Tabla 35.** Ficha de probeta ensayada a impacto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P10
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	




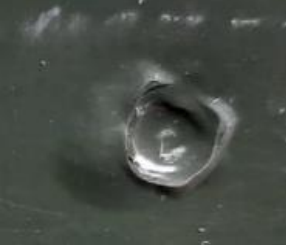
**Tabla 36.** Ficha de probeta ensayada a impacto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P11
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	Falla	
	Criterio:	Se detectan rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	

**Tabla 37.** Ficha de probeta ensayada a impacto





 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P12
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	

**Tabla 38.** Ficha de probeta ensayada a impacto





 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P13
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epoxica)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	Falla	
	Criterio:	Se detectan rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Falla	
	Criterio:	Se detectan rupturas en la película	







**Tabla 39.** Ficha de probeta ensayada a impacto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P14
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	

**Tabla 40.** Ficha de probeta ensayada a impacto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P15
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	

**Tabla 41.** Ficha de probeta ensayada a impacto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de impacto NTC 877			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P16
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	
	Diagnóstico:	Pasa	
	Criterio:	No se detectan rupturas en la película	

### 3.1.3. Prueba de doblez

**Tabla 42.** Ficha de probeta ensayada a doblez

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de doblez NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P1
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas		Resultados	
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	

**Tabla 43.** Ficha de probeta ensayada a dobléz

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de dobléz NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P2
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	

**Tabla 44.** Ficha de probeta ensayada a doblez

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de doblez NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P3
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico	NO PASA	
	% Elongación + F. Corrección	7 + (0,4 x 5)	
	Flexibilidad	9 %	
	Diagnóstico	NO PASA	
	% Elongación + F. Corrección	10 + (0,5 x 5)	
	Flexibilidad	12,5 %	

**Tabla 45.** Ficha de probeta ensayada a doblé

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de doblé NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P4
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	

**Tabla 46.** Ficha de probeta ensayada a doblez

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de doblez NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P5
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epoxica)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico	NO PASA	
	% Elongación + F. Corrección	5 + (0,35 x 5)	
	Flexibilidad	8,80 %	
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	



**Tabla 47.** Ficha de probeta ensayada a doblé

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de doblé NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P6
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	

**Tabla 48.** Ficha de probeta ensayada a dobléz

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de dobléz NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P7
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	

**Tabla 49.** Ficha de probeta ensayada a dobléz

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de dobléz NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P8
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	

**Tabla 50.** Ficha de probeta ensayada a dobléz

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de dobléz NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P9
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	

**Tabla 51.** Ficha de probeta ensayada a doblez

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de doblez NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P10
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico	NO PASA	
	% Elongación + F. Corrección	8 + (0,4 x 5)	
	Flexibilidad	10 %	
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	

**Tabla 52.** Ficha de probeta ensayada a doblé

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de doblé NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P11
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	

**Tabla 53.** Ficha de probeta ensayada a doblé

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de doblé NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P12
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	

**Tabla 54.** Ficha de probeta ensayada a dobles

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de dobles NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P13
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epoxica)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico	NO PASA	
	% Elongación + F. Corrección	15 + (0,75 x 5)	
	Flexibilidad	18,8 %	
	Diagnóstico	NO PASA	
	% Elongación + F. Corrección	12 + (0,8 x 5)	
	Flexibilidad	16 %	



**Tabla 55.** Ficha de probeta ensayada a doblé

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de doblé NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P14
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	

**Tabla 56.** Ficha de probeta ensayada a doblé



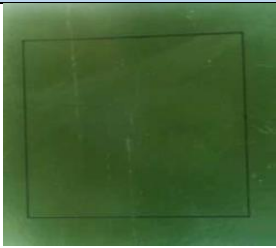
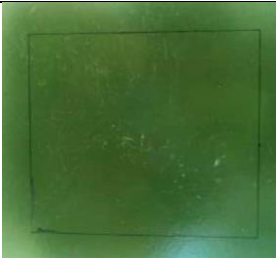
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de doblé NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P15
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	

**Tabla 57.** Ficha de probeta ensayada a doblé



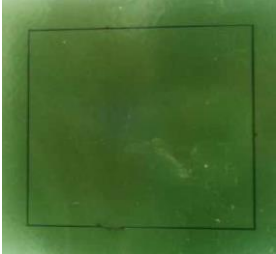
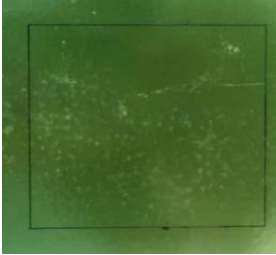
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
Ficha de recolección y tabulación de datos			
Ensayo de doblé NTE INEN 1002:98			
Datos informativos			
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Ecuatran S.A. Ambato Ecuador		
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P16
Parámetros del ensayo			
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °
Espesor de pintura	< 125 micras		
Resultados			
Probetas	Resultados		
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	
	Diagnóstico	PASA	
	% Elongación + F. Corrección	N/A	
	Flexibilidad	32 %	

### 3.1.4. Prueba de corrosión



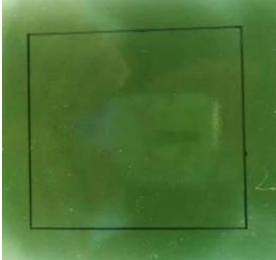
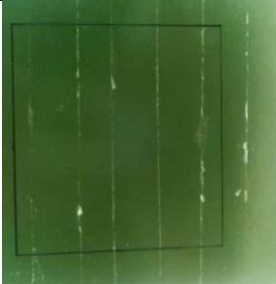
**Tabla 58.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P1			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)			
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H - P1		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P1.1		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento



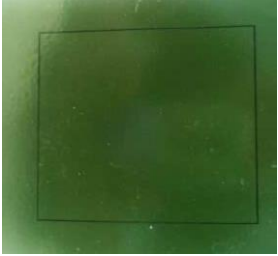
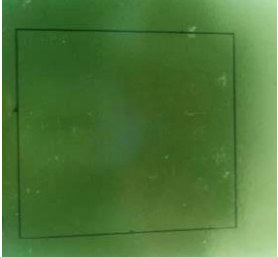
**Tabla 59.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P2			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)			
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H - P2		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P2.2		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento



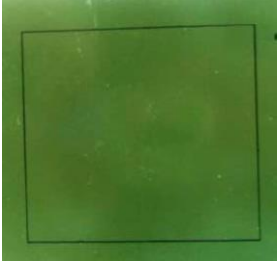
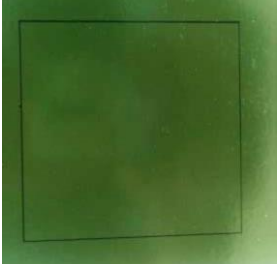
**Tabla 60.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P3			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)			
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H - P3		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P3.3		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

**Tabla 61.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)



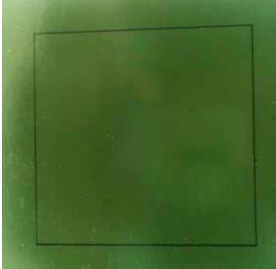
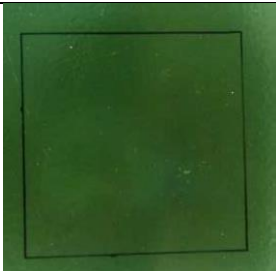
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P4			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)			
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P4		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P4.4		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

**Tabla 62.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)



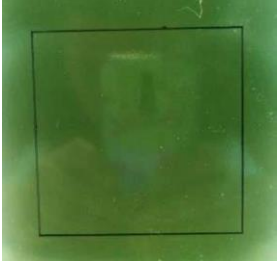
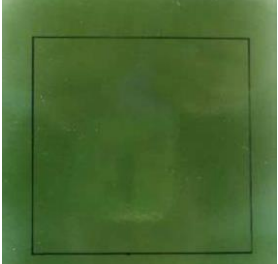
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P5			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epoxica)			
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P5		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P5.5		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento





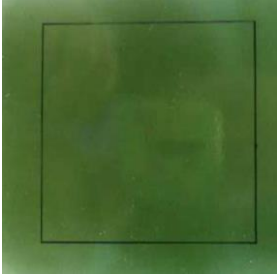
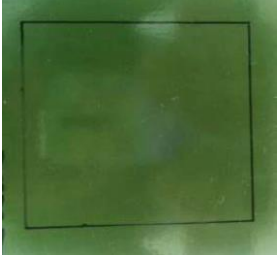
**Tabla 63.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P6			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)			
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P6		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P6.6		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento



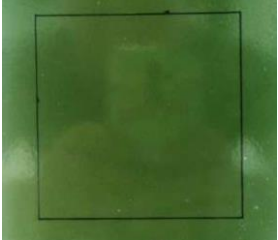
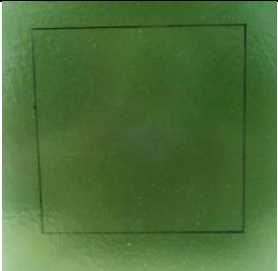
**Tabla 64.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P7			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)			
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P7		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P7.7		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento



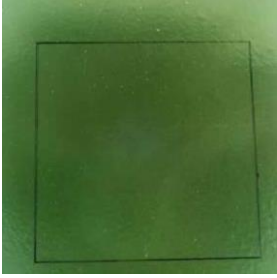
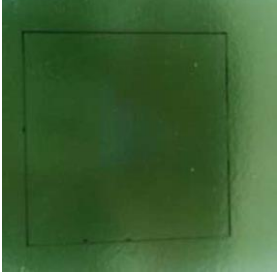
**Tabla 65.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P8			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)			
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P8		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P8.8		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento



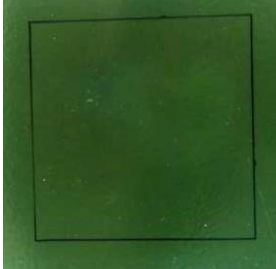
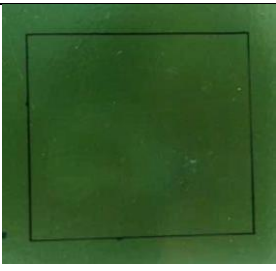
**Tabla 66.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P9			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)			
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P9		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P9.9		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento



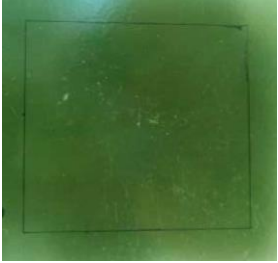
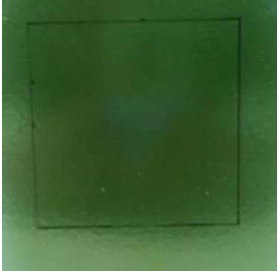
**Tabla 67.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P10			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)			
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P10		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P10.10		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento



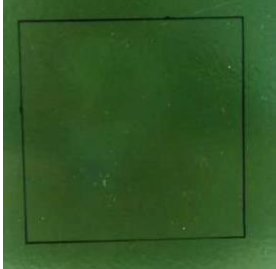
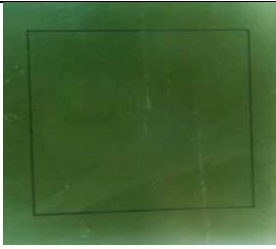
**Tabla 68.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P11			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)			
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	150 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P11		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11.11		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

**Tabla 69.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)



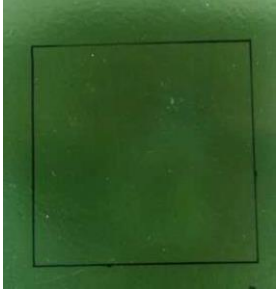
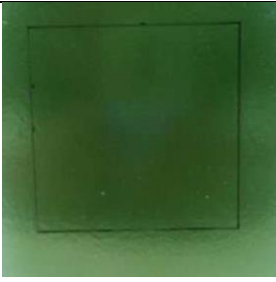
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P12			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)			
Preparación superficial	Granallado	Temperatura de curado	180 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P12		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P12.10		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

**Tabla 70.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)



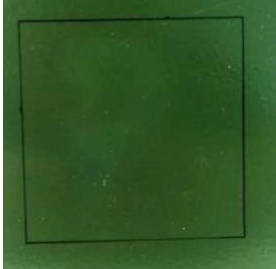
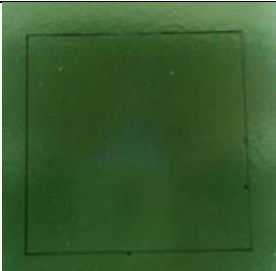
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P13			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epoxica)			
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P13		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P13.13		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento





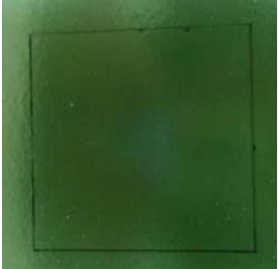
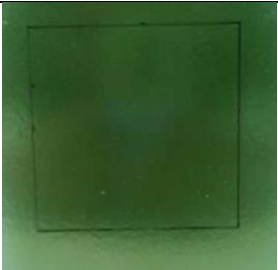
**Tabla 71.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P14			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Bicapa (epóxica)			
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P14		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P14.14		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

**Tabla 72.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P15			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)			
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	150 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P15		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P15.15		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

**Tabla 73.** Ficha de probeta ensayada a corrosión (Cámara Salina)

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div> 						
Ficha de recolección y tabulación de datos						
Ensayo de corrosión ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 - 02						
Datos informativos						
Fecha de ejecución:	21/06/2021	Cuidad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero					
Elaborado por:	Erick Manosalvas	Revisado:	Ing. Oscar Analuiza			
Tipo de estudio:	Experimental	Codificación:	P16			
Parámetros del ensayo						
Pintura (Acabado)	Poliuretano	Número de capas (Base)	Tricapa (epoxi-zinc)			
Preparación superficial	Fosfatizado	Temperatura de curado	180 °			
Espesor de pintura	< 125 micras					
Resultados						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P16		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P16.116		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

### 3.2. Análisis de resultados

#### 3.2.1. Tabulación de datos

Por el tipo de análisis a realizar en cada una de las propiedades, se tienen un análisis estadístico inferencia (Taguchi) y un análisis descriptivo. Es así que, en la Tabla 8 se tabulan los datos para el primero de estos análisis.

**Tabla 74.** Tabulación de datos para el análisis estadístico de adherencia e impacto

Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Capas	Temp. Curado [°C]	Adherencia [%]	Energía [J]
1	Poliuretano	Granallado	Bicapa	150	97%	6,475
2	Poliuretano	Granallado	Bicapa	150	100%	6,082
3	Poliuretano	Granallado	Bicapa	180	100%	5,690
4	Poliuretano	Granallado	Bicapa	180	98%	5,690
5	Poliuretano	Granallado	Tricapa	150	95%	5,101
6	Poliuretano	Granallado	Tricapa	150	100%	5,494
7	Poliuretano	Granallado	Tricapa	180	96%	6,278
8	Poliuretano	Granallado	Tricapa	180	92%	5,690
9	Poliuretano	Fosfatizado	Bicapa	150	96%	4,513
10	Poliuretano	Fosfatizado	Bicapa	150	98%	3,924
11	Poliuretano	Fosfatizado	Bicapa	180	100%	5,886
12	Poliuretano	Fosfatizado	Bicapa	180	97%	5,690
13	Poliuretano	Fosfatizado	Tricapa	150	93%	5,690
14	Poliuretano	Fosfatizado	Tricapa	150	96%	6,278
15	Poliuretano	Fosfatizado	Tricapa	180	100%	5,690
16	Poliuretano	Fosfatizado	Tricapa	180	98%	5,101

Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Capas	Temp. Curado [°C]	Adherencia [%]	Energía [J]
17	Acrílico	Granallado	Bicapa	150	98%	4,905
18	Acrílico	Granallado	Bicapa	150	95%	6,082
19	Acrílico	Granallado	Bicapa	180	98%	6,082
20	Acrílico	Granallado	Bicapa	180	98%	5,886
21	Acrílico	Granallado	Tricapa	150	96%	4,905
22	Acrílico	Granallado	Tricapa	150	93%	5,297
23	Acrílico	Granallado	Tricapa	180	100%	6,082
24	Acrílico	Granallado	Tricapa	180	98%	6,278
25	Acrílico	Fosfatizado	Bicapa	150	96%	4,316
26	Acrílico	Fosfatizado	Bicapa	150	97%	4,120
27	Acrílico	Fosfatizado	Bicapa	180	100%	6,082
28	Acrílico	Fosfatizado	Bicapa	180	98%	5,690
29	Acrílico	Fosfatizado	Tricapa	150	100%	5,494
30	Acrílico	Fosfatizado	Tricapa	150	96%	6,082
31	Acrílico	Fosfatizado	Tricapa	180	98%	5,690
32	Acrílico	Fosfatizado	Tricapa	180	100%	6,475

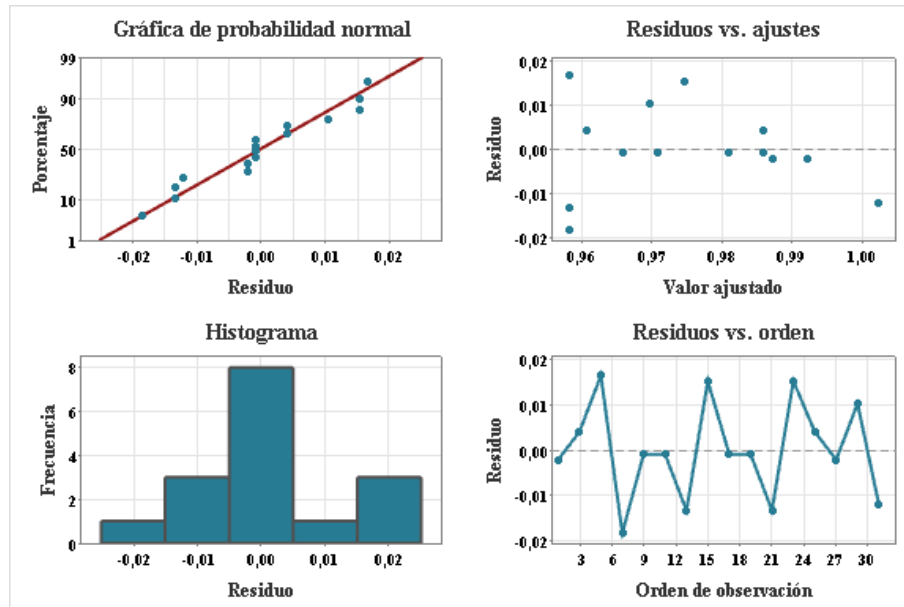
Los datos se disponen en función de la matriz de diseño generada en apartados anteriores, estos se organizan para analizar el diseño de Taguchi.

### 3.2.2. Análisis estadístico de los resultados

Para efectuar el análisis estadístico de los datos del ensayo de adherencia y del ensayo a impacto, se dispone el proceso para cada uno de los resultados de cada ensayo, abordando primero la revisión de los supuestos, luego el análisis de la varianza y finalmente la revisión de los efectos.

### 3.2.2.1. Análisis del ensayo de adherencia

Dentro del análisis se inicia con la revisión de los supuestos paramétricos dentro de los residuos de los datos, la que se revisa en la Figura 12.



**Figura 12.** Verificación de supuestos, ensayo de adherencia

Con la revisión de supuestos paramétricos en las gráficas, en la que se verifica el cumplimiento de la normalidad de los datos, debido a la visualización de cercanía de los puntos a la línea de tendencia en la gráfica de probabilidad normal. Además, se verifica el supuesto de igualdad de varianzas, debido a la distribución uniforme de los puntos en la banda central del gráfico de Residuos versus ajustes.

Finalmente se tienen la verificación de la independencia de residuos, con la visualización de una distribución aleatoria de los puntos en la gráfica de Residuos versus orden. Con todo lo antes comentado, se procede a efectuar el respectivo análisis de la varianzas.

### Análisis de Varianza de Medias

Dentro del análisis de varianzas de las medias, se tiene la tabla del ANOVA, en la que se tiene las fuentes de variabilidad y el nivel de significancia de cada una de ellas en el Valor P.

**Tabla 75.** ANOVA de Medias del Porcentaje de Adherencia

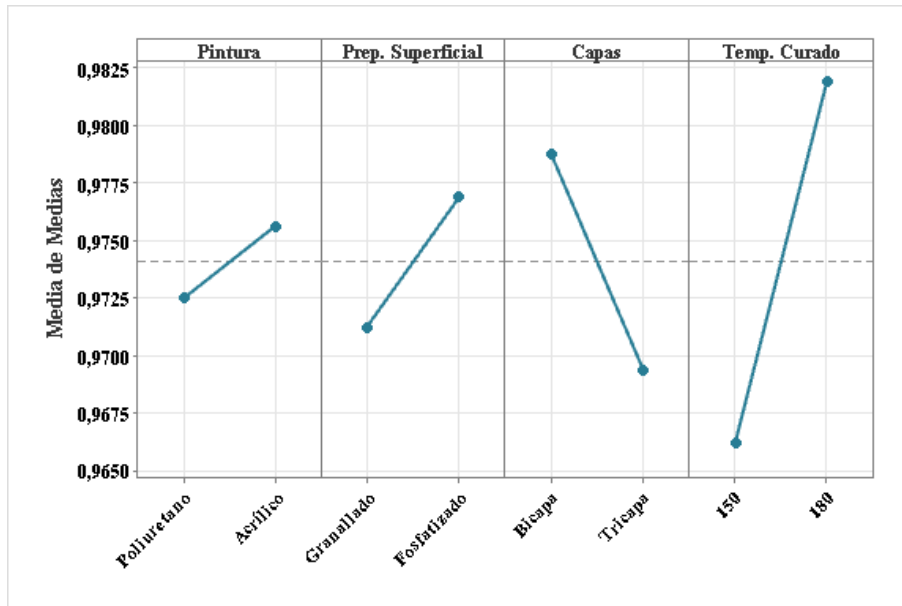
<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
Pintura	1	0,000039	0,000039	0,11	0,752
Prep. Superficial	1	0,000127	0,000127	0,36	0,573
Capas	1	0,000352	0,000352	1,01	0,362
Temp. Curado	1	0,000977	0,000977	2,80	0,155
Pintura*Prep. Superficial	1	0,000127	0,000127	0,36	0,573
Pintura*Capas	1	0,000452	0,000452	1,29	0,307
Pintura*Temp. Curado	1	0,000264	0,000264	0,76	0,424
Prep. Superficial*Capas	1	0,000264	0,000264	0,76	0,424
Prep. Superficial*Temp. Curado	1	0,000264	0,000264	0,76	0,424
Capas*Temp. Curado	1	0,000002	0,000002	0,00	0,949
Error residual	5	0,001745	0,000349		
Total	15	0,004611			

Con el análisis de la varianza, se tiene un modelo de regresión que explica la variabilidad de las mediciones en un 62,15 %, el cual refleja la bondad de ajuste del modelo generado.

Con el análisis se entiende que uno de los términos que mayor influencia tienen sobre las mediciones de adherencia es la temperatura de curado.

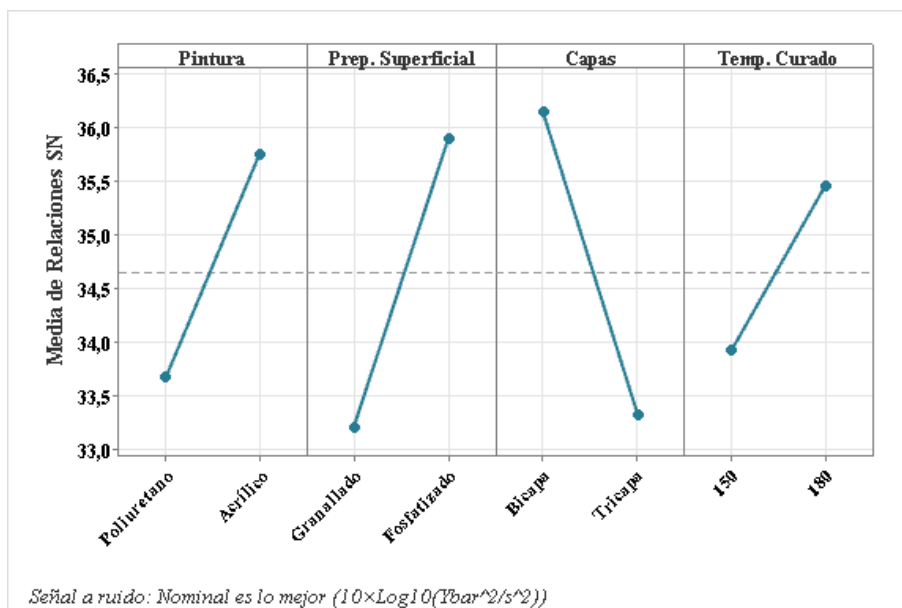
#### **Grafica de efectos principales**

Dando apoyo a los valores presentados con la tabla del ANOVA, se tiene la gráfica de efectos principales y la gráfica de efectos señal ruido, en la primera de estas se muestra la importancia que tiene el variar la temperatura de curado sobre el valor del porcentaje de adherencia, esta interpretación se da, en concordancia a lo expresado en el párrafo anterior.



**Figura 13.** Efectos principales, ensayo de adherencia

Además, en la Figura 13, se revisa que el siguiente factor de importancia es el número de capas, presentándose mayores porcentajes de adherencia en la Bicapa.



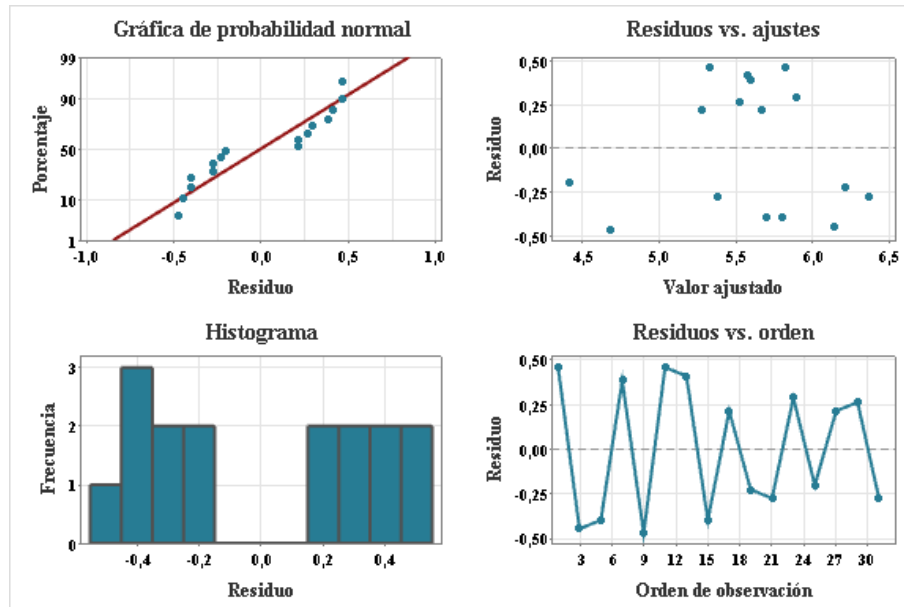
**Figura 14.** Graficas de efectos señal ruido de la adherencia

En la Figura 14 se puede revisar la gráfica efectos señal ruido de la adherencia, en la que, se tienen una marcada relevancia del número de capas, es así que la relación de esta señal es más débil en la Tricapa. Al número de capas, le sigue la relevancia del tipo de preparación superficial.



### 3.2.2.2. Análisis del ensayo de impacto

Así como en la propiedad anterior, se inicia el análisis con la revisión de los supuestos paramétricos dentro de los residuos de los datos, la que se revisa en la Figura 15.



**Figura 15.** Verificación de supuestos, ensayo de impacto

Con la revisión de supuestos paramétricos en las gráficas, en la que se verifica el cumplimiento de la normalidad de los datos, debido a la visualización de cercanía de los puntos a la línea de tendencia en la gráfica de probabilidad normal. Además, se verifica el supuesto de igualdad de varianzas, debido a la distribución uniforme de los puntos en la banda central del gráfico de Residuos versus ajustes.

Finalmente se tienen la verificación de la independencia de residuos, con la visualización de una distribución aleatoria de los puntos en la gráfica de Residuos versus orden. Con todo lo antes comentado, se procede a efectuar el respectivo análisis de la varianzas.

### Análisis de Varianza de Medias

Dentro del análisis de varianzas de las medias, se tiene la tabla del ANOVA, en la que se tiene las fuentes de variabilidad y el nivel de significancia de cada una de ellas en el Valor p.

**Tabla 76.** ANOVA de Medias de la Energía de Impacto

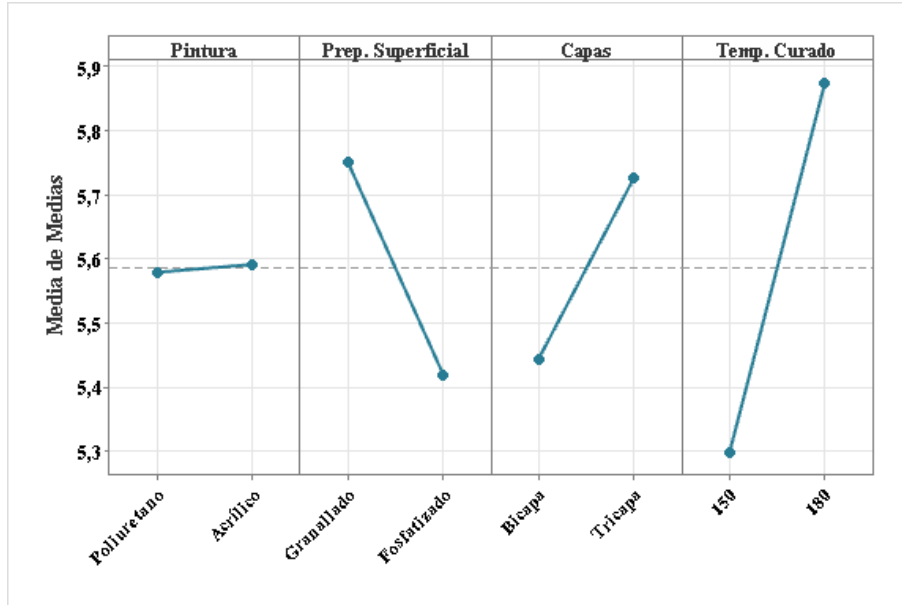
<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
Pintura	1	0,00060	0,00060	0,00	0,970
Prep. Superficial	1	0,43848	0,43848	1,11	0,340
Capas	1	0,31818	0,31818	0,81	0,410
Temp. Curado	1	1,32866	1,32866	3,37	0,126
Pintura*Prep. Superficial	1	0,07278	0,07278	0,18	0,685
Pintura*Capas	1	0,04872	0,04872	0,12	0,740
Pintura*Temp. Curado	1	0,37592	0,37592	0,95	0,374
Prep. Superficial*Capas	1	1,01108	1,01108	2,56	0,170
Prep. Superficial*Temp. Curado	1	0,10165	0,10165	0,26	0,633
Capas*Temp. Curado	1	0,17383	0,17383	0,44	0,536
Error residual	5	1,97104	0,39421		
Total	15	5,84093			

Con el análisis de la varianza, se tiene un modelo de regresión que explica la variabilidad de las mediciones en un 66,25 %, el cual refleja la bondad de ajuste del modelo generado.

Con el análisis se entiende que uno de los términos que mayor influencia tienen sobre las mediciones de impacto, al igual que en el caso anterior, es la temperatura de curado.

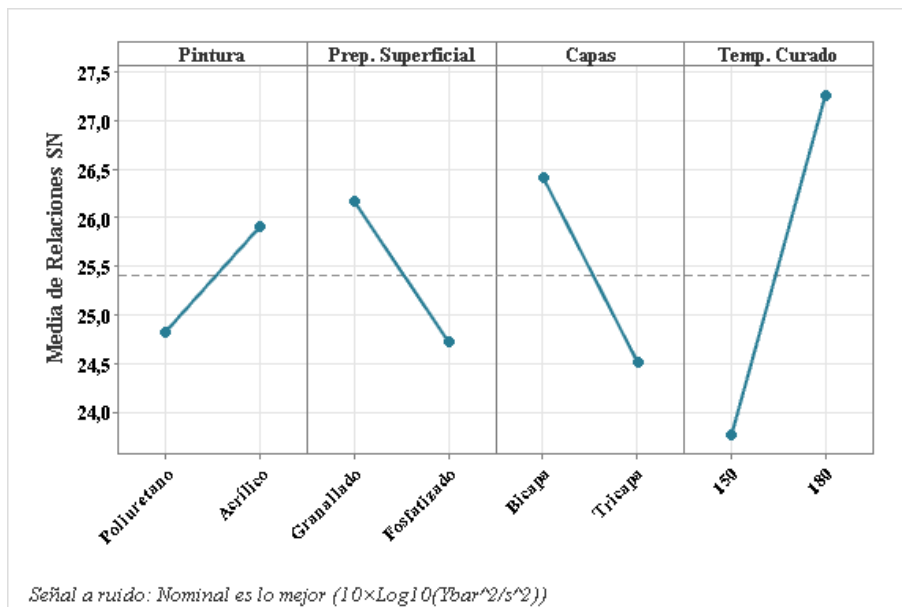
### **Grafica de efectos principales**

Dando apoyo a los valores presentados con la tabla del ANOVA, se tiene la gráfica de efectos principales y la gráfica de efectos señal ruido, en la primera de estas se muestra la importancia que tiene el variar la temperatura de curado sobre el valor del porcentaje de adherencia, esta interpretación se da, en concordancia a lo expresado en el párrafo anterior.



**Figura 16.** Efectos principales, energía de impacto

Además, en la figura 16, se revisa que el siguiente factor de importancia es el tipo de preparación superficial, presentándose mayores valores de la energía media de fallo es el granallado.











**Figura 17.** Grafica de efectos señal ruido de la energía de impacto











En la Figura 17 se puede revisar la gráfica efectos señal ruido de la energía de impacto, en la que, se tienen una marcada relevancia de la temperatura de curado, es así que la relación de esta señal es más fuerte a una temperatura de 180 °C. A la temperatura de curado, le sigue la relevancia del número de capas sobre la relación señal ruido.











### 3.2.3. Tabulación de datos para revisión descriptiva








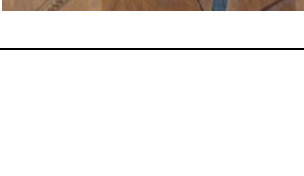
#### 3.2.3.1. Datos de la prueba de mandril cónico







Tabla 77. Pruebas de mandril cónico

Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Capas Base	Temp. Curado [°C]	Probeta 1				Probeta 2			
					Diagnóst.		% Elong. + F. Corr	Flexib.	Diagnóst.		% Elong. + F. Corr	Flexib.
1	Poliuretano	Granallado	Bicapa	150	PASA		N/A	32%	PASA		N/A	32%
2	Poliuretano	Granallado	Bicapa	180	PASA		N/A	32%	PASA		N/A	32%
3	Poliuretano	Granallado	Tricapa	150	NO PASA		7 + (0,4 x 5)	9%	NO PASA		10 + (0,5 x 5)	12.5%

Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Capas Base	Temp. Curado [°C]	Probeta 1				Probeta 2			
					Diagnóst.		% Elong. + F. Corr	Flexib.	Diagnóst.		% Elong. + F. Corr	Flexib.
4	Poliuretano	Granallado	Tricapa	180	PASA		N/A	32%	PASA		N/A	32%
5	Poliuretano	Fosfatizado	Bicapa	150	NO PASA		5 + (0,35 x 5)	8,80%	PASA		N/A	32%
6	Poliuretano	Fosfatizado	Bicapa	180	PASA		N/A	32%	PASA		N/A	32%
7	Poliuretano	Fosfatizado	Tricapa	150	PASA		N/A	32%	PASA		N/A	32%

Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Capas Base	Temp. Curado [°C]	Probeta 1				Probeta 2			
					Diagnóst.		% Elong. + F. Corr	Flexib.	Diagnóst.		% Elong. + F. Corr	Flexib.
8	Poliuretano	Fosfatizado	Tricapa	180	PASA		N/A	32%	PASA		N/A	32%
9	Acrílico	Granallado	Bicapa	150	PASA		N/A	32%	PASA		N/A	32%
10	Acrílico	Granallado	Bicapa	180	NO PASA		8 + (0,4 x 5)	10%	PASA		N/A	32%
11	Acrílico	Granallado	Tricapa	150	PASA		N/A	32%	PASA		N/A	32%

Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Capas Base	Temp. Curado [°C]	Probeta 1				Probeta 2			
					Diagnóst.		% Elong. + F. Corr	Flexib.	Diagnóst.		% Elong. + F. Corr	Flexib.
12	Acrílico	Granallado	Tricapa	180	PASA		N/A	32%	PASA		N/A	32%
13	Acrílico	Fosfatizado	Bicapa	150	NO PASA		15 + (0,75 x 5)	18,8%	NO PASA		12 + (0,8 x 5)	16%
14	Acrílico	Fosfatizado	Bicapa	180	PASA		N/A	32%	PASA		N/A	32%

Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Capas Base	Temp. Curado [°C]	Probeta 1				Probeta 2			
					Diagnóst.		% Elong. + F. Corr	Flexib.	Diagnóst.		% Elong. + F. Corr	Flexib.
15	Acrílico	Fosfatizado	Tricapa	150	PASA		N/A	32%	PASA		N/A	32%
16	Acrílico	Fosfatizado	Tricapa	180	PASA		N/A	32%	PASA		N/A	32%

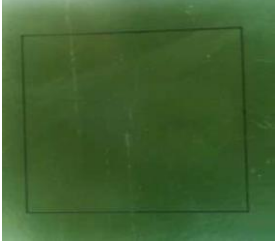
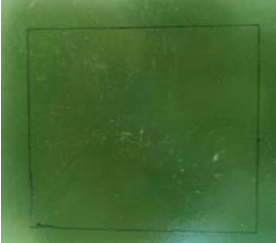
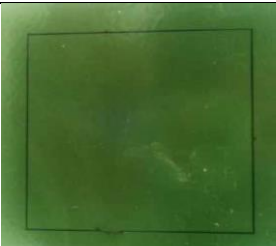
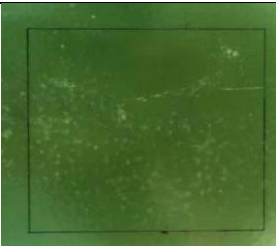


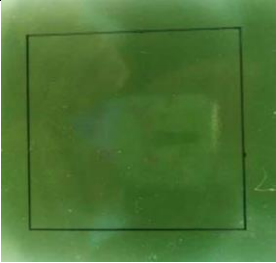
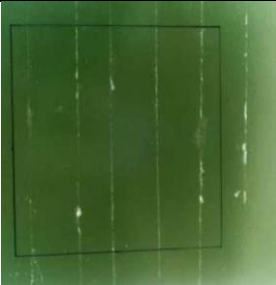
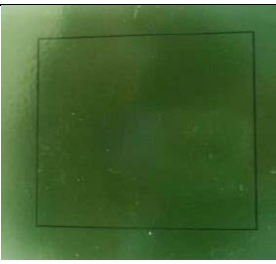
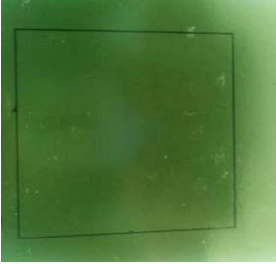
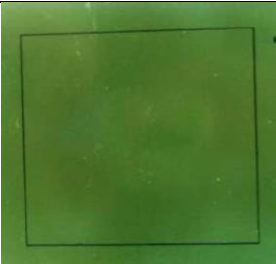
En la Tabla 11, se puede revisar que las combinaciones 3, 5, 10 y 13 presentan fallas, por lo que se puede considerar que dichas probetas no pasan

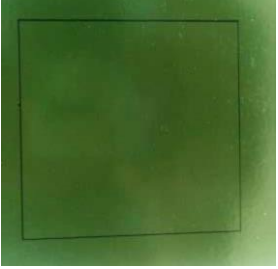
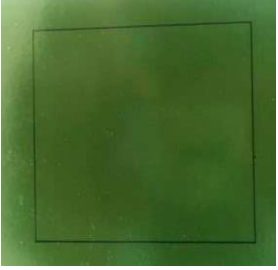
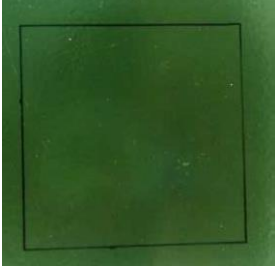
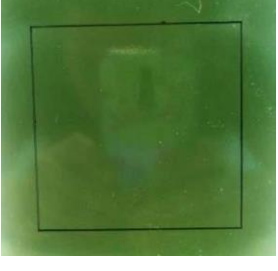
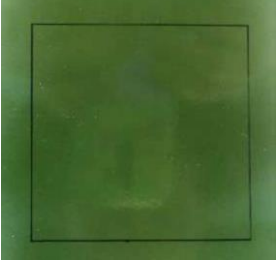
### 3.2.3.2. Datos de la prueba de corrosión

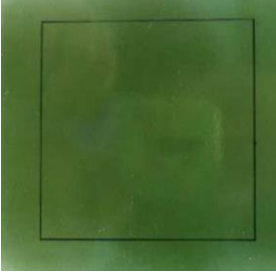
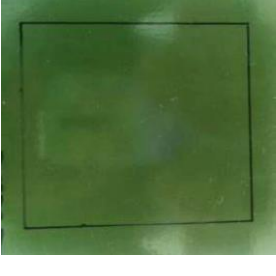
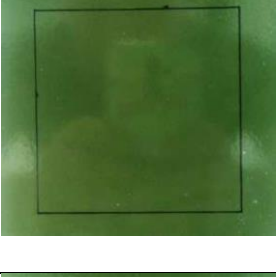
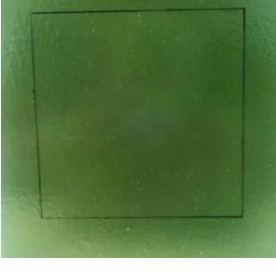
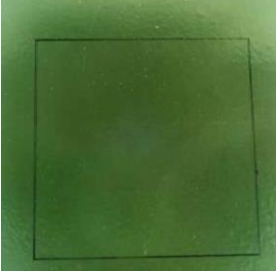
La información recabada con el ensayo de corrosión se dispone en la Tabla 78.

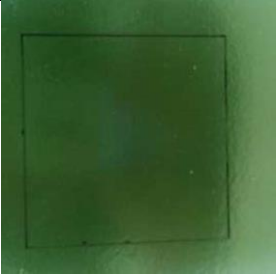
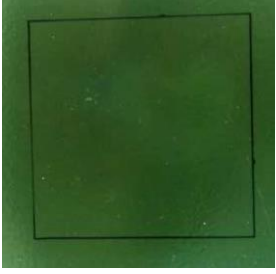
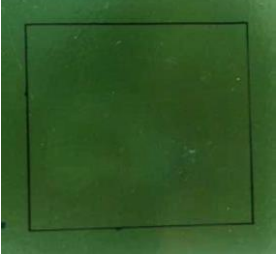
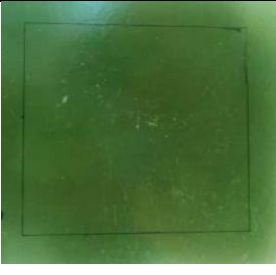
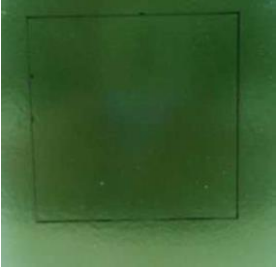
**Tabla 78.** Prueba de corrosión (Cámara Salina)

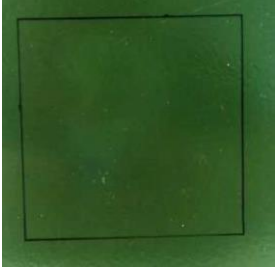
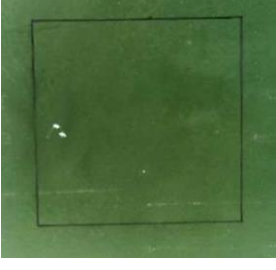
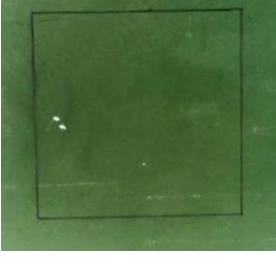
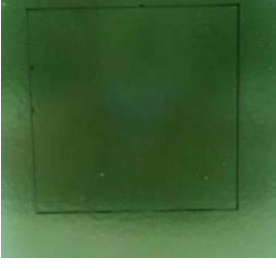
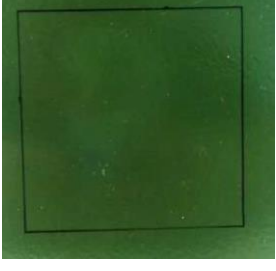
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H - P1		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P1.1		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P2		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P2.2		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

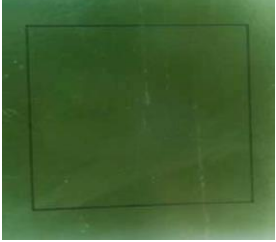
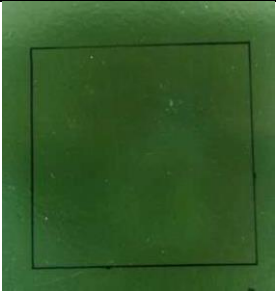
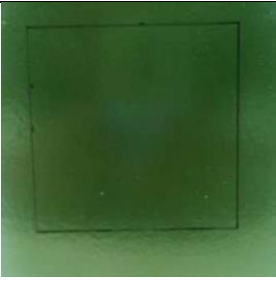
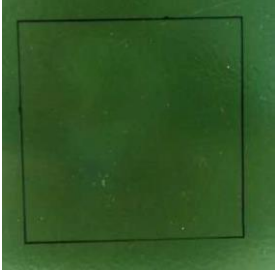
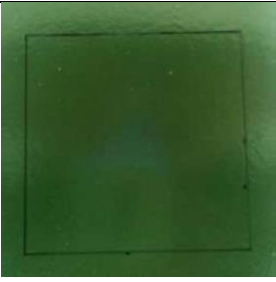
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H - P3		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P3.3		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P4		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P4.4		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P5		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

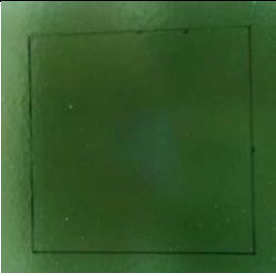
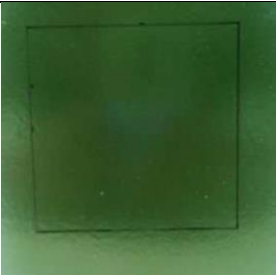
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P5.5		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P6		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P6.6		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P7		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P7.7		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P8		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P8.8		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P9		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P9.9		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P10		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P10.10		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11.11		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P12		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P10.10		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P11		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11.11		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P12		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P12.12		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P13		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P13.13		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P14		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P14.14		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P15		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P15.15		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P16		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P16.116		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

Dentro de este ensayo, se puede evidenciar que no se presentan ampollamientos en ninguno de los casos, por lo que se puede dar por entendido que las probetas cuentan con las especificaciones requeridas y todos los casos son satisfactorios.

**Tabla 79.** Cuadro de resumen del proceso óptimo para la aplicación de pintura líquida

INDICADOR	ÍTEM	COMPONENTES
Tipo de pintura	Epóxica	INTERGARD 251, TINTURADO INTERTHANE 990
Preparación superficial	Granallado	GRANALLA METÁLICA (ACERO INOXIDABLE)
Número de capas	Tricapa	BASE ZINC, INTERGARD 251, TINTURADO INTERTHANE 990
Temperatura de curado	180°	-----

En base a los resultados obtenidos luego de realizados los ensayos, se determina que el tipo de pintura apropiado para el uso en componentes de transformadores es epóxica, con una preparación superficial a base de granalla metálica, con una aplicación de tres capas y un máximo de 150 micras de espesor, todo esto realizado en un tiempo de curado de 1 hora, a 180°C



### 3.3. Verificación de hipótesis

Las hipótesis a evaluar son las siguientes:

H0: El análisis del proceso de aplicación de pintura líquida para componentes de transformadores, no mejorará la resistencia del recubrimiento bajo ambientes controlados.

H1: El análisis del proceso de aplicación de pintura líquida para componentes de transformadores, mejorará la resistencia del recubrimiento bajo ambientes controlados.

Para la verificación de la hipótesis se emplea el análisis de las respuestas combinadas del porcentaje de adherencia y de la energía de impacto, este análisis se plasma en la siguiente tabla.

**Tabla 80.** ANOVA de las respuestas combinadas

Fuente	GL	SC Ajuste.	MC Ajust.	Valor F	Valor P	Contrib.
Modelo	10	0,4282	0,0428	549,55	0,000	99,91%
Temp. Curado	1	0,2071	0,2071	2657,84	0,000	43,48%
Pintura	1	0,0001	0,0001	0,91	0,383	0,47%
Prep. Superficial	1	0,0266	0,0266	341,08	0,000	1,53%
Capas	1	0,0849	0,0849	1089,91	0,000	0,01%
Temp. Curado*Pintura	1	0,0477	0,0477	612,74	0,000	11,14%
Temp. Curado*Prep. Superf.	1	0,0300	0,0300	385,32	0,000	7,01%
Temp. Curado*Capas	1	0,0075	0,0075	96,41	0,000	1,75%
Pintura*Prep. Superficial	1	0,0140	0,0140	179,68	0,000	3,27%
Pintura*Capas	1	0,0317	0,0317	406,48	0,000	7,39%
Prep. Superficial*Capas	1	0,1023	0,1023	1312,35	0,000	23,86%
Error	5	0,0004	0,0001			0,09%
Total	15	0,4286				100,00%

Se enfatiza que, los parámetros más relevantes son: la temperatura de curado y las interacciones de la temperatura de curado con el tipo de tintura, así como la interacción entre temperatura de curado con el tipo de preparación superficial y entre el tipo de preparación superficial y el número de capas.

Cabe recalcar que, debido al Valor p de 0,383, el tipo de pintura por sí solo no es relevante, sin embargo, este factor se vuelve relevante al conjugarse con la Temperatura de Curado o con las Capas.

Se revisa que el modelo tiene un Valor-p < .001; lo cual, al ser menor de 0,05 hace que se rechace la hipótesis nula. Esto da a entender que, el análisis del proceso de aplicación de pintura líquida para componentes de transformadores, mejorará la resistencia del recubrimiento bajo ambientes controlados.

## **CAPITULO IV. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. Conclusiones**

Con el trabajo desarrollado se tienen las siguientes conclusiones, los cuales resuelven los objetivos planteados:

- Se desarrolló una investigación exhaustiva respecto a la pintura líquida, dentro de la que se abordó características y tipos de esta, además se revisó su aplicación y ensayos a realizar, todo esto queda contenido en el apartado teórico, la información permitió obtener los parámetros de control, tales como la temperatura de curado, el tipo de pintura, la preparación superficial y el número de capas; esto para una gestión adecuada de la calidad del recubrimiento de los gabinetes de los transformadores en la línea 1F (monofásico) y 3F (trifásico).
- La investigación bibliográfica y la revisión del proceso de pintura de los gabinetes de los transformadores en la línea 1F (monofásico) y 3F (trifásico), permitió definir los parámetros o factores de entrada a controlar los cuales fueron: tipo de pintura, preparación superficial, número de capas y temperatura de curado. Con los factores en mención se aplicó el diseño de experimentos adecuado, el cual fue el Diseño de Taguchi L32, cuya matriz de diseño describe los ambientes controlados para su correspondiente evaluación.
- En base a las distintas normas abordadas para cada uno de los ensayos, la cuales fueron las siguientes: adherencia (NTE INEN 1006), impacto (NTC 877), dobles (NTE INEN 1002:98) y cámara salina (ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 – 02), se logró identificar los criterios que el recubrimiento, tales como la flexibilidad de la pintura, la visualización de ampollamientos, el porcentaje de pintura deprendida.
- Tras el desarrollo del análisis estadístico a través del diseño de Taguchi, se logra evaluar los resultados de las propiedades de adherencia e impacto. El análisis demostró de uno de los parámetros de mayor peso es la temperatura de curado, la cual presenta mejores resultados a temperaturas más altas de curado (180 °C).

- El análisis estadístico de las propiedades de adherencia e impacto, señalaron que, el tipo de pintura se ve influenciado por la temperatura de curado; asimismo, se tienen que el comportamiento que presenta el componente a los diferentes tipos de preparación superficie dependen del número de capas (Bicapa o Tricapa).
- Con el análisis descriptivo se conoce que, la probeta 3 (Acabado en poliuretano, preparación superficial de granallado, base de tricapa, curada a 150°C), la probeta 5 (Acabado en poliuretano, preparación superficial de fosfatizado, base de bicapa, curada a 150°C), la probeta 10 (Acabado en acrílico, preparación superficial de granallado, base de bicapa, curada a 180°C), la probeta 13 (Acabado en poliuretano, preparación superficial de fosfatizado, base de bicapa, curada a 150°C), mostraron ser las más afectadas ante la prueba de mandril cónico (doblez), esto se entendió, debido a que se evidenciaron claras afectaciones a la vista.

## 4.2. Recomendaciones

Se presentan las siguientes recomendaciones en base a los resultados obtenidos:

- Se recomienda curar los componentes de los transformadores a temperaturas relativamente altas para conseguir buenas propiedades de la pintura, específicamente de adherencia y al impacto.
- Para obtener componentes con recubrimientos enfocados en la mejor adherencia de estos, se recomienda incurrir en la preparación superficial de fosfatizado, tener una base de bicapa y tener una temperatura de curado de 180 °C.
- Para aprovechar adecuadamente las propiedades de las probetas al impacto, es preciso tener una preparación superficial de granallado, tener una base de tricapa y una temperatura de curado de 180 °C.
- De acuerdo a la accesibilidad económica se puede optar por efectuar diseños más económicos, por ejemplo, diseños factoriales fraccionados, siempre y cuando, estén apegados a los objetivos de la investigación a desarrollar. En caso de requerir un diseño igual de robusto, recurrir dentro de la metodología de Taguchi a un diseño L8 o L16.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Buchheit, «Corrosion Resistant Coatings and Paints,» de *Handbook of Environmental Degradation of Materials*, Ohio, Metal Handbook, 2012, pp. 500-520.
- [2] O. Rodríguez de la Fuente, N. Carmona y S. Calvo, *Design and development of icephobic coatings based on sol-gel/modified polyurethane paints*, Madrid: ELSEVIER, 2020.
- [3] J. Spardha , M. Enekvist, X. Liang, X. Zhang, K. Dam-Johansen y G. M. Kontogeorgis, *A review of computer-aided design of paints and coatings*, Denmark: ELSEVIER, 2020.
- [4] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, «Guía para manejo seguro y gestión ambiental,» Consejo Colombiano de Seguridad, Bogotá, 2022.
- [5] C. Andaluz y A. Manzano, *Tecnología de pinturas y recubrimientos*, Buenos Aires: edUTecNe, 2009.
- [6] F. . X. Catagña , *Análisis comparativo de los ensayos para pinturas y recubrimientos bajo normas INEN*, Quito: SolucionesTH, 2008.
- [7] P. E. Parrilla, *Pinturas y Revestimientos*, Guatemala: ArquitectModerd, 2014.
- [8] C. A. Giudice, «Protección de Materiales,» Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, 2006.
- [9] COMINTEC, «Pinturas y recubrimientos,» Konica Minolta, México, 2015.
- [10] C. Andaluz y A. Montero , «Métodos de la aplicación para pinturas y recubrimientos,» Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnologías de Pinturas, Colombia, 2012.
- [11] I. Ramírez Alfaro y E. Zaldaña Umanzor, «Estudio comparativo de productos anticorrosivos base agua aplicados en láminas lisas galvanizadas,» Universidad de El Salvador, Ciudad Universitaria, 2022.
- [12] R. Mayorga Chavez, «Análisis de recubrimientos utilizados sobre el material compuesto (fibra de carbono + resina epoxi) y su incidencia en la calidad de las

- aeronaves fabricadas en el centro de investigación y desarrollo de la fuerza aérea ecuatoriana,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.
- [13] C. Giudice y A. Pereyra, «Tecnología de Pinturas y Recubrimientos. Componentes,» Universidad Tecnológica Nacional - Argentina, Buenos Aires, 2009.
- [14] V. Yepes Piqueras, «El acero como material estructural,» Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2018.
- [15] NTE, *Pinturas y productos afines, determinación del comportamiento en cámara salina*, Quito: INEN, 2001.
- [16] H. Gutiérrez y B. Salazar, *Diseño de experimentos” in Análisis y diseño de experimentos,*, México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, 2008.
- [17] J. Zalewski, S. Fraley, B. Terrien y M. Oom, «Diseño de experimentos mediante métodos Taguchi - Matrices ortogonales,» University of Michigan, 2022.
- [18] NTE INEN 1006, «Pintura barnices y productos afines. Determinación de adherencia mediante prueba de la cinta,» INEN, Quito, 2017.
- [19] NTE INEN 1002:98, «Pintura y productos afines. Determinación de la flexibilidad mediante mandriles cónicos,» INEN, Quito, 1998.
- [20] NTC 877, Norma Técnica Colombiana. Ensayo de impacto, metodo de calificación, ICONTEC, 2001.
- [21] J. Jimeno Bernal, «Diseño de experimentos (DOE): Para qué sirve y cómo realizarlo,» PDCA Home, 6 Noviembre 2012. [En línea]. Available: <https://www.pdcahome.com/2117/disenodeexperimentosparaquesirveycomorealizarlo/#:~:text=Esta%20metodolog%C3%ADa%20sirve%20para%20dise%C3%B1ar,n%C3%BAmero%20de%20experimentos%20o%20pruebas.> recuperado en: Febrero 2022.
- [22] C. F. Kavanaugh, «Los diseños de Taguchi comtra los diseños clásicos de experimentos,» *Conciencia Tecnológica*, nº 19, p. 5, 2002.
- [23] F. Naranjo-Palacios, A. Rios-Lira, Y. Pantoja-Pacheco y M. Tapia-Esquivias, «Diseños ortogonales de Taguchi fraccionados,» *Ingeniería, investigación y tecnología*, vol. 21, nº 2, 2020.

- [24] C. Vignolo y F. Varela López, «Defectos superficiales en películas de pinturas,» de *Pinturas y Acabados Industriales*, Perú, Cermn, 1998, pp. 52-58.
- [25] A. Fernández, «La fosilización anticorrosivo, base adherente para pinturas para la deformación en frío de metales,» Adventure, Barcelona, 2014.
- [26] R. Smith y J. Perera, «Cure characterization of coatings,» *Organic Coating*, vol. 3, n° 42, pp. 142-149, 2011.
- [27] T. Alberstein y S. Kurish, «Characterisation of electrostatic properties of coatings in relation with their industrial applications,» vol. 190, n° 1, pp. 230-235, 2009.
- [28] D. Montgomery , *Diseño y Análisis de Experimentos con relación a la metodología de aplicación*, México: Iberoamericana, 2003.
- [29] ASTM, Standard Test Method for Impact Resistance of Flat, Specimen by Means of a Striker Impacted by a Falling Weight, Massachusetts: ASTM PUBLICER, 2001.
- [30] ICONTEC, Norma Técnica , *Electrotécnica, Pinturas para tanques de transformadores.*, Colombia: Colombiana NTC 3396, 1999.
- [31] INEN, *Tratamientos Superficiales y recubrimientos metálicos, definiciones, terminología*, Quito: INENSERV, 1981.
- [32] ICONTEC, *Determinación de la Flexibilidad de Recubrimientos Orgánico*, Colombia: Norma Técnica Colombiana NTC 1115, 2000.
- [33] ICONTEC, *Método de Ensayo para Medir la Adhesión de un Recubrimiento Mediante el Ensayo de Cinta.*, Colombia: Norma Técnica Colombiana NTC 811, 2001.
- [34] ICONTEC, *Resistencia de los recubrimientos orgánicos a los efectos de la deformación rápida (impacto)*, Colombia: Norma Técnica Colombiana NTC 877,, 1998.
- [35] L. A. Mozo y M. E. Milla, *Caracteriación de los procesos en recubrimientos*, El Salvador: Universidad del Salvador, 2006.
- [36] A. S. Vargas y V. Cevallos, *Manual para Recubrimientos Utilizados en Mantenimiento Industrial y de Edificios sus Características y Aplicaciones*, Milagro: Universidad Estatal de Milagro, 2012.



- [37] A. Féat, W. Federlec, M. Kamperman y M. Murray, *Slippery paints: Eco-friendly coatings that cause ants to slip*, United Kingdom: University of Groningen, 2019.

## **ANEXOS**

## CERTIFICADO

Los ingenieros, Diego Moyolema, en calidad de Líder del área de ingeniería, y, Luis Chicaiza, en calidad ingeniero de procesos de la empresa ECUATRAN S.A.


### *CERTIFICAN:*

Que el sr. Erick David Manosalvas Buenaño, con CI. 1804572418, estudiante de la Universidad Técnica de Ambato, luego de la aprobación del proyecto personal presentado, en el cual se detalló sus objetivos finales sobre la evaluación de la resistencia mecánica del recubrimiento (pintura líquida), para gabinetes de transformadores, y, en base a normas establecidas con anterioridad, ha realizado las probetas necesarias y ensayos respectivos de doblez, adherencia e impacto dentro de las instalaciones de la empresa, obteniendo los datos y resultados que el mencionado crea idóneo para los fines académicos correspondientes.

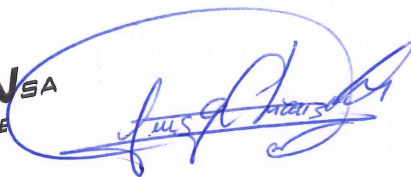
Es todo cuanto se puede certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del presente documento en lo que estimare conveniente.

Ambato, 30 de Enero del 2023

Atentamente



Ing. Diego Moyolema

 ECUATRAN<sup>SA</sup>  
ENERGIA INTELIGENTE

Ing. Luis Chicaiza

[www.ecuatran.com](http://www.ecuatran.com)



## RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

<b>Informe N°:</b> 180437822020210624-ENS	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa/ Cliente:</b> Erick Manosalvas	
<b>Dirección:</b> Ambato, Picaihua	
<b>Núm. De cédula/ RUC:</b> 1804378220	<b>Teléfono:</b> +593995674533
<b>E-mail:</b> erickda_25@hotmail.com	

<b>DATOS INFORMATIVOS</b>
<b>Laboratorio:</b> Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos
<b>Designación del material</b> Material metálico: Plancha de acero ASTM A36.
<b>Métodos de ensayo:</b> ASTM B117 - 19.- Práctica estándar para operar aparatos de niebla salina (niebla). ASTM D610 - 08 (2019) Práctica estándar para evaluar el grado de oxidación en superficies de acero pintadas. ASTM D714 - 02 (2017) Método de prueba estándar para evaluar el grado de formación de ampollas en las pinturas.

### Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Tipo de pintura	Pintura	Preparación superficial	Número de capas	Temperatura de Curado (°C)	Probetas
1	P1	Líquida	Poliuretano	Granallado	BICAPA	150	2
2	P2	Líquida	Poliuretano	Granallado	BICAPA	180	2
3	P3	Líquida	Poliuretano	Granallado	TRICAPA	150	2
4	P4	Líquida	Poliuretano	Granallado	TRICAPA	180	2
5	P5	Líquida	Poliuretano	Fosfatizado	BICAPA	150	2
6	P6	Líquida	Poliuretano	Fosfatizado	BICAPA	180	2
7	P7	Líquida	Poliuretano	Fosfatizado	TRICAPA	150	2
8	P8	Líquida	Poliuretano	Fosfatizado	TRICAPA	180	2
9	P9	Líquida	Acrílica	Granallado	BICAPA	150	2
10	P10	Líquida	Acrílica	Granallado	BICAPA	180	2
11	P11	Líquida	Acrílica	Granallado	TRICAPA	150	2
12	P12	Líquida	Acrílica	Granallado	TRICAPA	180	2
13	P13	Líquida	Acrílica	Fosfatizado	BICAPA	150	2
14	P14	Líquida	Acrílica	Fosfatizado	BICAPA	180	2
15	P15	Líquida	Acrílica	Fosfatizado	TRICAPA	150	2
16	P16	Líquida	Acrílica	Fosfatizado	TRICAPA	180	2
<b>Número de probetas sometidas a pintura</b>							32



ENSAYO SOLICITADO			
N°	N° DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	P1.1	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
2	P2.2	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
3	P3.3	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
4	P4.4	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
5	P5.5	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
6	P6.6	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
7	P7.7	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
8	P8.8	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
9	P9.9	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
10	P10.10	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
11	P11.11	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
12	P12.12	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
13	P13.13	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
14	P14.14	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
15	P15.15	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
16	P16.16	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021

<b>Elaborado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Jorge Rodas B. MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Cliente





**LABORATORIO DE ENSAYOS CLIMÁTICOS Y TRATAMIENTOS  
TÉRMICOS**

**REPORTE DE CONDICIONES DE ENSAYO DE CORROSIÓN**

**INFORME DE RESULTADOS N°: 180437822020210624-ENS**

**DATOS INFORMATIVOS:**

**N° de proforma:** "TT\_2021\_003.

**Empresa/ Cliente:** Erick Manosalvas

**Núm. De cédula/ RUC:** 1804572418

**Dirección:** Ambato, Picaihua

**Teléfono:** +593995674533

**DATOS DEL ENSAYO**

**Lugar de ejecución del ensayo:** Laboratorio de ensayos climáticos

**Dirección del laboratorio:** Ambato/Catiglata y Río de janeiro

**Métodos de ensayo:** ASTM B117 - 19.- Práctica estándar para operar aparatos de niebla salina (niebla).

**Numero de probetas:** 32

**Designación del material:** Material metálicos Plancha de acero ASTM A36

**Número de horas de ensayo:** 500 horas

**Volumen de la solución:** 250 litros

**Caudal:** 0,5 l/h

**Cantidad de sal utilizada:** 13,25 kg

**Equipo utilizado:** Cámara de niebla salina



**Modelo:** SSC-400

**Fecha de inicio del ensayo:** 2021/06/22

**Fecha de finalización del ensayo:** 2021/07/12

El presente reporte corresponde a la verificación de los parámetros iniciales de ensayo y al monitoreo de las condiciones durante el transcurso de horas de desarrollo de la prueba.

**Observaciones:** Ninguna

	
<b>Elaborado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Jorge Rodas B. MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC





Equipo Utilizado				
N°	Parámetro	Equipo	Modelo	Serie
1	Conductividad	Conductímetro	EC59	1313447
2	Temperatura de la solución recolectada	Medidor de PH/ORP	H19125	E0016479
3	Volumen de la solución recolectada	Fluviómetro	100 ml	-
4	Valor de PH de la solución recolectada	Medidor de PH/ORP	H19125	E0016479
5	Gravedad especifica de la solución recolectada	Refractómetro	MA887	31602519 91

Parámetros iniciales de ensayo					
N°	Ítem	Parámetro	Unidad	Valor requerido	Valor medido
1	Agua desmineralizada	Conductividad	us/cm	1.0-5.0	1
2		Solidos en suspensión	ppm	0	0
3	Solución salina	Valor pH	pH	<6.5	6.27
4		Temperatura	°C	23± 3	21.1
5		Gravedad Especifica	g/cm <sup>3</sup>	5% a 23°C (1.031458)	1.032

Monitoreo de parámetros de ensayo						
Fecha	Hora	Temperatura de la cuba (°C)	Temperatura de la solución recolectada (°C)	Volumen de la solución recolectada (ml)	pH de solución recolectada	Gravedad especifica de la sol. Recolectada (S.G.)
22/6/2021	10:30	34.9	20.1	246	6.76	1.034
23/6/2021	10:30	35.1	21.1	246	6.81	1.034
24/6/2021	10:30	34.9	20.8	246	6.67	1.034
25/6/2021	10:30	35	21.3	247	6.59	1.034
26/6/2021	10:30	35	20	246	6.48	1.034
27/6/2021	10:30	34.9	20.9	246	6.81	1.034
28/6/2021	10:30	35	21	246	6.87	1.034
29/6/2021	10:30	35	21.3	247	6.98	1.033
30/6/2021	10:30	35	21.5	246	6.87	1.034
1/7/2021	10:30	34.9	21.4	246	6.81	1.034
2/7/2021	10:30	34.9	21	246	6.81	1.034
3/7/2021	10:30	35.1	20.9	246	6.69	1.034
4/7/2021	10:30	34.9	20.8	245	6.65	1.033
5/7/2021	10:30	35	20.5	246	6.64	1.034
6/7/2021	10:30	35	20	246	6.71	1.034
7/7/2021	10:30	35	21.4	246	6.72	1.034
8/7/2021	10:30	34.9	21	247	6.73	1.032
9/7/2021	10:30	35	20.9	246	6.75	1.034
10/7/2021	10:30	35.1	20.8	246	6.81	1.034
11/7/2021	10:30	34.9	21	246	6.59	1.034
12/7/2021	10:30	35	20.9	246	6.65	1.034



**LABORATORIO DE ENSAYOS CLIMÁTICOS Y  
TRATAMIENTOS TÉRMICOS  
ENSAYO DE NIEBLA SALINA NEUTRA**

**INFORME DE RESULTADOS N°: 180437822020210624-ENS**

**DATOS GENERALES**

**DATOS INFORMATIVOS:**

**N° de proforma:** TT\_2021\_003.

**Empresa/Cliente:** Erick Manosalvas.

**RUC/C.I.:** 1804572418.

**Teléfono:** +593995674533.

**Dirección:** Ambato, Picaihua

**Correo:** erickda\_25@hotmail.com.

**DATOS DEL ENSAYO:**

**Lugar de Ejecución de Ensayo:** Laboratorio de Tratamientos térmicos y ensayos climáticos.

**Dirección del Laboratorio:** Ambato/Catiglata. Toronto y Río de Janeiro.

**Método de ensayo:**

ASTM B117 - 19.- Práctica estándar para operar aparatos de niebla salina (niebla).

ASTM D610 -08 (2019) Práctica estándar para evaluar el grado de oxidación en superficies de acero pintadas.

ASTM D714 - 02 (2017) Método de prueba estándar para evaluar el grado de formación de ampollas en las pinturas.

**Especificación del producto:** Material metálico: Plancha de 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

**Colocación de las probetas:** Las probetas se colocaron en el interior de la cámara de ensayo en una posición tal que mantienen un ángulo entre 15° y 30° respecto a la vertical.

**Duración del ensayo:** 500 horas

**Cloruro de sodio:** (5 ± 1) partes de masa **Agua destilada:** 95 partes de masa

**Fecha de evaluación de resultados:** 2021/07/12.

**Método de evaluación:** Estimación de porcentaje de superficie oxidada utilizando técnica visual (5.3 de norma ASTM D610).

**Fecha Inicio de Ensayo:** 2021/06/22. **Fecha Finalización de Ensayo:** 2021/07/12.

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. Gobierno Provincial de Tungurahua.

**Observaciones:** Las condiciones iniciales y durante el transcurso del ensayo de corrosión se encuentran reportadas en **R-180437822020210624-ENS**.







<b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	<b>Aprobado por:</b> Ing. Jorge Rodas B. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

**Lugar y fecha de emisión de Informe:** Ambato, 16 de julio de 2021.

**Nº. Factura:** 001-002-000011177.





### OBJETOS DE ENSAYO

N°	Identificación del grupo	Tipo de pintura	Pintura	Preparación superficial	Voltaje	Temperatura Curado (°C)	Probetas
1	P1	Líquida	Poliuretano	Granallado	BICAPA	150	2
2	P2	Líquida	Poliuretano	Granallado	BICAPA	180	2
3	P3	Líquida	Poliuretano	Granallado	TRICAPA	150	2
4	P4	Líquida	Poliuretano	Granallado	TRICAPA	180	2
5	P5	Líquida	Poliuretano	Fosfatizado	BICAPA	150	2
6	P6	Líquida	Poliuretano	Fosfatizado	BICAPA	180	2
7	P7	Líquida	Poliuretano	Fosfatizado	TRICAPA	150	2
8	P8	Líquida	Poliuretano	Fosfatizado	TRICAPA	180	2
9	P9	Líquida	Acrílica	Granallado	BICAPA	150	2
10	P10	Líquida	Acrílica	Granallado	BICAPA	180	2
11	P11	Líquida	Acrílica	Granallado	TRICAPA	150	2
12	P12	Líquida	Acrílica	Granallado	TRICAPA	180	2
13	P13	Líquida	Acrílica	Fosfatizado	BICAPA	150	2
14	P14	Líquida	Acrílica	Fosfatizado	BICAPA	180	2
15	P15	Líquida	Acrílica	Fosfatizado	TRICAPA	150	2
16	P16	Líquida	Acrílica	Fosfatizado	TRICAPA	180	2
<b>Número de probetas sometidas a tratamiento térmico</b>							<b>32</b>



### Especificaciones Técnicas

<b>Cloruro de sodio</b>	
Ensayo	99,5 - 100,5 %
Bario	Para pasar la prueba (límite alrededor de 0.001%)
Bromuro	Max 0,005%
Calcio	Max 0.002%
Clorato y nitrato	Max 0.003%
Metales pesados (como Pb)	Max 0.0005%
Materia insoluble	Max 0,005%
Yoduro	Max 0.001%
Hierro	Max 0.0002%
Magnesio	Max 0.001%
pH de una solución al 5% a 25 °C	5,0-8,0
Fosfato (PO4)	Max 0.0005%
Potasio	Max 0.005%
Sulfato (SO4)	Max 0.001%
Arsénico	Max 0.00004%
Cobre	Max 0.0002%
<b>Agua destilada (NTE INEN 1545)</b>	
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

### Descripción de parámetros de evaluación (ASTM D610)

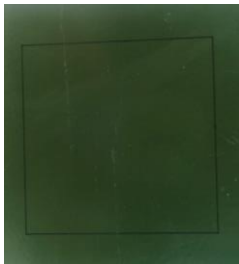

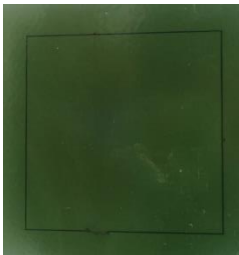
S=Manchas de óxido                      G=Oxidación general                      P=Oxidación precisa

- 10** Menor o igual al 0,01 por ciento.
- 9** Mayor al 0,01 por ciento hasta 0,03 por ciento.
- 8** Mayor al 0,03 por ciento hasta 0,1 por ciento.
- 7** Mayor al 0,1 por ciento hasta 0,3 por ciento.
- 6** Mayor al 0,3 por ciento hasta 1,0 por ciento.
- 5** Mayor al 1,0 por ciento hasta 3,0 por ciento.
- 4** Mayor al 3,0 por ciento hasta 10,0 por ciento.
- 3** Mayor al 10,0 por ciento hasta 16,0 por ciento.
- 2** Mayor al 16,0 por ciento hasta 33,0 por ciento.
- 1** Mayor al 33,0 por ciento hasta 50,0 por ciento.
- 0** Mayor al 50 por ciento.

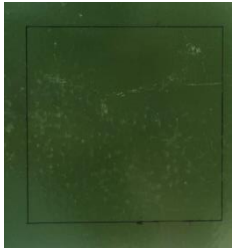
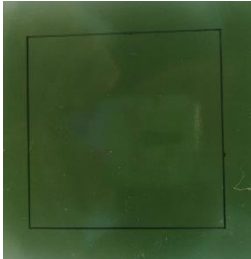
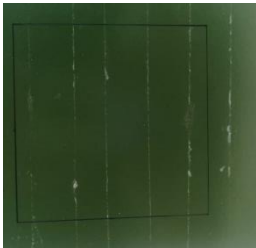
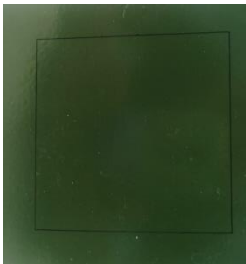


**Resultados de evaluación:**

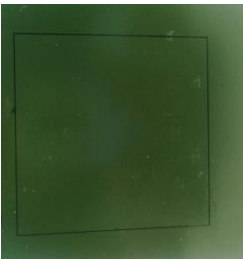
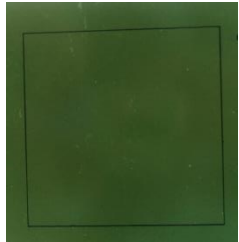
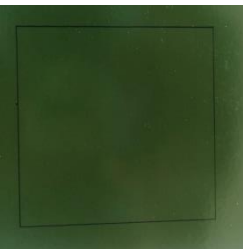
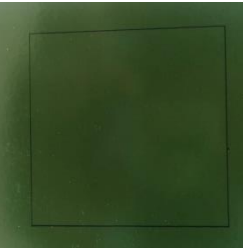
<b>Método:</b>	ASTM D610 / ASTM D714	<b>Tipo de ensayo:</b>	Cualitativo
<b>Material:</b>	ASTM A36	<b>Período de tiempo:</b>	500 HORAS
<b>Tipo de pintura:</b>	Electroestática, Líquida		

TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H - P1		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P1.1		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P2		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento

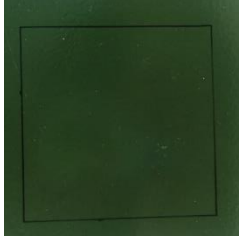
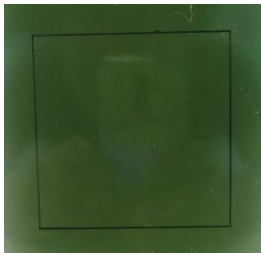
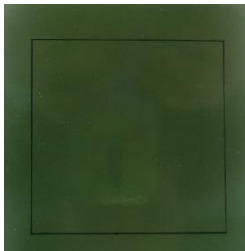
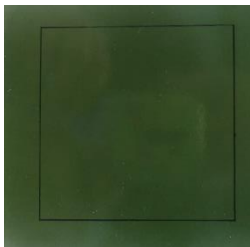


TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H - P2.2		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P3		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P3.3		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P4		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento

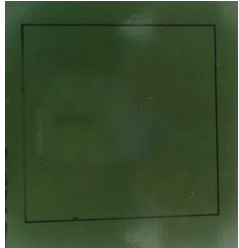
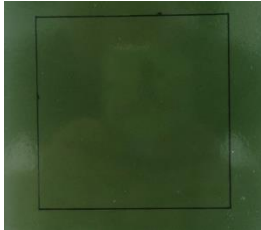
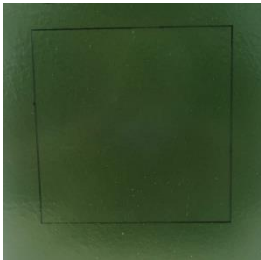
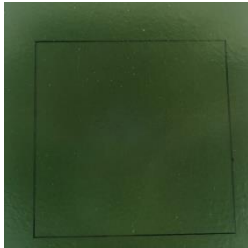


TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P4.4		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P5		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P5.5		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P6		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento



TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P6.6		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P7		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P7.7		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P8		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento



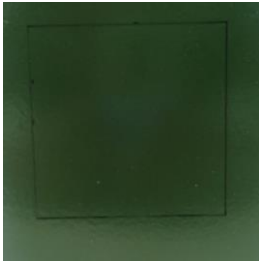
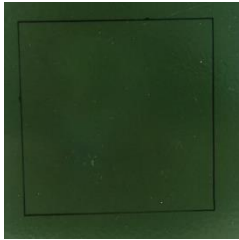
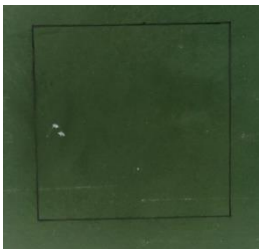
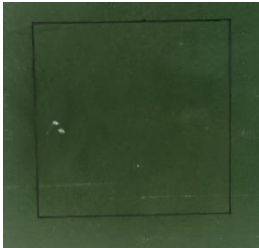
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P8.8		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P9		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P9.9		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P10		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento



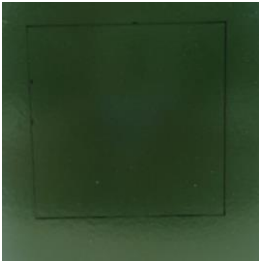
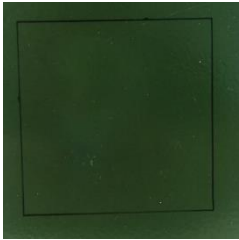
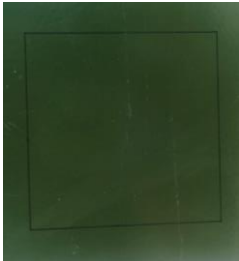
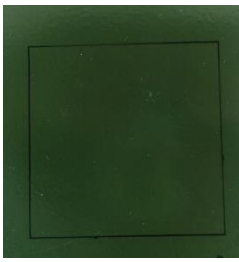


TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P10.10		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11.11		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P12		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento

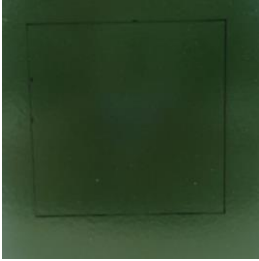
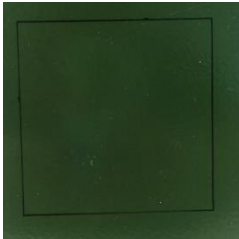
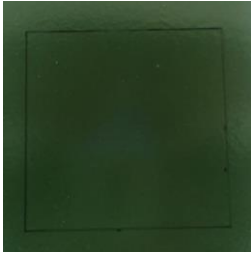
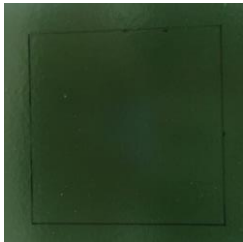


TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P10.10		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11.11		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P12		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento



TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P12.12		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P13		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P13.13		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P14		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento



TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P14.14		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P15		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P15.15		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P16		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento



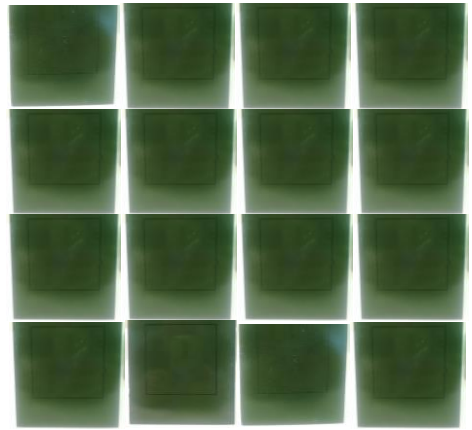
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P16.16		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento

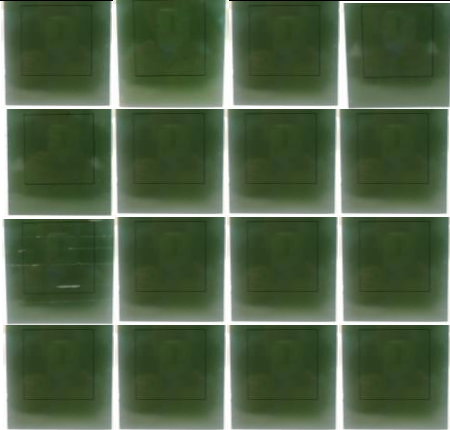
-----FIN DE INFORME-----

### HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS



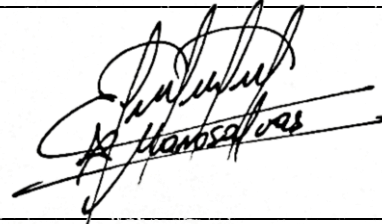

<b>Informe N°:</b> 180437822020210624-ENS	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa /Cliente:</b> Erick Manosalvas.	
<b>Dirección:</b> Cevallos, Ambato.	
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1804572418.	<b>Teléfono:</b> +593995674533.
<b>E-mail:</b> erickda_25@hotmail.com	

<b>DATOS INFORMATIVOS</b>
<b>Laboratorio:</b> Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos.
<b>Designación del material:</b> Material metálico: Plancha de Acero ASTM A36.
<b>Método de ensayo:</b> ASTM B117 - 19.- Práctica estándar para operar aparatos de niebla salina (niebla). ASTM D610 -08 (2019) Práctica estándar para evaluar el grado de oxidación en superficies de acero pintadas. ASTM D714 - 02 (2017) Método de prueba estándar para evaluar el grado de formación de ampollas en las pinturas.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	P1.1	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
2	P2.2	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
3	P3.3	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
4	P4.4	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
5	P5.5	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
6	P6.6	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
7	P7.7	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
8	P8.8	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
9	P9.9	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
10	P10.10	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
11	P11.11	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
12	P12.12	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
13	P13.13	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
14	P14.14	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
15	P15.15	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
16	P16.16	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las muestras de los grupos ensayados por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

		
<b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	<b>Aprobado por:</b> Ing. Jorge Rodas B. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Cliente
		

1999-12-17

---

**ELECTROTECNIA.  
PINTURA PARA TANQUES DE TRANSFORMADORES**



E: ELECTROTECHNICS. PAINT FOR TRANSFORMER TANKS

---

CORRESPONDENCIA:

---

DESCRIPTORES: protección; transformadores.

---

I.C.S.: 29.180.00

---

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)  
Apartado 14237 Santafé de Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

---



## PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

El **ICONTEC** es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 3396 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo el 99-12-17.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 383101 Transformadores eléctricos.

CIDET	MAGNETRÓN
CODENSA	PINTUCO
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN	RYMEL INGENIERÍA
GAMMA	SIEMENS
ICOPINTURAS	TRANSFORMADORES SIERRA
INDUSTRIAS PERMAPINT	UNIVERSIDAD DEL VALLE

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ABB	SIKA ANDINA
CONFECCIONES ELÉCTRICAS	TRANSFORMADORES DE COLOMBIA
ELECTRIFICADORA DE SANTANDER	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE
ELECTRIFICADORA DEL ATLÁNTICO	PEREIRA
SENA	

El **ICONTEC** cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

**DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN**

**ELECTROTECNIA.  
PINTURA PARA TANQUES DE TRANSFORMADORES**

**1.    OBJETO**

Esta norma establece los requisitos mínimos que deben cumplir las pinturas empleadas en la protección externa de tanques de transformadores nuevos.

**2.    DEFINICIONES**

Para efectos de esta norma se deben tener en cuenta las definiciones establecidas en la NTC 541-1, en la NTC 3825-2 y además las siguientes:

**2.1**    Ampolladura: burbujas que se forman en la superficie pintada. Generalmente después de que la pintura se seca.

**2.2**    Decapado: proceso realizado con soluciones ácidas (ácido sulfúrico, ácido clorhídrico), con el objeto de eliminar los óxidos superficiales y sustancias alcalinas no removibles en el proceso de desengrase.

**2.3**    Desengrase: proceso realizado con soluciones alcalinas para eliminar aceites, grasas y otras sustancias presentes en la superficie que se va a pintar.

**2.4**    Fosfatizado: proceso realizado mediante soluciones de ácido fosfórico en metales como zinc, níquel, hierro y cromo de la superficie, en fosfatos de zinc, níquel, hierro y cromo, respectivamente, para desengrasar la superficie.

**2.5**    Limpieza por baño químico: método de preparación de superficies, que consiste en la remoción completa de las escamas de laminación, orín y costras de orín, a través de reacciones químicas, por electrólisis o ambos. Para información complementaria véase la NTC 3891.

**2.6**    Limpieza por chorro abrasivo a metal blanco: proceso de preparación de superficies que consiste en la remoción completa de aceites, grasas, escamas de laminación, polvo, óxido, orín, pinturas y otros materiales extraños, mediante el empleo de chorro abrasivo en seco o en húmedo con arena, granalla o munición. Se emplea cuando se necesita una efectividad máxima del recubrimiento protector debido a condiciones extremas, como la inmersión constante en agua o líquidos. Para información complementaria véase la NTC 3895.

**2.7** Limpieza por chorro abrasivo cerca del metal blanco: proceso de preparación de superficies, a través del cual se logra que como mínimo el 95 % de cualquier área de la superficie tenga la apariencia de metal blanco. El tiempo gastado en este tratamiento no debe ser menor que las dos terceras partes del que se requiere para producir un acabado de metal blanco, ni debe ser mayor del 95 % de lo que requiere este esfuerzo. Este proceso se emplea cuando el recubrimiento protector va a ser expuesto a condiciones de mucha humedad, atmósfera química, exposición marina, etc. Para información complementaria véase la NTC 3900.

**2.8** Limpieza por chorro abrasivo grado comercial: proceso de preparación de superficies que elimina aceite, grasa, suciedad, cascarilla de laminado, herrumbre, pintura vieja y materias extrañas de por lo menos dos terceras partes de la superficie, excepto ligeras sombras, rayas o decoloraciones. Se emplea para condiciones posteriores de servicio de exposición moderada y no sirve para las condiciones descritas en los métodos de los numerales 2.2 y 2.3. Para información complementaria véase la NTC 3896.

**2.9** Limpieza por chorro abrasivo suave: método de preparación de superficies que consiste en la remoción de todo aceite, grasa, polvo, orín suelto, escamas de laminación también sueltas y pintura. Estos elementos son permitidos si inicialmente la superficie fue sometida a un proceso abrasivo de remoción de manera que ésta sea mas uniforme. Para información complementaria véase la NTC 3897.

**2.10** Oxidación: formación de productos de oxidación derivados del metal de superficie, sobre los paneles de ensayo de metal ferroso. Se describen dos tipos de oxidación.

Oxidación tipo 1: Oxidación acompañada de ampollamiento y evidencia inicialmente por oxidación visible.

Oxidación tipo 2: Oxidación acompañada de ampollamiento y sin que se evidencie inicialmente oxidación a simple vista.

**2.11** Secamiento: proceso de cambio de una pintura debido a la evaporación de disolvente, reacciones químicas del ligante o combinación de estas causas.

**2.12** Secado al aire: aquel que se realiza por exposición al aire a temperatura ambiente.

**2.13** Secado forzado: aquel que es acelerado por calentamiento moderado (menor de 65 °C)

**2.14** Sellado: recubrimiento de la superficie con soluciones de ácido crómico o biodegradables, con el fin de pulir la superficie, es decir, cubrir las imperfecciones no cubiertas por el proceso de fosfatizado.

**2.15** Tanque: recipiente metálico que contiene el transformador y su medio refrigerante. Incluye, donde aplique, radiadores y tanque de expansión.

### **3.    AMBIENTES DE UTILIZACIÓN**

Para efectos de esta norma se acepta la clasificación de los medios de exposición atmosférica establecida en la NTC 3825-2.

Para el establecimiento de los requisitos, se agrupan los cuatro tipos de la mencionada norma en dos, de la siguiente manera:

Ambiente 1: Atmósferas rural, urbana, industrial.

Ambiente 2: Atmósferas marinas y/o industrial severo.

#### **4.    REQUISITOS DE ACUERDO CON EL AMBIENTE DE UTILIZACION**

##### **4.1    REQUISITOS DE LA PINTURA**

El tanque del transformador pintado debe ser de color gris RAL serie 70 y la pintura debe cumplir satisfactoriamente los siguientes ensayos los cuales se consideran tipo y deben ser realizados sobre probetas.

No se debe utilizar pinturas que contengan cromatos y óxidos de plomo.

##### **4.1.1    Resistencia a la cámara salina**

La pintura debe soportar sin deterioro el número de horas de cámara salina mencionados a continuación de acuerdo con el ambiente para el cual el transformador esté previsto:

Ambiente 1: 500 h.

Ambiente 2: 750 h.

##### **4.1.2    Resistencia al impacto**

La pintura, independientemente para el ambiente para el que esté prevista su utilización, debe soportar sin deterioro alguno el ensayo a 60 libras/pulgada de acuerdo con lo establecido en la NTC 877.

#### **4.2    REQUISITOS DE LA PINTURA APLICADA AL TRANSFORMADOR PINTADO**

El transformador pintado debe cumplir satisfactoriamente los siguientes ensayos los cuales se consideran de rutina.

##### **4.2.1    Espesor en película seca, sistema líquida**

De acuerdo con el ambiente, el espesor mínimo debe ser de:

Ambiente 1: 110  $\mu$ m

Ambiente 2: 150  $\mu$ m, excepto para sistemas ricos en zinc para los cuales será de 125  $\mu$ m.

Nota. Puede aceptarse que, esporádicamente, algunos puntos tengan espesor hasta 10 % por debajo del requisito.

##### **4.2.2    Espesor en película seca, sistema polvo**

De acuerdo con el ambiente, el espesor mínimo debe ser de:

Ambiente 1: 60  $\mu$ m

Ambiente 2: 75  $\mu$ m

### **4.2.3 Adherencia**

De acuerdo con el espesor, la adherencia de la pintura debe ser:

Para espesores menores o iguales a 125  $\mu$ m, la adherencia debe ser del 90 % cuando se evalúe de acuerdo con la NTC 811.

Para espesores mayores que 125  $\mu$ m, la adherencia debe ser de 500 psi mínimo cuando se evalúe de acuerdo con la NTC 3916 o adherencia en cruz con un valor de 4A cuando se evalúe de acuerdo con la NTC 811.

## **5.        MANTENIMIENTO**

Luego de realizar la instalación de un transformador, se recomienda que se efectúe una revisión a la pintura y, si es necesario, se retoque.

Durante la vida útil del equipo se recomienda efectuar mantenimiento preventivo cada 5 años. Este mantenimiento debe realizarse con pintura de un componente a menos que se conozca exactamente el tipo de pintura aplicada inicialmente al transformador o se realicen ensayos de compatibilidad previa y se concluya que se puede utilizar pintura de dos componentes.

## **6.        APENDICE**

Las siguientes normas contienen disposiciones que, mediante la referencia dentro de este texto, constituyen la integridad del mismo. En el momento de la publicación eran válidas las ediciones indicadas. Todas las normas están sujetas a actualización; los participantes, mediante acuerdos basados en esta norma, deben investigar la posibilidad de aplicar la última versión de las normas mencionadas a continuación:

NTC 541-1: 1998, Pinturas y productos afines. Vocabulario. Parte 1: Términos generales.

NTC 811: 1997, Método de ensayo para medir la adhesión de un recubrimiento mediante el ensayo de cinta.

NTC 877: 1998, Resistencia de los recubrimientos orgánicos a los efectos de la deformación rápida. (Impacto).

NTC 3825-2: 1996, Pinturas y productos afines. Sistemas de pinturas protectoras. Parte 2: Tipos de exposición.

NTC 3891: 1996, Preparación de superficies metálicas. Limpieza con solventes.

NTC 3895: 1996, Preparación de superficies metálicas. Limpieza con chorro a metal blanco.

NTC 3896: 1996, Preparación de superficies metálicas. Limpieza con chorro grado comercial.

NTC 3897: 1996, Preparación de superficies metálicas. Limpieza por arenado suave.

NTC 3900: 1996, Preparación de superficies metálicas. Limpieza con chorro grado casi blanco.

NTC 3916: 1996, Método de ensayo para la resistencia a la tracción de recubrimiento, utilizando probadores portátiles de adherencia.

**Anexo A (Informativo)**

**Espesor de acuerdo con el tipo de pintura**

**A.1** Cuando se utilice pintura en polvo esta debe ser del tipo poliéster TGIC o poliuretano con los espesores indicados en el numeral 4.2.2.

**A.2** Cuando se utilice pintura líquida se debe utilizar la composición y espesores de la siguiente tabla.

Base	Espesor (μm)		Acabado	Espesor(μm)		Mínimo Total(μm)	
	Amb. 1	Amb. 2		Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2
Epoxi-zinc o inorgánico 1, 2 o 3 componentes <sup>1)</sup>	-----	50 a 75	Acrílico uretano o poliuretano - acrílico 1 o 2 componentes	-----	50 a 75	-----	125
Epoxica 2 componentes	50 a 75	50 a 75	Acrílico - uretano 2 componentes	50 a 75	50 a 100	110	150
Epoxica 1 o 2 componentes	50 a 75	50 a 75	Acrílico 1 componente	50 a 75	75 a 100	110	150
Acrílico uretano o poliuretano autoimprimante 1 o 2 componentes	110 - 125	150	-----	-----	-----	110	150
Epoxica 2 componentes	50 - 75	50 - 75	Poliuretano 1 o 2 componentes	50 - 75	75 - 100	110	150
Primer vinílico o acrílico o acrílico-epóxico o nitrocelulósico	50 - 75	50 - 75	Acrílico o poliuretano de 1 componente	50 - 75	75 - 100	110	150

1) No debe aplicarse sobre fosfatados sino sobre chorro abrasivo

**A.3** Para la buena utilización de esta tabla se debe tener en cuenta lo siguiente:

**A.3.1** Los métodos de aplicación son:

Para pinturas de 1 componente: aspersión, chorro o inmersión

Para pinturas de 2 componentes: Brocha, aspersión o chorro

Las pinturas ricas en zinc deben aplicarse por aspersión con agitación constante de pintura.

**A.3.2** Para las pinturas acrílicas, vinílicas y acril-epoxi se exige que los componentes básicos (resinas, pigmentos), sean de alto desempeño.

**A.3.3** Se puede aplicar pinturas de 1 componente sobre pinturas de 2 componentes, pero no al contrario.

**A.3.4** Las pinturas pueden ser base solvente o base agua y en cualquier caso es conveniente solicitar certificados de pruebas que garanticen las propiedades de desempeño solicitadas en la presente norma.

**A.3.5** Se pueden aceptar gotas y/o chorreos de pintura en forma esporádica (en menos del 5 % del área) ya que es inherente a la aplicación y no afecta la protección que la pintura provee.

**A.3.6** Las pinturas deben ser compatibles con los líquidos refrigerantes.



Quito – Ecuador

NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA

**NTE INEN 1006**  
Segunda revisión

**PINTURAS BARNICES Y PRODUCTOS AFINES.  
DETERMINACIÓN DE ADHERENCIA MEDIANTE PRUEBA  
DE LA CINTA.**

PAINTS VARNISHES AND RELATED PRODUCTS. DETERMINATION OF ADHESION BY TAPE TEST

---

Correspondencia:



# PINTURAS, BARNICES Y PRODUCTOS AFINES. DETERMINACIÓN DE LA ADHERENCIA MEDIANTE PRUEBA DE LA CINTA.

## 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta norma establece dos métodos (método A - corte en "X" y método B - cuadrícula) para determinar la adherencia de películas de pinturas, barnices y productos afines aplicados sobre paneles metálicos o superficies recomendadas, mediante la aplicación y remoción de una cinta sensible a la presión, sobre cortes realizados en la película.

## 2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Esta norma no requiere de otras para su aplicación

## 3 MÉTODOS DE ENSAYO

### 3.1 Método A corte en "X"

Este método es recomendable para ensayos en campo, sin dejar de mencionar que puede ser utilizado en laboratorio, para películas secas de espesor mayores a 125  $\mu\text{m}$ . Consiste en realizar un corte en X atravesando la película de pintura, barnices y productos afines hasta llegar al sustrato, se aplica una cinta adhesiva sobre el corte para luego ser removida, la adhesión será evaluada en una escala de 0 a 5.

#### 3.1.1 Equipo

**3.1.1.1** Escalpelo, cuchillo u otra herramienta de corte, es importante que los filos de la herramienta cortante esté en buenas condiciones.

**3.1.1.2** Guía de corte, de metal duro y bordes rectos para asegurar un corte lineal.

**3.1.1.3** Cinta adhesiva de 25 mm de ancho semi transparente sensible a la presión. (Ver nota)

**3.1.1.4** Borrador de goma.

**3.1.1.5** Fuente de luz. Útil para determinar si los cortes han sido hechos a través de la película seca hasta el sustrato.

**3.1.1.6** Cronometro Apreciación  $\pm 1$  s

**3.1.1.7** Sustrato metálico o madera, plásticos, fibrocemento, concreto y vidrio recomendados de acuerdo al tipo de pintura.

**3.1.1.8** Regla graduada

NOTA: La cinta PA-280630 (51596) manufacturada por Interpolymer Group es una alternativa para efectuar este ensayo. El Servicio Ecuatoriano de Normalización se deslinda de cualquier relación u interés con la empresa mencionada.

#### 3.1.2 Procedimiento

**3.1.2.1** Seleccionar en el sustrato un área libre de defectos e imperfecciones. La superficie debe estar limpia y seca. Condiciones extremas de temperatura o humedad relativa pueden afectar la adherencia de la cinta o el recubrimiento. Para muestras que han sido sometidas a inmersión, después de la inmersión limpiar la superficie con un solvente apropiado que no dañe la película de pintura, barnices y productos afines, luego dejar secar o preparar la superficie o ambos si lo requiere.

**3.1.2.2** Colocar el sustrato aplicado sobre una base firme y hacer dos cortes en la película seca de pintura, barnices y productos afines, de aproximadamente 40 mm de largo cada uno, que intersectan cerca de sus mitades con un ángulo comprendido entre 30 y 45°. Cuando se hagan las incisiones se

debe usar una guía de corte y atravesar la película hasta llegar al sustrato con un movimiento firme.

**3.1.2.3** Inspeccionar las incisiones bajo la fuente de luz el sustrato para establecer que la película de pintura ha sido penetrada. Si el sustrato no ha sido alcanzado se repite el procedimiento en un lugar diferente. No se debe profundizar un corte previo porque esto puede afectar la adherencia a lo largo de la incisión.

**3.1.2.4** Cortar un pedazo de cinta adhesiva de aproximadamente 75 mm de largo

**NOTA:** tener precaución de no contaminar el área que contiene el adhesivo de la cinta que será utilizada en el ensayo

**3.1.2.5** Colocar el centro de la cinta sobre la intersección del corte y sus alrededores, a lo largo de los ángulos más pequeños del corte, dejando un extremo libre, después alisarla con el dedo, luego frotar firmemente con el borrador de goma para lograr un buen contacto, un indicador del buen contacto es el cambio de color bajo la cinta.

**3.1.2.6** Después de  $90 \text{ s} \pm 30 \text{ s}$  de la aplicación, retirar la cinta de la superficie halando rápidamente del extremo libre formando un ángulo de aproximadamente  $180^\circ$ .

**3.1.2.7** Inspeccionar la remoción de pintura en el área del corte en X.

**3.1.2.8** Clasificar la adherencia de acuerdo a la escala que se indica en la tabla 1

**TABLA 1. Clasificación de la adherencia.**

<b>Clasificación</b>	<b>Criterio</b>
5 A	No existe desprendimiento de la película o peladuras
4 A	Trazas de peladuras o desprendimiento a lo largo de las incisiones o su intersección
3 A	Desprendimiento dentado a lo largo de las incisiones de hasta 1,6 mm a cada lado
2 A	Cuando la mayor parte del desprendimiento dentado a lo largo de las incisiones es de hasta 3,2 mm a cada lado
1 A	Desprendimiento de la mayor parte del área de la X cubierta por la cinta
0 A	Desprendimiento fuera del área de la X

**3.1.2.9** Repetir el ensayo en otras dos áreas del sustrato de prueba. Para estructuras grandes hacer suficientes cortes para asegurar que la evaluación de la adherencia sea representativa de toda la superficie.

**3.1.2.10** Después de varios cortes, examinar el instrumento de corte y verificar que el borde cortante se encuentre en buenas condiciones. Los aparatos de corte que presenten irregularidades u otros defectos que dañan la película deben ser reemplazados.

### **3.1.3 Errores de método**

Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.

**3.1.3.1 Repetibilidad.** Los resultados obtenidos por el mismo operador deben ser considerados dudosos si difieren en más de un rango.

**3.1.3.2 Reproducibilidad.** Dos resultados obtenidos del promedio del triplicado por diferentes operadores deben ser considerados dudosos si difieren en más de 1,5 rangos

### **3.1.4 Informe de resultados.**

En el informe de resultados debe indicarse:

- a) Identificación completa de la muestra,
- b) Fecha de realización de ensayo,
- c) Identificación del analista,
- d) Norma de referencia,
- e) Reportar el número de evaluaciones, su promedio redondeado y su rango,
- f) Para sistemas de pintura, barnices y productos afines además reportar dónde ha ocurrido la falla, esto es, entre la primera capa y el sustrato, entre la primera y segunda capa, etc,
- g) Reportar el tipo de sustrato, método de curado y las condiciones ambientales en el momento del ensayo,
- h) Para ensayos de campo reportar la estructura u objeto evaluado, la localización y las condiciones ambientales en el momento de la evaluación,
- i) Si el ensayo es realizado después de inmersión, reportar las condiciones de inmersión y el método de preparación de la muestra,
- j) Debe mencionarse además cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

### **3.2 Método B de la cuadrícula**

Este método de ensayo es apropiado para laboratorio y es recomendado para películas secas de espesor menores a 125  $\mu\text{m}$ , se traza una cuadrícula de 6 u 11 cortes en cada dirección atravesando la película de pintura, barnices y productos afines hasta llegar al sustrato, se aplica una cinta adhesiva sobre el corte para luego ser removida, la adhesión será evaluada en una escala de 0 a 5.

**NOTA:** Usar el método B para espesores mayores a 125 micrones, de común acuerdo entre el consumidor y el proveedor, ampliando el espaciamiento entre los cortes.

Para recubrimientos que tengan hasta 50 micrómetros de espesor seco, realizar 11 cortes espaciados a 1 mm. Para recubrimientos con un espesor seco entre 50 micrómetros y 125 micrómetros, hacer 6 cortes espaciados 2 mm. Los cortes deben ser de aproximadamente 20 mm de largo.

#### **3.2.1 Equipos**

- 3.2.1.1** Escarpelo, aparato de corte de una cuchilla o con cuchilla de dientes múltiples para corte cruzado (con 6 u 11 dientes), con filos cortantes en un ángulo entre 15° a 30°.
- 3.2.1.2** Guía de corte, de metal duro y de bordes rectos para asegurar un corte lineal si se utiliza una cuchilla.
- 3.2.1.3** Regla graduada.
- 3.2.1.4** Cinta adhesiva de 25,4 mm de ancho semitransparente sensible a la presión (ver nota 1).
- 3.2.1.5** Borrador de goma.
- 3.2.1.6** Una fuente de luz útil para determinar si los cortes han sido hechos a través de la película seca hasta el sustrato.
- 3.2.1.7** Cepillo de cerdas plásticas.
- 3.2.1.8** Sustrato metálico o madera, plásticos, fibrocemento, concreto y vidrio recomendados de acuerdo al tipo de pintura.
- 3.2.1.9** Cronometro Apreciación  $\pm 1$  s

### 3.2.2 Procedimiento

**3.2.2.1** Asegurar que la superficie esté limpia y seca (valores extremos de temperatura y humedad relativa pueden afectar la adherencia de la cinta). Para muestras que han sido sometidas a inmersión, después de la inmersión limpiar la superficie con un solvente apropiado que no dañe la película de recubrimiento, luego dejar secar, preparar la superficie, o ambos si lo requiere

**3.2.2.2** Colocar el sustrato sobre una base firme y hacer cortes cruzados usando el aparato de corte de una cuchilla o la cuchilla de dientes múltiples. Hacer los cortes en el recubrimiento con un movimiento firme y presión suficiente para que el borde cortante alcance el sustrato.

**3.2.2.3** Realizar cortes perpendiculares a los realizados previamente en la parte central para formar la cuadrícula con la cuchilla correspondiente.

**3.2.2.4** Proceder a limpiar con el cepillo el área de los cortes para remover cualquier residuo de recubrimiento levantado. Si el sustrato no ha sido alcanzado, hacer otro corte igual en otra área hasta alcanzar el sustrato.

**3.2.2.5** Cortar un pedazo de cinta de adherencia de aproximadamente 75 mm de largo (Ver Nota 2).

**3.2.2.6** Colocar el centro de la cinta sobre la rejilla formada por el corte y sus alrededores, dejando un extremo libre, después alisarla con el dedo. Luego frotar firmemente con el borrador de goma para lograr un buen contacto.

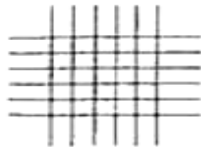
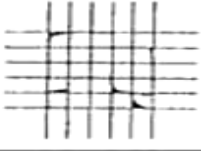



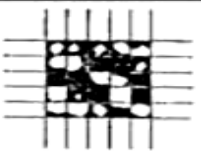
**3.2.2.7** Esperar un tiempo de  $90 \text{ s} \pm 30 \text{ s}$  después de la aplicación y retirar la cinta de la superficie halando rápidamente del extremo libre formando un ángulo de aproximadamente  $180^\circ$ .

**3.2.2.8** Inspeccionar bajo la fuente de luz, el área de la rejilla para comprobar si hay remoción del recubrimiento, comparando la cuadrícula resultante con las que se indican en la figura 1, seleccionar la más parecida y evaluar la adherencia.

**Tabla 2. Cuadro para evaluación**

5B	Los bordes de los cortes son completamente lisos; ninguno de los cuadros de la cuadrícula han sido desprendidos.
4B	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.
3B	Pequeñas secciones de recubrimiento han sido desprendidas a lo largo del borde y las intersecciones del corte. El área afectada se encuentra entre el 5% - 15% de la cuadrícula.
2B	El recubrimiento fue desprendido a lo largo del borde y en parte de los cuadrados. El área afectada es entre 15% - 35% de la cuadrícula
1B	El recubrimiento fue desprendido a lo largo de los bordes de corte, largos segmentos y cuadrados completos han sido desprendidos. El área afectada es entre 35% – 65% de la cuadrícula.
0B	Desprendimiento y deterioro mayor que el grado 1B.

FIGURA 1. Cuadro de comparación de corte en cruz

CLASIFICACIÓN	% de Area Removida	Superficie del área de corte – cruz desde la cual ha ocurrido la descamación para 6 cortes y rango de % de adhesión.
5B	0% Ninguno	
4B	Menos que 5%	
3B	5% - 15%	
2B	15% - 35%	
1B	35% - 65%	
0B	Mas que 65%	

**3.2.2.9** Repetir el ensayo en otros dos sitios de cada panel de prueba.

### 3.2.3 Errores de método

Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.

**3.2.3.1 Repetibilidad.** Los resultados obtenidos por el mismo operador deben ser considerados dudosos si difieren en más de un rango

**3.2.3.2 Reproducibilidad.** Dos resultados obtenidos por diferentes operadores deben ser considerados dudosos si difieren en más de dos rangos

### 3.2.4 Informe de resultados

En el informe de resultados debe indicarse:

- a) identificación completa de la muestra,
- b) fecha de realización de ensayo ,

- c) identificación del analista,
- d) norma de referencia,
- e) reportar el número de evaluaciones, su promedio redondeado y su rango. la adherencia es igual al 100% menos el porcentaje de desprendimiento:

$$\text{Rango de \% adherencia} = 100\% - \text{rango de \% desprendimiento.} \quad (1)$$

- f) para sistemas de recubrimientos además reportar dónde ha ocurrido la falla, esto es, entre la primera capa y el sustrato, entre la primera y segunda capa, etc,
- g) reportar el tipo de sustrato, método de curado y las condiciones ambientales en el momento del ensayo,
- h) para ensayos de campo reportar la estructura u objeto evaluado, la localización y las condiciones ambientales en el momento de la evaluación,
- i) si el ensayo es realizado después de inmersión, reportar las condiciones de inmersión y el método de preparación de la muestra,
- j) debe mencionarse además cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

PROYECTO

## BIBLIOGRAFÍA

ASTM D 3359: 2009. *Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test. Estados Unidos de America 2009*

PROYECTO

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 1006 Segunda revisión	<b>TÍTULO: PINTURAS BARNICES Y PRODUCTOS AFINES. DETERMINACIÓN DE ADHERENCIA MEDIANTE PRUEBA DE LA CINTA.</b>	<b>Código ICS:</b> 87.040
--	---	------------------------------

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 20/02/2015	<b>REVISIÓN:</b> La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de por Resolución No. publicado en el Registro Oficial No.  Fecha de iniciación del estudio:
--	---

Fechas de consulta pública:

Comité Técnico de:

Fecha de iniciación: 2017-01-26

Fecha de aprobación: 2017-01-26

Integrantes del Comité:

### NOMBRES:

### INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Sabrina Romero (Presidente Ocasional)	PINTURAS CÓNDOR
Ing. Karina Flores	PINTURAS WESCO
Lcda. Carolina Trunk	PINTUCO
Ing. Fernando Villacís	CAMICOM
Ing. Nicolás Plaza	PINTURAS UNIDAS
Ing. Estefanía Abad	CAMICON (Video conferencia)
Ing. Jessica Olivera	P&Q (Video conferencia)
Ing. Esteban Almeida (Secretario Técnico)	INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN
Ing. Sabrina Romero (Presidente Ocasional)	PINTURAS CÓNDOR
Ing. Karina Flores	PINTURAS WESCO

Otros trámites: Esta NTE INEN 1006:2017 (2R), reemplaza a la NTE INEN 1006:98 (1R)

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como:  
No.

Por Resolución No.

Registro Oficial



---

Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891  
Dirección Ejecutiva: E-Mail: [direccion@normalizacion.gob.ec](mailto:direccion@normalizacion.gob.ec)  
Dirección de Normalización: E-Mail: [consultanormalizacion@normalizacion.gob.ec](mailto:consultanormalizacion@normalizacion.gob.ec)  
Dirección Zonal Guayas: E-Mail: [inenguayas@normalizacion.gob.ec](mailto:inenguayas@normalizacion.gob.ec)  
Dirección Zonal Azuay: E-Mail: [inencuenca@normalizacion.gob.ec](mailto:inencuenca@normalizacion.gob.ec)  
Dirección Zonal Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@normalizacion.gob.ec](mailto:inenriobamba@normalizacion.gob.ec)  
[URL:www.normalizacion.gob.ec](http://www.normalizacion.gob.ec)

1998-09-23

---

**RESISTENCIA DE LOS RECUBRIMIENTOS  
ORGÁNICOS A LOS EFECTOS DE LA  
DEFORMACIÓN RÁPIDA (IMPACTO)**



E: STANDARD TEST METHOD FOR RESISTANCE OF  
ORGANIC COATING TO THE EFFECTS OF RAPID  
DEFORMATION (IMPACT)

---

CORRESPONDENCIA: esta norma es una adopción  
equivalente ((EQV) de la ASTM  
D 2794-93.

---

DESCRIPTORES: pintura; revestimiento; ensayo  
mecánico; ensayo; ensayo de impacto

---

I.C.S.: 87.040.00

---

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)  
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

---

Prohibida su reproducción

Primera actualización

## PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

**ICONTEC** es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 877 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo de 1998-09-23.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en Consulta Pública y que pertenece al Comité Técnico 352101 "Pinturas y productos afines" .

ANDERCOL	EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN
B.P. EXPLORATION	ICO PINTURAS
BASF QUÍMICA	INDUSTRIAS PERMAPINT
CENTRAL DE DISOLVENTES	ISAGEN
COMPAÑÍA PINTUCO	PREFLEX
CORPORACIÓN PARA LA	PYASA COLOMBIANA
INVESTIGACIÓN DE LA CORROSIÓN	SIKA ANDINA
ECOPETROL	UNIVERSIDAD DEL VALLE
EDUARDO LONDOÑO Y SUCESTORES	

**ICONTEC** cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

**DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN**

**RESISTENCIA DE LOS RECUBRIMIENTOS ORGÁNICOS A  
LOS EFECTOS DE LA DEFORMACIÓN RÁPIDA (IMPACTO)**

**1.    OBJETO**

Esta norma cubre un procedimiento para deformar rápidamente por impacto una película de recubrimiento y su sustrato y para evaluar el efecto de dicha deformación.

Debido a la poca reproducibilidad del método, esta norma se debe restringir a ensayos en un laboratorio cuando se usan los valores numéricos. Los resultados interlaboratorios mejoran cuando se usa la clasificación en lugar de los valores numéricos.

Esta norma no pretende solucionar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

**2.    REFERENCIAS NORMATIVAS**

**2.1    NORMAS ASTM**

D 609 Practice for Preparation of Cold-rolled Steel Panels for Testing Paint, Varnish, Conversion Coatings, Lacquer and Related Coating Products.

D 823 Practices for Producing Films of Uniform Thickness of Paint, Varnish, and Related Products of Test Panels

D 1186 Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base

**3.    DEFINICIONES**

**3.1    Resistencia al impacto, de un recubrimiento:** el número de pulgadas-libra (kg.-m) necesarias para producir agrietamiento en el recubrimiento deformado.

#### **4.    RESUMEN DEL MÉTODO**

**4.1**    Los recubrimientos orgánicos bajo ensayo se aplican a paneles metálicos delgados. Después que los recubrimientos han curado, se deja caer un peso estandarizado a una distancia suficiente para golpear un penetrador que deforme el recubrimiento y el sustrato. La penetración puede ser una intrusión o una extrusión. Aumentando gradualmente la distancia de la que cae el peso, se puede determinar el punto en el que generalmente ocurre la falla. Las películas comúnmente fallan por agrietamiento, lo que se hace más visible por el uso de una lupa, por la aplicación de una solución de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) sobre acero, o por el uso de un detector de poros.

#### **5.    IMPORTANCIA Y USO**

**5.1**    Los recubrimientos unidos a sustratos se someten a impactos dañinos durante la fabricación de los artículos y su uso en servicio. En su uso por muchos años, se ha encontrado que este método para ensayar la resistencia es útil para predecir el funcionamiento de los recubrimientos orgánicos respecto a su habilidad para resistir el agrietamiento causado por los impactos.

#### **6.    APARATOS**

##### **6.1    PROBADOR**

Consiste en un tubo vertical para guiar una pesa cilíndrica que se deja caer sobre un punzón que reposa sobre el panel de ensayo.

##### **6.1.1    Tubo guía**

De 24 pulgadas a 48 pulgadas (0,6 m a 1,2 m) de longitud, montado verticalmente en una placa base. Se corta una ranura a lo largo en un lado del tubo para que actúe como guía de una pesa cilíndrica que encaje dentro del tubo. Se marcan las graduaciones en pulgada-libra a lo largo de la ranura. La base se construye de forma que se pueda insertar un panel plano y delgado a 2 pulgadas (50 mm) debajo del tubo.

##### **6.1.2    Pesa**

Cilindro metálico, hecho para encajar dentro del tubo guía. Se ajusta un pasador en un lado de la pesa para que actúe como guía por la ranura del tubo y que sirva como manija con la cual levantar la pesa y soltarla, además de indicador de las pulgadas-libra (kg. m).

##### **6.2    PENETRADOR**

Punzón de acero con una cabeza hemisférica cuyo diámetro sea de 0,500 pulgadas (12,7 mm) o de 0,625 pulgadas (15,9 mm). La cabeza se apoya sobre el panel de ensayo y el punzón se sostiene verticalmente mediante un anillo de guía.

##### **6.3    SOPORTE DEL PANEL**

Accesorio de acero con un orificio cilíndrico de 0,64 pulgadas (16,3 mm) de diámetro, centrado bajo el penetrador para apoyar el panel de ensayo.

**6.4    LUPA**

**6.5    DETECTOR DE POROS**

**7.    REACTIVOS**

**7.1**    Una solución de sulfato de cobre acidificado ( $\text{CuSO}_4$ ) preparada mediante dilución de 10 g de  $\text{CuSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$  en 90 g de una solución de HCl 1N.

**8.    ESPECÍMENES DE ENSAYO**

**8.1**    Se aplican recubrimientos uniformes del material por ensayar a paneles de acero, calibre 24 (0,025 pulgadas ó 0,63 mm) tratados con un recubrimiento de conversión conforme con el procedimiento A de la norma D 609, a menos que se especifique algo diferente. Se prepara un mínimo de cuatro paneles recubiertos por cada material.

Nota 1. Los recubrimientos se deben aplicar de acuerdo con la norma D 823, o como acuerden el productor y el usuario. Se pueden utilizar otros paneles de acero de otros calibres, si se llega a un acuerdo entre el productor y el usuario.

**8.2**    Se curan los paneles recubiertos bajo condiciones de humedad y temperatura acordadas entre el productor y el usuario.

Nota 2. El espesor de los recubrimientos secos se debe medir como indica la NTC 591.

**9.    ACONDICIONAMIENTO**

**9.1**    A menos que el productor y el usuario lleguen a un acuerdo diferente, se acondicionan los paneles de ensayo recubiertos por lo menos durante 24 h, a una temperatura de  $73,5 \text{ °F} \pm 3,5 \text{ °F}$  ( $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ ) y  $50 \% \pm 5 \%$  de humedad relativa. El ensayo se realiza en el mismo ambiente o inmediatamente se salga de él.

**10.    PROCEDIMIENTO**

**10.1**    Se instala el punzón con el diámetro de cabeza especificado o acordado. Se coloca el panel de ensayo en el aparato con el lado recubierto encima o debajo, según se especifique o acuerde. Se debe estar seguro de que el panel queda plano contra la base de apoyo y que el penetrador haga contacto con la superficie superior del panel. Se coloca la pesa con cuidado sobre el penetrador y se ajusta el tubo guía de manera que el pasador quede en la marca de cero. Se eleva la pesa arriba del tubo hasta una altura en que no se espere que ocurra una falla. Se suelta la pesa para que caiga sobre el penetrador.

**10.2**    Se retira el panel de ensayo del aparato y se observa si en el área de impacto hay grietas en el recubrimiento. Si no se evidencia ninguna, se repite el procedimiento a mayor altura, aumentando 1 pulgada cada vez. Una vez se observan grietas, se repite el ensayo cinco veces en cada una de tres alturas; ligeramente arriba, ligeramente abajo y a la determinada en la primera prueba. Se ensaya al azar para que todos los impactos desde una

altura no se hagan en sucesión ni en un solo panel.

**10.3** Se examinan si hay agrietamiento en las áreas que recibieron el impacto por cualquiera de los siguientes métodos:

**10.3.1** Se usa una lupa para examinar el área en busca de agrietamiento.

**10.3.2** Se mantiene un paño blanco tipo franela saturado con la solución acidificada de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) (véase el numeral 7.1) sobre las áreas inspeccionadas por lo menos durante 15 min. Se retira el paño y se examinan tanto éste como las áreas de ensayo en busca de evidencia de deposición de cobre o de manchas de óxido de hierro, respectivamente.

Nota 3. La solución de sulfato de cobre no funciona adecuadamente en el metal tratado con fosfato de cinc, a menos que se agriete el recubrimiento de conversión.

**10.3.3** Para detectar rupturas en la película con un detector de poros, se conecta primero el alambre de tierra del instrumento al substrato desnudo y se conecta el instrumento a una fuente de energía eléctrica. Se humedece la esponja de sonda con agua del grifo y lentamente se pasa sobre las áreas de impacto. Una alarma audible indicará la presencia de grietas.

**10.4** Para cada nivel de pulgada-libra (kg-m), se tabula el número de veces que el recubrimiento pasó o falló. El valor en que el resultado cambie desde la mayoría de "pasa" hasta la mayoría de "falla" es el punto final de falla por impacto.

## **11.    INFORME**

**11.1** Se informa lo siguiente para cada recubrimiento ensayado

**11.1.1** Las pulgadas-libra (kg-m) en el punto final de falla por impacto.

**11.1.2** Si se utilizó intrusión o extrusión.

**11.1.3** Diámetro del punzón utilizado

**11.1.4** Espesor del recubrimiento.

**11.1.5** Espesor del substrato y tipo de metal.

**11.1.6** Método de preparación del panel

**11.1.7** Condiciones atmosféricas bajo las cuales se acondicionaron y ensayaron los paneles.

Nota 4. Debido a la poca reproducibilidad de este método, el informe de pulgadas-libra (kg-m) al comparar la resistencia al impacto en recubrimientos, se debe restringir a un laboratorio. Para comparaciones interlaboratorios se deben reportar las clasificaciones de los recubrimientos por resistencia al impacto.

**12.    PRECISIÓN Y DESVIACIÓN**

**12.1** Con base en un ensayo interlaboratorio en el que operadores de seis laboratorios ensayaron tres pinturas con un amplio rango de resistencia al impacto en dos sustratos metálicos, los coeficientes interlaboratorios de variación fueron como se indica a continuación:

	<b>Coefficiente de variación</b>	
	<b>Intrusión, %</b>	<b>Extrusión, %</b>
Recubrimiento quebradizo (menos de 6 pulgadas-lb)	25	100
Recubrimiento promedio (entre 6 y 140 pulgadas-lb)	80	100
Recubrimiento flexible (más de 140 pulgadas-lb) (punzón de 0,625 pulgadas de diámetro)	10	25

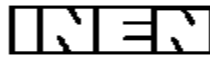
**12.2    DESVIACIÓN**

Como no hay material de referencia aceptado para determinar la desviación para el procedimiento en esta norma, no se puede determinar la desviación.

**DOCUMENTO DE REFERENCIA**

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Resistance of Organic Coats to the Effects of Rapid Deformation. ASTM D2794 -93. 2 p. 1993.





# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1 002:98**  
**Primera revisión**

---

---

## **PINTURAS Y PRODUCTOS AFINES. DETERMINACIÓN DE LA FLEXIBILIDAD MEDIANTE MANDRILES CÓNICOS.**

**Primera Edición**

PAINTS AND RELATED PRODUCTS. DETERMINATION OF FLEXIBILITY BY MEANS OF CONIC MANDREL.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Pinturas, productos afines, recubrimientos, método de ensayo, flexibilidad.  
QU 04.05-303  
CDU: 667.613  
CIU: 3521  
ICS: 87.040

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b>	<b>PINTURAS Y PRODUCTOS AFINES. DETERMINACIÓN DE LA FLEXIBILIDAD MEDIANTE MANDRILES CÓNICOS.</b>	<b>NTE INEN 1 002:98 Primera revisión 1998-05</b>
---	--	---

## 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método para determinar la flexibilidad y elasticidad de una película de pintura seca aplicada sobre un panel de ensayo que se somete a doblado sobre mandriles cónicos. El ensayo de flexibilidad de pinturas sobre mandril se practica según dos métodos.

- a) Doblado alrededor de mandriles cilíndricos de distintos diámetros.
- b) Doblado alrededor de mandril cónico con radio de curva progresivo.

## 2. MÉTODO DE ENSAYO

### 2.1 Resumen.

2.1.1 Preparar un panel con la pintura que debe ensayarse. Colocar en el aparato de mandriles cónicos y proceder a doblarlos.

### 2.2 Equipos

2.2.1 Mandril cónico con radio de curvatura progresivo. Consiste en un cono truncado, rectificado y de acero. Tiene 203 mm de longitud con un diámetro de 3 mm en un extremo y 38 mm de diámetro en el otro. Está sujeto con un soporte montado sobre una placa de base maciza de acero. Esta placa tiene cuatro agujeros para atornillar el aparato a la mesa de trabajo. A un costado del mandril paralelo a la generatriz del cono se encuentra el dispositivo de sujeción de las chapas de ensayo que se compone de una placa con tuercas de mariposa y un tope. El arco doblador, con palanca de mano y presa paneles, está sujeto en el eje del cono.

2.2.2 Se utilizan láminas de acero cuyas dimensiones son de aproximadamente 190 mm x 115 mm x 0,8 mm o 290 mm x 115 mm x 0,8 mm. El espesor de la película seca en una de las caras del panel puede ser de 25,4 µm o a convenirse entre las partes.

### 2.3 Procedimiento

2.3.1 La determinación debe realizarse por duplicado

2.3.2 El recubrimiento aplicado sobre el panel debe tener un espesor uniforme y estar curado.

2.3.3 Colocar el rodillo del aparato de modo que el mango del mismo se ubique frente al operador en una posición horizontal.

2.3.4 Colocar el panel con la superficie pintada hacia afuera en el canal del aparato, insertar un papel entre la superficie pintada y el rodillo del aparato.

2.3.5 Ajustar el panel mediante las tuercas tipo mariposa de modo que el borde del panel esté alineado con el extremo más delgado del mandril cónico.

2.3.6 Levantar el mango del rodillo a una velocidad uniforme, girar 180° a fin de doblar el panel aproximadamente 135°, en un tiempo de 15 segundos.

(Continúa)

DESCRIPTORES: pinturas, productos afines, recubrimientos, método de ensayo, flexibilidad.

**2.3.7** Examinar la superficie doblada del panel a simple vista y observar si se encuentran rajaduras en la superficie recubierta.

**2.3.8** Determinar y señalar, la rajadura más alejada del extremo pequeño del mandril, indicando la distancia en centímetros a dicho extremo. Esta distancia es usada para calcular la flexibilidad.

**2.3.9** Para retirar el panel, retornar el mango del rodillo a su posición inicial, aflojar las tuercas y levantar el panel del mandril cónico.

## **2.4 Cálculos**

**2.4.1** Determinar la flexibilidad del acabado desde las coordenadas de la curva indicada en la figura 1. Esta curva representa la relación entre el porcentaje de flexibilidad y el diámetro del mandril cónico para un espesor de 25 µm de recubrimiento. La relación entre la distancia a lo largo del mandril cónico y el correspondiente diámetro ha sido también trazada en esta curva.

**2.4.2** Ajustar el valor obtenido del porcentaje de flexibilidad de la figura 1 para el espesor del recubrimiento añadiendo el factor de corrección obtenido de la figura 2.

**2.4.3** Ejemplo: Suponga que la distancia entre el extremo pequeño del mandril y la rajadura más alejada de este extremo es de 75 mm. En la figura 1, determine el porcentaje de flexibilidad para esta distancia, siendo en este ejemplo 5,2 %. Para corregir el valor obtenido debido al espesor del recubrimiento utilice la figura 2. Para la distancia de 75 mm la corrección por 25 µm de espesor de recubrimiento es 0,3 %. Si en el ejemplo el espesor es de 50 mm, el porcentaje de flexibilidad es de  $5,2 + (2 \times 0,3) = 5,8$  %.

## **2.5 Informe de resultados**

**2.5.1** En el informe de resultados debe indicarse:

**2.5.1.1** El valor de flexibilidad como porcentaje con aproximación de una cifra decimal.

**2.5.1.2** Tipo, número de la muestra o cualquier otra indicación que la identifique.

**2.5.1.3** NTE INEN de referencia.

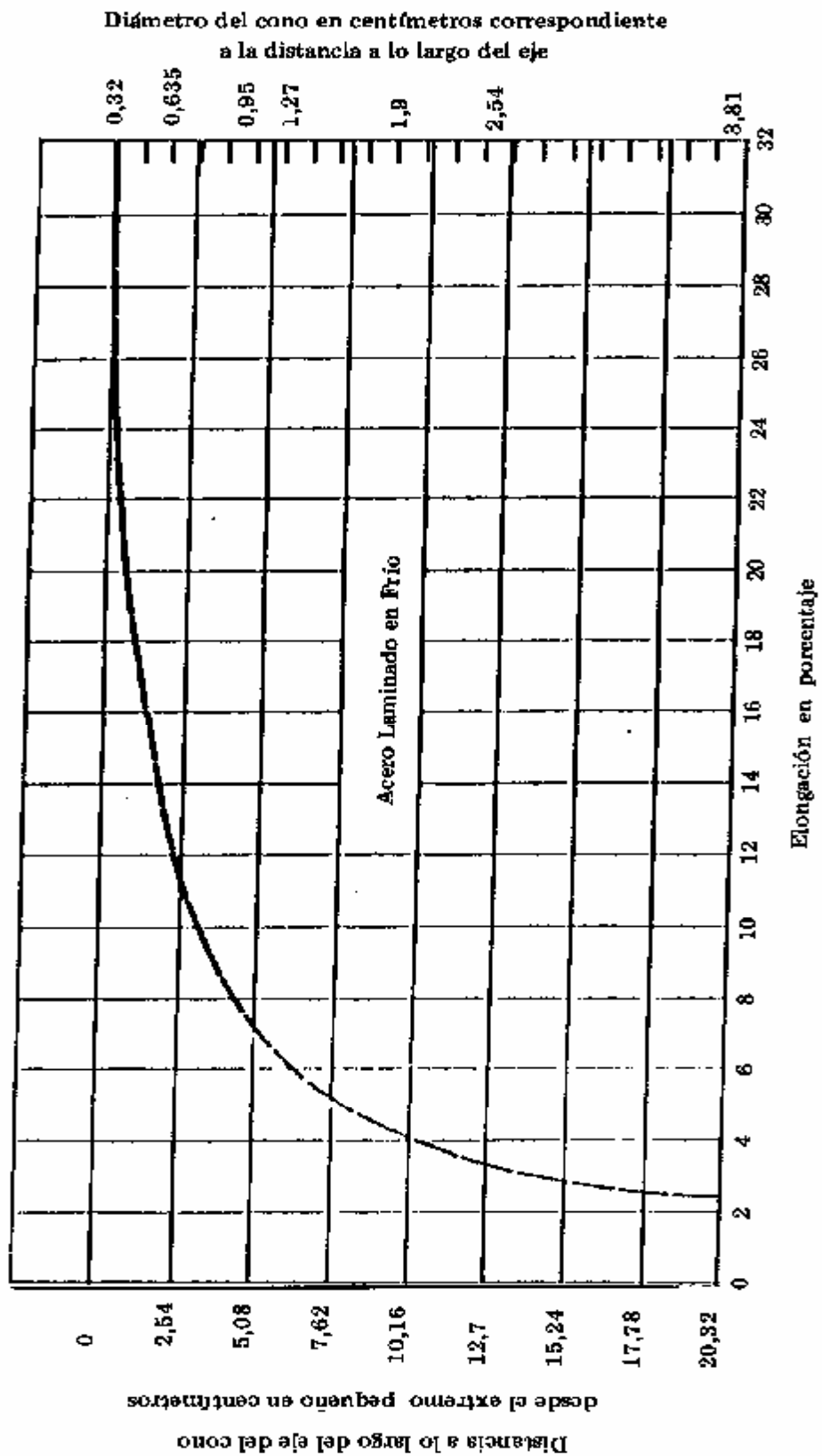
**2.5.1.4** Fecha de muestreo y ensayo.

**2.5.1.5** Debe mencionarse, además cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

**2.5.1.6** Deben incluirse todos los detalles para la completa identificación de la muestra.

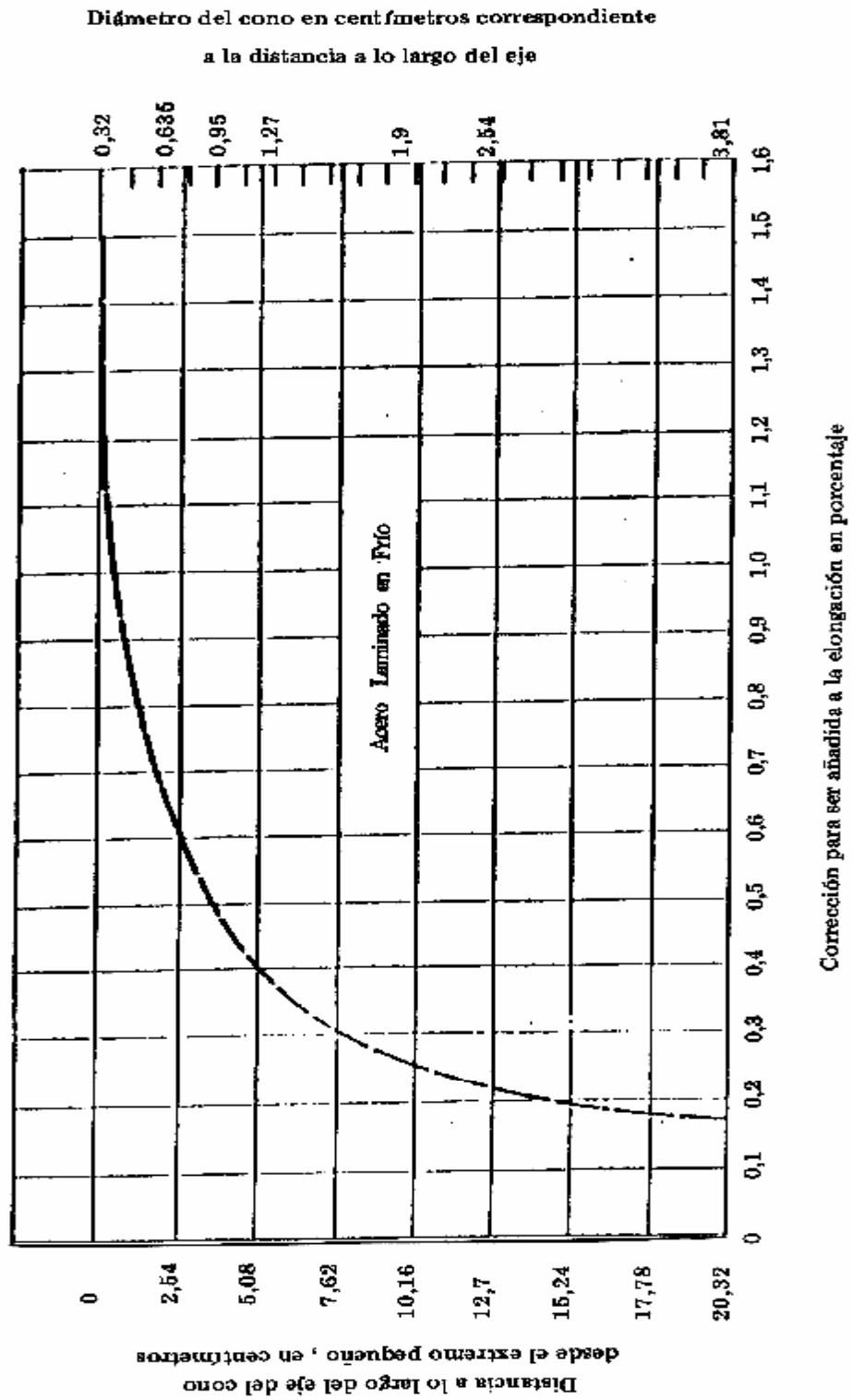
*(Continúa)*

**FIGURA 1. Distancia a lo largo del cono y tamaño del mandril correspondiente versus el porcentaje de elongación**



(Continúa)

FIGURA 2. Corrección para espesor de la película



(Continúa)

**APÉNDICE Z****Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

**Z.2 BASES DE ESTUDIO**

Norma ASTM D 522 Standard *Test Method Mandrel Bend Test of Attached Organic Coatings*. American Society for Testing and Materials, Philadelphia. 1 995.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 1 002 Primera revisión	<b>TÍTULO: PINTURAS Y PRODUCTOS AFINES.</b> <b>DETERMINACIÓN DE LA FLEXIBILIDAD MEDIANTE</b> <b>MANDRILES CÓNICOS.</b>	<b>Código:</b> <b>QU 04.05-303</b>
---	--	---------------------------------------

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1983-04-21 Oficialización por Acuerdo No. 599 de 1983-12-08 publicado en el Registro oficial No. 650 De 1983-12-29  Fecha de iniciación del estudio: 1995-01-16
--	--

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Subcomité Técnico: PINTURAS  
 Fecha de iniciación: 1995-04-06  
 Integrantes del Subcomité Técnico: \_\_\_\_\_  
 Fecha de aprobación: 1995-04-06

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Ing. Alberto Corredor (Presidente)	PINTURAS UNIDAS
Ing. Edison Bohórquez	PINTURAS CÓNDOR
Ing. Marco Rosales	PINTURAS CÓNDOR
Dra. Ana Lucía Toro	PINTURAS CÓNDOR
Dr. Byron Cajas	PINTURAS CÓNDOR
Ing. Hugo Salazar	PINTURAS WESCO
Ing. Héctor Benítez	PINTURAS SHERWIN WILLIAMS
Quim. Ind. Juan Méndez	PINTURAS SUPERIOR
Ing. Samuel Sánchez	PINTUQUIMICA
Ing. Juan Elizalde	PINTURAS ECUATORIANAS GLIDDEN
Ing. Rocío Ampuero	PINTURAS HEMPEL
Ing. Luis Espín	DELTA QUÍMICOS
Ing. María Betancourt	ULTRAQUIMICA
Ing. María Jarrín	ULTRAQUIMICA
Dr. Luis Guevara	ESPOCH
Dr. Rodrigo Páez	CHOVA DEL ECUADOR S. A.
Ing. Franklin Bayas	CHOVA DEL ECUADOR S. A.
Ing. Trajano Ramírez	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Ing. Pedro Villacís	INGENIERÍA QUÍMICA - U. CENTRAL
Ing. César Alvarado	INGENIERÍA QUÍMICA - U. CENTRAL
Dr. Washington Núñez	CIENCIAS QUÍMICAS - U. CENTRAL
Arq. Fernando Bajaña	IESS
Eco. Edwin Fierro	MICIP
Ing. Rodrigo Rodríguez	MICIP
Ing. Milton Avilés	MICIP
Ing. Rosa Yépez	CENDES
Ing. Rita Nenger	CENAPIA
Ing. César Jara (Secretario Técnico)	INEN

Otros trámites:

**CARÁCTER:** Se recomienda su aprobación como: OBLIGATORIA

Aprobación por Consejo Directivo en sesión de 1998-03-18 como: Voluntaria	Oficializada como: Voluntaria Por Acuerdo Ministerial No. 255 De 1998-05-15 Registro Oficial No. 325 De 1998-05-26
--	--

