



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DE ACUERDO CON LAS NORMAS ASTM D 3363, ASTM D 4138, ASTM D 3359 EN LOS ESTRIBOS Y ROLL BARS DE VEHÍCULOS, Y LOS FACTORES QUE INCIDEN DENTRO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA “INARECROM S.A.” DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

**ANCHALUISA PARRA LUIS MARCELO  
CASTRO CEVALLOS WILLIAN ISRAEL  
TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

**Previa a la obtención del Título de:  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**Riobamba–Ecuador**

**2018**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2016-11-08

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**ANCHALUISA PARRA LUIS MARCELO**

Titulado:

**“DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE  
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DE ACUERDO CON LAS  
NORMAS ASTM D 3363, ASTM D 4138, ASTM D 3359 EN LOS  
ESTRIBOS Y ROLL BARS DE VEHÍCULOS, Y LOS FACTORES  
QUE INCIDEN DENTRO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE  
LA EMPRESA “INARECROM S.A.” DE LA CIUDAD DE  
AMBATO”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Marco Homero Almendáriz Puente  
**DIRECTOR**

---

Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano  
**ASESOR**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2016-11-08

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**WILLIAN ISRAEL CASTRO CEVALLOS**

Titulado:

**“DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE  
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DE ACUERDO CON LAS  
NORMAS ASTM D 3363, ASTM D 4138, ASTM D 3359 EN LOS  
ESTRIBOS Y ROLL BARS DE VEHÍCULOS, Y LOS FACTORES  
QUE INCIDEN DENTRO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE  
LA EMPRESA “INARECROM S.A.” DE LA CIUDAD DE  
AMBATO”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Marco Homero Almendáriz Puente  
**DIRECTOR**

---

Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano  
**ASESOR**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

## **EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** ANCHALUISA PARRA LUIS MARCELO

Fecha de examinación: 2018-01-22

**TRABAJO DE TITULACIÓN:**

**“DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DE ACUERDO CON LAS NORMAS ASTM D 3363, ASTM D 4138, ASTM D 3359 EN LOS ESTRIBOS Y ROLL BARS DE VEHÍCULOS, Y LOS FACTORES QUE INCIDEN DENTRO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA “INARECROM S.A.” DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB.DEFENSA</b>			
Ing. Marco Homero Armendáriz Puente <b>TUTOR</b>			
Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano <b>ASESOR</b>			

\*Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:**

---

---

El presidente del tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido

---

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

## **EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CASTRO CEVALLOS WILLIAN ISRAEL

Fecha de examinación: 2018-01-22

**TRABAJO DE TITULACIÓN:**

**“DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DE ACUERDO CON LAS NORMAS ASTM D 3363, ASTM D 4138, ASTM D 3359 EN LOS ESTRIBOS Y ROLL BARS DE VEHÍCULOS, Y LOS FACTORES QUE INCIDEN DENTRO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA “INARECROM S.A.” DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB.DEFENSA</b>			
Ing. Marco Armendáriz Puento <b>TUTOR</b>			
Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano <b>ASESOR</b>			

\*Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:**

---

---

El presidente del tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido

---

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de titulación que presentamos es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Anchaluisa Parra Luis Marcelo

---

Willian Israel Castro Cevallos

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Luis Marcelo Anchaluísa Parra y Willian Israel Castro Cevallos, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

Luis Marcelo Anchaluísa Parra  
Cédula de Identidad: 060389008-8

---

Willian Israel Castro Cevallos  
Cédula de Identidad: 060418309-5

## **DEDICATORIA**

Primeramente quiero agradecer a Dios por permitirme cumplir una meta más en mi vida, segundo quiero dedicar este este logro a quienes permitieron que mi carrera llegue a su culminación como es mi madre Dorita Esther que con sus consejos, cuidados, supo guiarme correctamente, a mi padre Carlos quien inculco en mí, valores de dedicación esfuerzo y trabajo, a mis hermanos Fabián y Juan quienes supieron ser día a día un buen ejemplo para mí, pero sobre todo a mis dos hijos Carlos Andrés y Samantha Nohemy quienes han sido los pilares fundamentales para alcanzar esta meta, espero que ellos vean como un ejemplo a su padre para que puedan alcanzar muchas metas más, y por último a mi esposa Andrea Valeria quien ha estado en los momentos buenos y malos en el transcurso de mi vida estudiantil.

**LUIS MARCELO ANCHALUISA PARRA**

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

**WILLIAN ISRAEL CASTRO CEVALLOS**

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento especial a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirnos las puertas y formar profesionales de bien con preparación tanto académica, científica y tecnológica de calidad, a los ingenieros Marco Homero Armendáriz Puentes y Ángel Geovanny Guamán Lozano quienes supieron guiar correctamente todo el proceso del proyecto para que pueda llegar a su culminación exitosa, y por último a la Escuela de Ingeniería Industrial en general.

**LUIS MARCELO ANCHALUISA PARRA**

Los resultados de este proyecto están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna forma, son parte de su culminación, quienes, con su ayuda desinteresada, se tuvo información relevante, próxima, pero muy cercana a la realidad de nuestras necesidades. A los muchachos de la empresa INARECROM S.A, los cuáles plasmaron nuestros resultados investigativos en diseños originales, de gran realce para el éxito del proyecto. A nuestras familias por siempre brindarnos su apoyo, tanto sentimental, como económico sin el cual no hubiésemos podido salir adelante.

Gracias Dios, gracias padres y hermanos.

**WILLIAN ISRAEL CASTRO CEVALLOS**

## RESUMEN

Es importante la verificación de los parámetros de calidad de tratamientos superficiales en roll-bars y estribos producidos por la empresa “INARECROM S.A” de la ciudad de Ambato para que los productos de la empresa cumplan con los requerimientos técnicos de calidad y así poder determinar la productividad de la empresa. Se procederá a realizar las pruebas en probetas de las mismas características de roll bars y estribos tratándolas bajo las mismas condiciones y parámetros utilizados en los tratamientos superficiales, y así obtener probetas donde se realizará ensayos de dureza para conocer la resistencia que tendrá a las cargas estáticas y dinámicas a las que sea sometido. Se analizará la adhesión con el fin de que exista una adecuada unión al sustrato y espesor para poder conocer su comportamiento al aplicarse una determinada presión bajo un tiempo determinado. Para ello se aplicó las normas: Para adherencia mediante la norma ASTM D 3359 que es un método de prueba estándar para la adhesión por prueba de cinta, para dureza mediante la norma ASTM D 3363 que es un método de prueba estándar para dureza por prueba de lápiz. Para espesor mediante la norma ASTM D 4138 que es un medidor de espesor de película seca mediante medios destructivos y de corte transversal. Al concluir el proyecto se pudo determinar que mediante los ensayos mencionados se logró estandarizar el proceso de aplicación de tratamientos superficiales, así mismo se logró el aumento de la productividad en 10% en los estribos y 9% en roll bars. Se recomienda aplicar las 5S de la calidad para mejorar la calidad en los productos como es: limpieza, clasificación y descarte, organización, disciplina e higiene. Así mismo, implementar un área de control de calidad a los productos terminados.

**Palabras claves:** <CALIDAD>, <TRATAMIENTOS SUPERFICIALES>, <ADHERENCIA>, <ESPESOR>, <DUREZA>, <SUBSTRATO>, <PRODUCTIVIDAD>.

# CONTENIDO

## CAPÍTULO I

### MARCO REFERENCIAL

1	Introducción.....	1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	Objetivo General.....	2
1.3.2	Objetivos específicos.....	2
2	Marco teórico.....	3
2.1	Misión.....	3
2.2	Visión.....	3
2.3	Política de seguridad.....	3
2.4	Los recubrimientos superficiales.....	4
2.4.1	Proceso de galvanoplastia.....	4
2.4.2	Inmersión por caliente.....	5
2.5	Características físicas.....	6
2.5.1	Dureza.....	6
2.5.2	Fatiga.....	6
2.5.3	Resistencia a la corrosión.....	7
2.6	Tipos de recubrimientos utilizados para el cromado.....	7
2.6.1	Cromado decorativo.....	7
2.6.2	Cromado ingenieril o tecnológico.....	8
2.7	PROCESO GENERAL DE CROMADO DE LA EMPRESA INARECROM S.A.....	9

2.7.1	Limpieza (decapado).....	10
2.7.2	Pulido.....	10
2.7.3	Desengrase.....	10
2.7.4	Lavado.....	10
2.7.5	Neutralizante.....	10
2.7.6	Enjuague.....	11
2.7.7	Níquel mate.....	11
2.7.8	Níquel brillante.....	11
2.7.9	Enjuague de níquel.....	11
2.7.10	Cromado.....	11
2.7.11	Enjuague del cromado.....	12
2.8	Pruebas típicas de control de calidad de recubrimientos.....	12
2.9	Equipos de trabajo.....	13
2.10	Medidores de adherencia.....	14
2.10.1	Cortador de trama cruzada El cometer 107.....	14
2.11	Medidores de dureza.....	15
2.11.1	Medidor de Recubrimientos Elcometer 141.....	17
2.12	La administración de la producción en relación con los procesos superficiales de la empresa INARECROM S.A.....	18
2.12.1	Procesos de producción y planes de tecnología.....	18
3	Ensayos físicos de los recubrimientos superficiales.....	20
3.1	Procedimiento para determinar adhesión según la norma Astm d 3359.....	20
3.1.1	Introducción.....	20
3.2	Métodos De Prueba De Adherencia.....	20
3.2.1	Método de Prueba mediante el Sistema de cuadrícula.....	20
3.3	Adherencia por trama cruzada.....	21
3.4	Procedimiento.....	21

3.5	Procedimiento para determinar dureza según la norma ASTM D 3363. ....	24
3.5.1	Introducción. ....	24
3.5.2	Aplicación. ....	24
3.6	Procedimiento para determinar espesor según la norma ASTM D 4138. ....	26
3.6.1	Introducción. ....	26
3.6.2	Medidores de espesor de revestimiento tipo destructivo. ....	26
3.7	Análisis de los tratamientos superficiales con un enjuague por inmersión y presión (IP) respecto a un enjuague por presión (P). ....	29
3.8	Dureza .....	30
3.9	Adherencia .....	30
3.10	Espesor .....	31
3.11	Análisis de dureza en los tiempos de exposición en el tratamiento superficial ..	33
3.12	Dureza .....	33
3.13	Adherencia .....	33
4	Aplicación de los ensayos superficiales de dureza, adherencia y espesor en Estribos y Roll bars de la empresa “INARECROM S.A” .....	36
4.1	Análisis de estribos .....	36
4.1.1	Prueba de dureza en los estribos .....	36
4.1.2	Prueba de adherencia en los estribos .....	41
4.1.3	Prueba de espesor en los estribos.....	44
4.2	Análisis de roll bars.....	47
4.2.1	Prueba de dureza en los roll bars .....	47
4.2.2	Prueba de adherencia en los roll bars.....	55
4.2.3	Prueba de espesor en los roll bars .....	59
4.3	Tabla resumen de los ensayos en los tratamientos superficiales .....	63
4.3.1	Estribos .....	63
4.3.2	Roll bars.....	63
4.3.3	Análisis de recubrimientos.....	65

5	Análisis de productividad.....	68
5.1	Estribos.....	68
5.2	Roll bars .....	70
5.3	Resumen de análisis de productividad .....	73
5.3.1	Estribos .....	73
	CONCLUSIONES.....	75
	RECOMENDACIONES.....	76

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Comparación de las cantidades de sustancia ocupadas entre baño decorativo e Ingenieril .....	8
<b>Tabla 2-2:</b> Principales sectores usuarios de recubrimientos superficiales a base de cromo .....	8
<b>Tabla 1-2:</b> Comparación de las cantidades de sustancia ocupadas entre baño decorativo e Ingenieril .....	9
<b>Tabla 3-2:</b> Proceso de cromado en la empresa INARECROM S.A .....	9
<b>Tabla 4-2:</b> Pruebas normativas en recubrimientos.....	12
<b>Tabla 5-3:</b> Rejilla de cortes según la norma ISO y ASTM.....	23
<b>Tabla 6-3:</b> Parámetros técnicos del medidor de dureza de lápiz Elcometer 501 .....	25
<b>Tabla 7-3:</b> Parámetros técnicos del medidor de inspección de recubrimientos Elcometer 141.....	27
<b>Tabla 8-3:</b> Referencias normativas para espesores .....	27
<b>Tabla 9-3:</b> Tratamientos superficiales con un enjuague de Inmersión y presión. ....	29
<b>Tabla 10-3:</b> Análisis estadístico del espesor mediante la prueba T-Student en software SPSS .....	31
<b>Tabla 11-3:</b> Resultados prueba T-Student .....	32
<b>Tabla 12-3:</b> Tratamientos superficiales con un tiempo de 35 y 40 segundos.....	32
<b>Tabla 13-3:</b> Análisis estadístico del espesor mediante la prueba T-student en software SPSS. ....	34
<b>Tabla 14-3:</b> Resultados de la prueba T-Student.....	35
<b>Tabla 15-4:</b> Estribo N <sup>a</sup> 1 .....	36
<b>Tabla 16-4:</b> Tiempo de cromado 35 segundos.....	37
<b>Tabla 17-4:</b> Estribo N <sup>o</sup> 2.....	37
<b>Tabla 18-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	38
<b>Tabla 19-4:</b> Estribo N <sup>o</sup> 3.....	39
<b>Tabla 20-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 40 segundos .....	40
<b>Tabla 21-4:</b> Estribo N <sup>o</sup> 1 .....	41
<b>Tabla 22-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	41
<b>Tabla 23 :</b> Estribo N <sup>o</sup> 2 .....	42

<b>Tabla 24-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	42
<b>Tabla 25-4:</b> Estribo N° 3.....	43
<b>Tabla 26-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	43
<b>Tabla 27-4:</b> Estribo N° 1.....	44
<b>Tabla 28-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	44
<b>Tabla 29-4:</b> Estribo N° 2.....	45
<b>Tabla 30-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	45
<b>Tabla 31-4:</b> Estribo N° 3.....	46
<b>Tabla 32-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	46
<b>Tabla 33-4:</b> Roll bar N° 1 .....	47
<b>Tabla 34-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 40 segundos .....	48
<b>Tabla 35-4:</b> Roll bar N° 2 .....	49
<b>Tabla 36-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 40 segundos. ....	50
<b>Tabla 37-4:</b> Roll bar N° 3 .....	51
<b>Tabla 38-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	52
<b>Tabla 39-4:</b> Roll bar N° 4 .....	53
<b>Tabla 40-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 40 segundos .....	54
<b>Tabla 41-4:</b> Roll bar N° 1 .....	55
<b>Tabla 42-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	55
<b>Tabla 43-4:</b> Roll bar N° 2 .....	56
<b>Tabla 44-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	56
<b>Tabla 45-4:</b> Roll bar N° 3 .....	57
<b>Tabla 46-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	57
<b>Tabla 47-4:</b> Roll bar N° 4 .....	58
<b>Tabla 48-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	58
<b>Tabla 49-4:</b> Roll bar N° 1 .....	59
<b>Tabla 50-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	59
<b>Tabla 51-4:</b> Roll bar N° 2 .....	60
<b>Tabla 52-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	60
<b>Tabla 53-4:</b> Roll bar N° 3 .....	61
<b>Tabla 54-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	61
<b>Tabla 55-4:</b> Roll bar N° 4 .....	62
<b>Tabla 56-4:</b> Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos .....	62
<b>Tabla 57-4:</b> Estribo N ° 1.....	63

<b>Tabla 58-4:</b> Estribo N°2.....	63
<b>Tabla 59-4:</b> Estribo N°3 .....	63
<b>Tabla 60-4:</b> Roll bar N°1 .....	63
<b>Tabla 61-4:</b> Roll bar N°2 .....	64
<b>Tabla 62-4:</b> Roll bar N°3 .....	64
<b>Tabla 63-4:</b> Roll bar N°4 .....	64
<b>Tabla 64-4:</b> Resumen de tratamientos superficiales .....	67

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Figura 1-2:</b> Galvanoplastia de un metal con cobre .....	4
<b>Figura 2-2:</b> Roll bar rally cromado .....	5
<b>Figura 3-2:</b> Probador de dureza ultrasónico.....	6
<b>Figura 4-2:</b> Fatiga de materiales .....	6
<b>Figura 5-2:</b> Corrosión de materiales .....	7
<b>Figura 6-2:</b> Cromado decorativo .....	7
<b>Figura 7-2:</b> Proceso de cromado ingenieril .....	8
<b>Figura 8-2:</b> Ensayos de adherencia.....	14
<b>Figura 9-2:</b> Cortador de trama cruzada Elcometer 107 .....	15
<b>Figura 10-2:</b> Métodos para determinar la dureza .....	16
<b>Figura 11-2:</b> Durómetro de lápices.....	16
<b>Figura 12-2:</b> Tipos de medidores de Espesor .....	17
<b>Figura 13-2:</b> Medidor de inspección de recubrimientos Elcometer; <b>Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 14-3:</b> Corte del recubrimiento .....	21
<b>Figura 15-3:</b> Rejilla de patrón en el revestimiento .....	21
<b>Figura 16-3:</b> Cepillado del revestimiento .....	21
<b>Figura 17-3:</b> Colocación de cinta .....	22
<b>Figura 18-3:</b> Extracción de la cinta con un ángulo de 180° .....	22
<b>Figura 19-3:</b> Lápiz Elcometer 501.....	24
<b>Figura 20-3:</b> Ensamble del medidor de dureza Elcometer 501 .....	25
<b>Figura 21-3:</b> Medidor de inspección de recubrimientos Elcometer 141 .....	27
<b>Figura 22-3:</b> Rayado sobre el recubrimiento de la superficie del material.....	28
<b>Figura 23-3:</b> Corte en ángulo recto para espesores.....	28
<b>Figura 24-3:</b> Enfoque del microscopio con el sustrato .....	28
<b>Figura 25-3:</b> Alineación de la escala con el corte realizado .....	29

## CAPITULO I

### **1 Introducción**

#### **1.1 Antecedentes**

En los últimos años, los avances en nuevos materiales de uso tecnológico han incrementado la necesidad de tratamientos superficiales que permitiesen su utilización en diferentes aplicaciones. Entre los más utilizados en el campo industrial están: dureza, adherencia, espesor.

Debido a ello los tratamientos superficiales que se realizan deben cumplir con los requerimientos técnicos con el fin de tener la calidad adecuada y así poder cumplir con las normas establecidas y sus respectivos parámetros técnicos.

Actualmente la empresa INARECROM S.A no consta con equipos aptos para medir el espesor, adherencia, y dureza de los revestimientos obtenidos mediante los tratamientos superficiales razón por la cual la producción de accesorios son en forma casera es decir sin tomar en cuenta la utilidad y necesidad específica del cliente incumpliendo así las normas vigentes que regulan la calidad de los materiales (ASTM D 3363, ASTM D 4138, ASTM D 3359), es por ello que los ensayos de los accesorios metálicos y ensayos no destructivos será un gran progreso para la empresa.

Al tener el conocimiento sobre las características superficiales que tienen los accesorios analizados, la empresa podrá contar con datos que ayuden a tomar las decisiones más adecuadas para poder tener una mejora continua en el proceso de los tratamientos superficiales y así poder llegar a la calidad óptima requerida en el mercado competitivo.

La empresa INARECROM S.A consta de varios productos para el mercado obtenidos mediante los tratamientos superficiales los cuales tienen determinadas características que al ser conocidas ayudarán a la mejora continua en la producción de los mismos logrando un producto de calidad y en óptimas condiciones siempre y cuando la empresa este flexible al cambio ya que de esto dependerá la mejora para poder estandarizar el proceso productivo, así como en la productividad de la empresa.

## **1.2 Justificación**

Con la preparación académica, científica y tecnológica que posee un Ingeniero Industrial, se encuentra en la facultad de desarrollar los estudios y la verificación de los parámetros de calidad de los tratamientos superficiales en accesorios metálicos producidos por la empresa “INARECROM S.A” de la ciudad de Ambato.

Las actividades operativas de la empresa “INARECROM S.A” pueden verse afectadas por la calidad de los tratamientos superficiales y los revestimientos que se obtienen debido a que no existe una comprobación de su producto con el fin de poder conocer si cuentan con las características, parámetros y necesidades de los clientes.

El presente trabajo tiene como finalidad dar a conocer las características y parámetros de dureza, adherencia y espesor de los accesorios metálicos realizados en la empresa y los factores que inciden en la productividad.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General.**

Determinar los parámetros de calidad de tratamientos superficiales de acuerdo con las normas ASTM D 3363, ASTM D 4138, ASTM D 3359 en los estribos y roll bars de vehículos, y los factores que inciden dentro de los procesos productivos de la empresa “INARECROM S.A.” de la ciudad de Ambato

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Identificar en su totalidad el proceso productivo de la empresa.
- Determinar bajo que parámetros técnicos de calidad deben ser fabricados los accesorios expuestos a tratamientos superficiales.
- Realizar los respectivos ensayos de dureza, espesor y adherencia.
- Registrar los datos obtenidos y verificar si los accesorios cumplen con los requerimientos técnicos de calidad exigidos bajo la norma vigente.
- Determinar la influencia del tratamiento superficial en la productividad de la empresa. en relación con los productos que presentan fallas debido al tratamiento realizado.

## **CAPITULO II**

### **2 Marco teórico**

INARECROM S.A es fundada en 1977 por Carlos Cruz López como un pequeño taller artesanal, con maquinaria y herramienta cien por ciento manuales y una infraestructura reducida. Por la gran acogida que se obtuvo, surgió la necesidad de crecer y en 1.987 se adquiere nueva maquinaria, por consiguiente, tecnología y un nuevo local, ubicado en la Panamericana norte Km. 5 1/2 en el sector de El Pisque. A partir de esta fecha la empresa inicia sus actividades como una compañía familiar denominada INARECROM S.A

#### **2.1 Misión.**

Ofrecer al cliente un producto garantizado, elaborado con materia prima de la mejor calidad, tecnología avanzada y a un precio competitivo, que nos permita alcanzar adecuados niveles de rentabilidad y el bienestar para nuestro personal.

#### **2.2 Visión.**

Ser reconocida como una Empresa líder en la fabricación de accesorios para toda clase de vehículos, así como también en el servicio de cromado de partes y piezas metálicas satisfaciendo los gustos y exigencias de nuestros clientes, contribuyendo así con la sociedad, el medio ambiente y al desarrollo productivo del país.

#### **2.3 Política de seguridad.**

INARECROM S.A es industria nacional de retrovisores y cromados que considera como primera instancia el talento humano de sus colaboradores, estableciendo como prioridad la ejecución y seguimiento de las normas de seguridad, salud y ambiente, por la cual se compromete asignar recursos económicos, los medios y materiales necesarios que permitan garantizar un ambiente de trabajo adecuado y seguro, apoyándose con la legislación legal de seguridad y salud en el trabajo vigente. Estamos comprometidos en ejecutar nuestras responsabilidades individuales y colectivas en la implementación y mejora continua de nuestro sistema de gestión de seguridad.

## 2.4 Los recubrimientos superficiales.

En la actualidad los recubrimientos superficiales son de gran aplicación en las industrias tanto tradicionales como innovadoras, por ello es necesario conocer sus propiedades físicas a la hora de poder entender sus aplicaciones tanto futuras como presentes. (Perspectiva general del cromado industrial, 2001 pág. 19).

Son importantes en el proceso de fabricación porque dan unas características determinadas a la superficie de un objeto, con ello se puede:

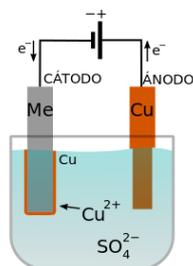
- ✓ Aumentar o mejorar la dureza lo cual ayudará a obtener superficies más resistentes al desgaste.
- ✓ Aumento de la resistencia a la fatiga con el fin de tener una mayor duración de los elementos
- ✓ Ayuda a combatir la corrosión y oxidación evitando el desgaste prematuro de las piezas debido a los factores ambientales.

La existencia de varios métodos de recubrimiento superficial hace que se tenga diferentes cualidades y características en cada material dependiendo de la utilización y del área en el cual va a ser ocupado.

Entre las más usuales están el proceso de galvanoplastia e inmersión por caliente.

### 2.4.1 Proceso de galvanoplastia.

Es una aplicación tecnológica en la cual se utiliza un proceso de electrodeposición (mediante electricidad) la cual utiliza dos elementos principales un ánodo y un cátodo los cuales trasladan iones metálicos en un medio líquido acuoso compuesto de forma principal por sales metálicas que ayudan al proceso. (George, 1890 pág. 196).



**Figura 1-2:** Galvanoplastia de un metal con cobre

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Galvanoplastia>

Los recubrimientos metálicos más utilizados en este proceso son:

- Niquelado: baño de electrodeposición mediante metal de Níquel

- Plateado: baño de electrodeposición mediante metal de Plata
- Dorado: baño de electrodeposición mediante metal de Oro
- Zincado: baño de electrodeposición mediante metal de Zinc
- Pavoneado: baño de electrodeposición mediante salitre sódico y salitre potásico
- Es por ello por lo que la empresa “INARECROM S.A” ha utilizado por diversos años este método de recubrimiento.

#### 2.4.2 Inmersión por caliente.

Es el proceso mediante el cual se brinda protección contra la corrosión a estructuras de hierro o acero. Consiste en la inmersión de los elementos en un baño de metal fundido, garantizando que la superficie queda completamente cubierta y protegida de los efectos corrosivos del medio ambiente.

Los recubrimientos más utilizados son:

Estañado: Inmersión en metal estaño

Galvanizado: inmersión en metal de zinc

Cromado: Inmersión en metal de cobre

El recubrimiento del cromo puede ser único e insustituible en sus diferentes aplicaciones. Puede aportar el brillo, la dureza, la resistencia a la fricción y un bajo coeficiente de fricción que ningún otro material puede aportar, por otra parte, cuando es utilizado adecuadamente las propiedades tienen la gran ventaja de ser durables por lo que en términos de servicio y de durabilidad el recubrimiento el recubrimiento resulta ser económicamente barato y muy rentable. (Perspectiva general del cromado industrial, 2001 pág. 19).



**Figura 2-2:** Roll bar rally cromado

Fuente: INARECROM S.A

## 2.5 Características físicas

### 2.5.1 Dureza.

El recubrimiento de cromo es extremadamente duro, corresponde a un valor medio de dureza Vickers de un valor mínimo de 300 HV y un valor máximo de 1000 HV.

Estas variaciones de valor de dureza medida se debe al propio proceso de la electrodeposición afectada por el aumento de temperatura del mismo (300HV con temperaturas muy altas y 1000 HV con temperaturas al ambiente) que inciden en la formación de una estructura cristalina en una menor absorción de hidrogeno y en una menor capacidad de formación de hidruros de carbono. (Metal Finishing, 2013 págs. 28-34)



**Figura 3-2:** Probador de dureza ultrasónico

Fuente: Aliexpress

### 2.5.2 Fatiga.

Respecto al efecto que la operación de cromado ejerce sobre las propiedades de fatiga del sustrato, cabe indicar que, en una gran parte de casos, los límites de fatiga disminuyen con motivo de esta operación debido a una serie de causas relacionadas, unas, con la adición de la tensión interna del cromo a la tensión interna de la pieza y relacionadas otras, con, la existencia de micro fisuras en el electro depósito de cromo. (Perspectiva general del cromado industrial, 2001 pág. 20).

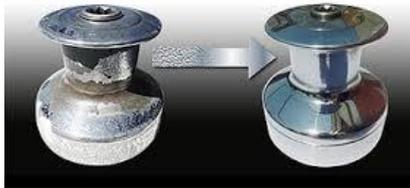


**Figura 4-2:** Fatiga de materiales

Fuente: Aliexpress

### 2.5.3 Resistencia a la corrosión.

El recubrimiento de cromo es muy resistente a los agentes corrosivos atmosféricos debido a que en su superficie al ser expuesto inmediatamente al aire o incluso durante la operación de cromado se forma una película delgada de óxido que previene el posterior ataque del medio ambiente. (Perspectiva general del cromado industrial, 2001 pág. 20).



**Figura 5-2:** Corrosión de materiales

Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira

## 2.6 Tipos de recubrimientos utilizados para el cromado

(Perspectiva general del cromado industrial, 2001 pág. 20) Indica que: “Los tipos de recubrimientos utilizados para el cromado se diferencian principalmente en dos clases: Recubrimiento con **cromado decorativo** y el recubrimiento con **cromado ingenieril o tecnológico**.”

Por lo general ambos tipos de recubrimiento se obtienen a partir de baños electrolíticos”.

### 2.6.1 Cromado decorativo.

La principal función del cromado decorativo es la de proporcionar una película que sea perpetuamente brillante ya sea mediante una base de níquel o cobre-níquel depositada sobre un sustrato metálico o no metálico. Al mismo tiempo un recubrimiento superficial de cromo puede proporcionar una excelente película la cual será muy resistente a la corrosión al depositarle en el espesor adecuado sobre el acero. (Metal Finishing, 2013)



**Figura 6-2:** Cromado decorativo

Fuente: Metacsa

## 2.6.2 Cromado ingenieril o tecnológico.

(George, 1890) Afirma que: “El cromado ingenieril o tecnológico se utiliza con el fin de alargar la vida de servicio de los materiales sin tomar gran importancia la forma decorativa (brillo)”



**Figura 7-2:** Proceso de cromado ingenieril

Fuente: Fimex

**Tabla 1-2:** Comparación de las cantidades de sustancia ocupadas entre baño decorativo e Ingenieril

Baños de cromo decorativo	Baños de cromo ingenieril o tecnológico
Ácido crómico comercial 200 a 300 gr/litro	Ácido crómico comercial 250 a 400 gr/litro
Ácido sulfúrico 1 a 3 gr/litro	Ácido sulfúrico 1 a 2 gr/litro
Temperatura de trabajo de 36.5 a 45 °C	Temperatura de trabajo de 45 a 65 °C
Densidad de corriente de 6 a 12 $A/dm^2$	Densidad de corriente de 15 a 50 $A/dm^2$

Fuente: (Cromado un proceso de dos caras pág. 55).

**Tabla 2-2:** Principales sectores usuarios de recubrimientos superficiales a base de cromo

SECTOR	APLICACIÓN
Automotriz	✓ Metalización de los componentes
	✓ Recubrimientos duros para piezas del motor
Mecánico	✓ Recubrimientos duros para herramientas de corte y moldes
	✓ Recubrimientos tribológicos para piezas móviles
Sanitarios y domésticos	✓ Recubrimientos de grifos, tuberías, pomos y tiradores de puertas
Microelectrónica y óptica	✓ Recubrimientos térmicos y ópticos para paneles de vidrio utilizados en la construcción de edificios acristalados
	✓ Capas de protección para componentes electrónicos y optoelectrónicas.
	✓ Dispositivos electrónicos

**Tabla 3-2(Continúa):** Comparación de las cantidades de sustancia ocupadas entre baño decorativo e Ingenieril

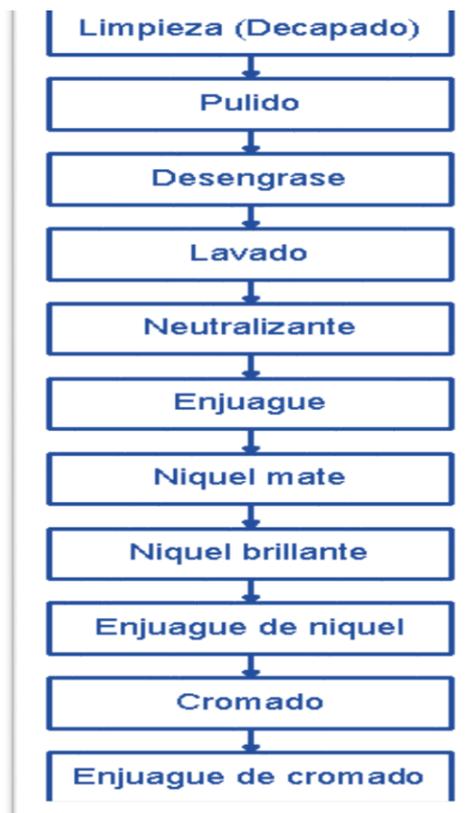
Dispositivos magnéticos	✓ Discos duros, registros magnéticos, etiquetas magnéticas
Juguetería y bisutería	✓ Recubrimientos protectores y decorativos
Alimentación	✓ Capas protectoras y decorativas para empaquetamiento de alimentos y botellas
Otros	✓ Biomateriales e implantes ✓ Componentes cerámicos

Datos obtenidos en el artículo científico Metal Actual realizado por: María Cristina Rojas Cruz

Fuente: (Cromado un proceso de dos caras pág. 55).

## 2.7 PROCESO GENERAL DE CROMADO DE LA EMPRESA INARECROM S.A

**Tabla 4-2:** Proceso de cromado en la empresa INARECROM S.A



Fuente: Empresa INARECROM S.A

### **2.7.1 Limpieza (decapado).**

Es el primer paso del cromado en el cual se realiza una limpieza para que la capa de metal de la pieza esté libre de cualquier producto o partícula que impedirá un cromado correcto.

Para ello se aplica ácido clorhídrico para eliminar los depósitos de grasa y calaminas, el tiempo utilizado dependerá del material a cromar por lo cual se estima que esta entre los 5-7 min de exposición. (Limpieza, Decapado y pasivado del acero inoxidable en aplicaciones industriales pág. 12).

### **2.7.2 Pulido.**

(Limpieza, Decapado y pasivado del acero inoxidable en aplicaciones industriales pág. 19). Nos dice que: “El pulido es la eliminación de una pequeña capa de la superficie del acero inoxidable con lo cual aseguramos la posible expulsión de los contaminantes presentes en la superficie”.

### **2.7.3 Desengrase.**

Es un paso esencial para eliminar grasas que se encuentren en la pieza debido a que la oxidación química que realiza el cromado solo es posible sobre el metal. El desengrase se realiza en un tiempo aproximado de 10 minutos dependiendo de las dimensiones de la pieza y de su suciedad. (Olivier Bader, 1969 pág. 159).

### **2.7.4 Lavado.**

Se realiza una segunda limpieza mediante detergente con el motivo de poder eliminar las sustancias utilizadas anteriormente tanto para la fase del decapado y desengrase. Con ello la pieza se encuentra con un alto porcentaje de limpieza lo cual garantiza un proceso de cromado óptimo. (Olivier Bader, 1969 pág. 162).

### **2.7.5 Neutralizante.**

Es la etapa donde se realiza un baño de agua y ácido sulfúrico en concentraciones de 5-7% con el fin de eliminar cualquier impureza que haya superado los procesos anteriores y así tener un material o pieza completamente libre de impurezas la cual será sometida a un baño electrolítico

para obtener el cromado deseado. (Limpieza, Decapado y pasivado del acero inoxidable en aplicaciones industriales pág. 15).

#### **2.7.6 Enjuague.**

Se elimina el ácido sulfúrico de la pieza mediante agua.

#### **2.7.7 Níquel mate.**

Este baño sirve para dar capas gruesas de níquel sobre cualquier metal lo cual aumenta su resistencia a la oxidación y corrosión.

El componente utilizado para el baño es sulfato de níquel con una duración aproximada de 30-35 minutos. (Rubner, 1954 pág. 46).

#### **2.7.8 Níquel brillante.**

Se realiza con un baño idéntico al anterior en el cual se añade un abrillantador para obtener una calidad conocida como espejo el cual es caracterizado por su alto brillo el cual paulatinamente se irá perdiendo al realizar incrementos en la película de electrodeposición. (Olivier Bader, 1969 pág. 162).

#### **2.7.9 Enjuague de níquel.**

Una vez terminada la etapa de niquelado se aplica un enjuague a la pieza trabajada con el fin de eliminar cualquier componente químico situado en la superficie de la pieza.

#### **2.7.10 Cromado.**

El cromado es el último proceso o etapa en el cual el material es sometido a un baño de electrolisis donde se depositará una fina capa de cromo metálico en la pieza.

Esta etapa dura entre 15-35 segundos dependiendo de las dimensiones de la pieza con lo cual le otorga una protección al material tanto para la oxidación, corrosión y para soportar esfuerzos en los cuales existe gran desgaste y en general lugares donde se requiera bastante dureza y precisión. (Olivier Bader, 1969 pág. 165).

### 2.7.11 Enjuague del cromado.

Es la última etapa del proceso de cromado para metales en donde se introduce en un baño con agua en la cual se elimina todas las sustancias químicas presentes del proceso de cromado con el fin de tener una pieza limpia y de grandes características sin contaminantes químicos que puedan estar expuestos al ser humano y al cliente.

## 2.8 Pruebas típicas de control de calidad de recubrimientos

Estas pruebas comprenden una muy extensa lista que examinarán propiedades físicas, químicas y mecánicas, así como aspectos estéticos, y la clasificación de dichas pruebas será dependiendo de qué tipo de propiedad se desea evaluar.

Estas pruebas se encuentran especificadas y Estandarizadas por diferentes instituciones regidoras. Como referencia en nuestro caso usaremos el listado de “Pruebas normativas de Calidad de Recubrimientos que toma en consideración las pruebas establecidas por organismos como la ASTM, FS, que se muestra a continuación en la Tabla 4.

**Tabla 5-2:** Pruebas normativas en recubrimientos

	Referencia normativa
<b>I. Viscosidad (consistencia)</b>	
Viscosidad Brookfield	ASTM D 2196
Viscosidad Stormer	ASTM D 562
Copa Ford # 4	ASTM D 1200
Copas Zahn	ASTM D 1084
Tubos de Gardner-Holdt	ASTM D 1545
<b>II. Dispersión - densidad</b>	
Medidor de Hegman	ASTM D 1210
Picnómetro	ASTM D 819
Balanza de Wastphal	ASTM D 819
Hidrómetro	ASTM D 819
<b>III. Características de aplicación</b>	
Uniformidad, Lisura	ASTM D 2801
Propiedad de Humedecer	ASTM D 823

**Tabla 4-2 (Continúa):** Pruebas normativas en recubrimientos

Olor	ASTM D 1296
IV. Características de película	
Tiempo de secado	ASTM D 1640
Brillo	ASTM D 523
Color	ASTM D 3134
V. Características físicas de la película	
Flexibilidad	
- Mandril cónico	ASTM D 522
<b>Espesor</b>	<b>ASTM D14138</b>
<b>Dureza</b>	
- <b>Durómetro Lápices</b>	<b>ASTM D 3363</b>
- Idéntica	ASTM D1474
- Durómetro	ASTM D2240
Resistencia a la abrasión	
- Caída de arena	ASTM D 968
- Tambor abrasivo	ASTM D1044
<b>Adherencia</b>	
- <b>Trama cruzada por cinta.</b>	<b>ASTM D 3359</b>
VI. Composición	
- Contenido de volátiles y no volátiles	ASTM D 2369
- Contenido de pigmentos	ASTM D2698
- Contenido de agua	FS 4081

Fuente: ASTM. American Society for Testing and Material, Standards

## 2.9 Equipos de trabajo

Una vez recubierto un objeto con el metal deseado es preciso comprobar si la deposición ha sido correcta, es decir, si el recubrimiento posee las cualidades de espesor, dureza, adherencia.

Generalmente la mayor parte de las piezas en el laboratorio se comprueban por simple inspección rutinaria, sin embargo existen métodos que nos permiten conocer con mucha mayor exactitud las cualidades físicas de un depósito.

## 2.10 Medidores de adherencia

### ASTM D 3359: Métodos de prueba estándar para la adhesión de clasificación por prueba de cinta

La calidad de adherencia es también muy importante para un depósito, ya que de poco servirá el que éste tenga una dureza, espesor óptimo, si se desprende fácilmente del metal-base (sustrato) a proteger o simplemente a decorar. Un factor muy importante en los procesos de electrodeposición es la corriente que utiliza el sistema para llevar a cabo la operación, será determinante para las propiedades del recubrimiento, ya que establece la adherencia de la capa tanto como su calidad y velocidad de deposición, esta última es directamente proporcional al voltaje. (Artur Goldschmidt, 2002)

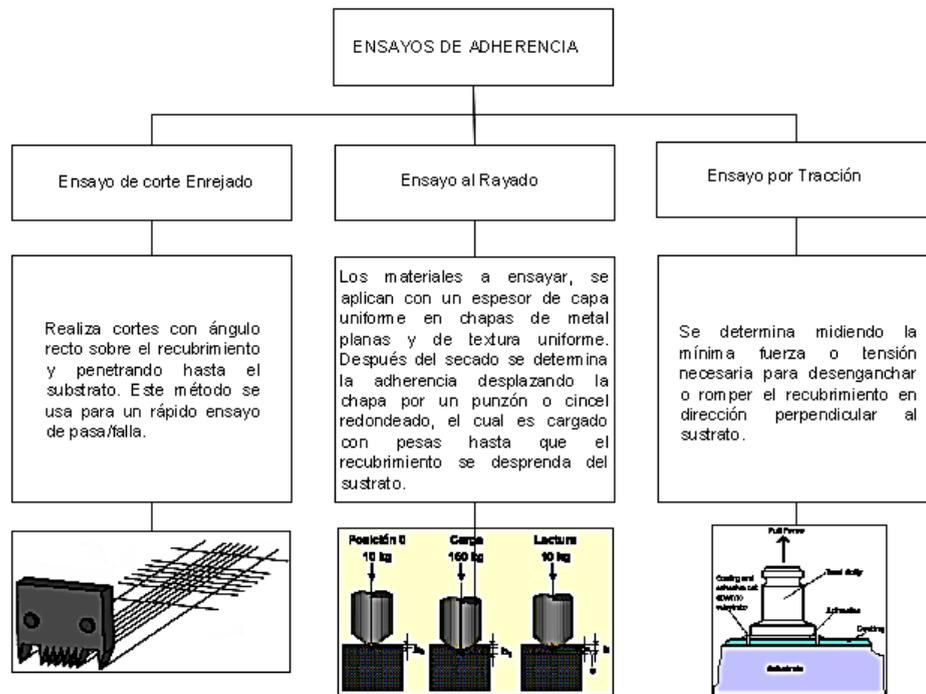


Figura 8-2: Ensayos de adherencia

Fuente: Autores

#### 2.10.1 Cortador de trama cruzada El cometer 107.

Con el presente cortador se puede hacer una evaluación instantánea de la calidad de unión al sustrato.

Debido a su robusta construcción, este medidor es ideal para revestimientos finos, gruesos o duros sobre todas las superficies. Ideal para pruebas en campo o laboratorio. Diseño robusto, Mango

grande y antideslizante, Ideal para revestimientos finos, gruesos o duros, Cortador de 4 lados, de fácil cambio, para pruebas de adherencia en un amplio margen de espesores de revestimiento. (ELCOMETER, 2016 pág. 2).



**Figura 9-2:** Cortador de trama cruzada Elcometer 107

Fuente: Elcometer Website.

## 2.11 Medidores de dureza

### **ASTM D 3363. Método de prueba estándar para la dureza de la película por prueba de lápiz**

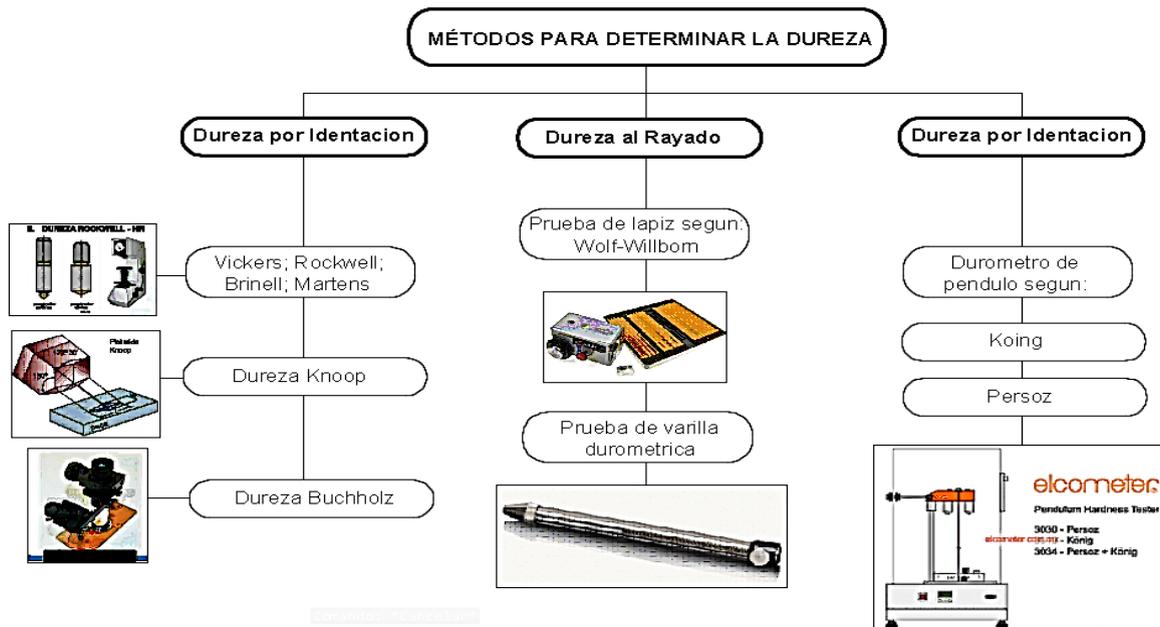
De acuerdo con (ELCOMETER, 2016) nos dice que: El término "Dureza" se utiliza para referirse a diferentes propiedades del material, en concreto las siguientes:

- Resistencia al rayado y al desgaste
- Resistencia a la penetración

Para materiales en masa como los metales, se aplican durómetros de indentación según la dureza Vickers, Rockwell, Brinell, donde el principio de funcionamiento es la profundidad de penetración.

Dichos durómetros no son aplicables para medir dureza en recubrimientos como cobreados, latonados, zincados, cromados debido a que los indentadores utilizados (cónico esferoidal de diamante o el indentadora de bola de acero), pueden penetrar el recubrimiento y llegar a penetrar el sustrato, por lo que se obtendrían resultados erróneos (ELCOMETER, 2016).

En la industria de los recubrimientos, se emplean diferentes métodos de ensayo para determinar la dureza, los más prácticos son:



**Figura 10-2:** Métodos para determinar la dureza

Fuente: Autores

### Durómetro de Lápices Elcometer 501.

Elcometer 501 ha sido diseñado para asegurarse que la mina del lápiz cilíndrico se mantiene a un ángulo constante de 45° y ejerce una fuerza de 7.5 N (1.68 lbF). La mina del lápiz, preparada previamente usando un sacapuntas especial y papel abrasivo, se inserta en el Elcometer 501 y se empuja contra la superficie revestida suave y plana. El valor más bajo de dureza del lápiz que marca el revestimiento que determina el grado de dureza del mismo. La prueba de dureza con lápiz, a la que también se hace referencia como la prueba de Wolff-Wilborn, utiliza los valores variables de dureza de lápices de grafito para evaluar la dureza de un revestimiento. (ELCOMETER, 2016)



**Figura 11-2:** Durómetro de lápices

Fuente: Elcometer Website

## Medidores de espesor

### ASTM D 4138: medición de espesor de película seca de sistemas de recubrimiento de protección mediante medios destructivos y de corte transversal.

El espesor de un depósito galvánico, así como es fácil suponer, es cualidad importantísima, ya que de este espesor depende en gran manera su capacidad de resistencia a los ataques de la corrosión. Esta resistencia está directamente relacionada con el espesor de la capa depositada, siendo mayor cuanto mayor sea ésta, y con la porosidad del depósito, la cual suele ser mayor cuanto más delgado sea el depósito (Dr. Artur Goldschmidt, 2007 p. 436).

En la industria de los revestimientos, esta es la medida más crítica puesto que ofrece información vital en cuanto a la vida prevista del sustrato, la idoneidad del producto a los fines que se pretende y su aspecto, además de asegurar el cumplimiento de una gran cantidad de Normas Internacionales.

#### 2.11.1 Medidor de Recubrimientos Elcometer 141.

Es un método rápido y versátil de examen y de medida destructiva del revestimiento en un instrumento portátil y sencillo. Ergonómicamente diseñado para establecer una distribución equilibrada del peso a fin de hacer un corte uniforme, es ideal para revestimientos resistentes. Ideal cuando es necesario medir la capa individual de espesor de un sistema de capas múltiples (ELCOMETER, 2016)

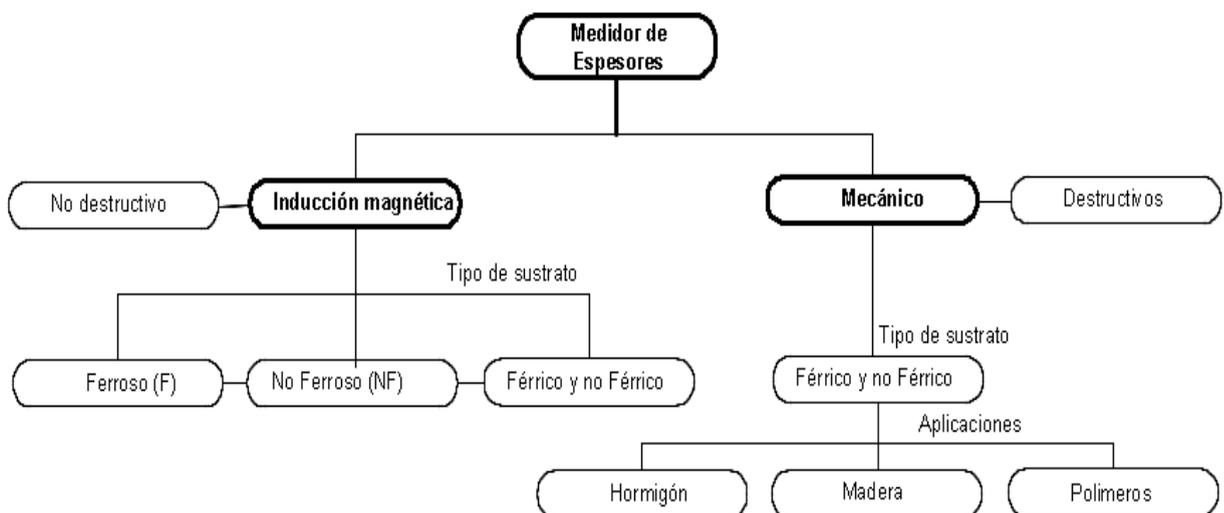


Figura 12-2: Tipos de medidores de Espesor

Fuente: Autores



Fuente: Elcometer Website.

## **2.12 La administración de la producción en relación con los procesos superficiales de la empresa INARECROM S.A**

En la actualidad el avance tecnológico ha logrado que muchas de las empresas e industrias realicen cambios significativos con el fin de poder seguir en el auge y competencia del mercado laboral. Una mejor administración de las operaciones en una empresa puede agregarle un valor sustancial lo cual logrará que tenga mayor competitividad y rentabilidad a un largo plazo.

La administración y por ende toda la producción de una empresa está ligada a la supervivencia de la misma y a su vez al posicionamiento en el mercado de forma radical logrando optimizar los recursos y el óptimo proceso productivo. Las diferentes categorías de procesos de producción van variando con el tiempo y las actividades a realizarse (Chapman, 2006 p. 3).

### **2.12.1 Procesos de producción y planes de tecnología.**

(Norman Gaither, 2000 p. 12) Nos dice que: “Una parte esencial de la estrategia de operaciones y de la productividad es la determinación de la manera que se fabrican los productos, lo que involucra planear todos los detalles de los procesos e instalaciones de la producción”.

La tecnología de producción de bienes es grande y está en continuo crecimiento, lo cual resulta un reto en la combinación de equipo de producción y altas tecnologías al diseñar esquemas generales de la producción que sean los más eficaces posibles.

La empresa INARECROM S.A ha adoptado la categoría de:

Proceso de trabajo: el cual tiene por objetivo lograr flexibilidad y a su vez ir adaptándose al cambio.

El equipo utilizado en ellos suele ser de propósito general, lo cual indica que se pueden ir optando por múltiples requerimientos de producción diferentes.

La habilidad para ir creando productos con calidad, normas y reglamentos establecidos por la empresa se centran casi siempre en los trabajadores quienes tienden a ser altamente calificados en un proceso de trabajo (Chapman, 2006 p. 5).

A su vez los procesos de trabajo se concentran por lo general en la producción de una gran variedad de requerimientos especiales, como podría ocurrir en los ambientes de diseño. La alta variedad de diseño exige procesos flexibles y mayores habilidades entre la fuerza laboral.

El trabajo en estas condiciones se desarrollará casi siempre de forma un tanto “desorganizada” debido a la alta variabilidad del diseño de cada labor. También es a causa de la variabilidad en el diseño y en los requerimientos de trabajo que los vínculos de información tienden a ser informales. Un ejemplo sería un taller de maquinaria de propósito general, una pastelería gourmet o un proveedor de alimentos preparados (Chapman, 2006 p. 7).

Otro aspecto utilizado en la empresa INARECROM S.A para poder liderar en el mercado y lograr tener un alto rendimiento en la administración del sistema de planificación de la producción, en el cuál reconocen que existen varios aspectos por medio de los cuales los clientes pueden tener la decisión de realizar la adquisición de cierto producto ya sea de uno o varios productores.

Algunas de las más importantes estrategias utilizadas por la empresa INARECROM S.A son:

- Precio: generalmente está relacionado con el costo del producto existiendo dos tipos:
  1. Precio estándar: es conocido como un precio fijo o precio de lista.
  2. Precio a la medida: es un precio el cual puede ser negociado.
  
- Calidad: existen dos aspectos muy importantes a considerar
  - a) Calidad tangible: incluyen aspectos en los cuales se pueden desarrollar mediciones específicas como durabilidad, conformidad, confiabilidad.
  - b) Calidad intangible: aspectos los cuales pueden tener valor para el cliente como estética, marca, servicio al cliente.
  
- Entrega: dos aspectos principales:
  - a) Velocidad: que tan rápido será entregado el producto
  - b) Confiabilidad: se cumple la promesa de entrega.
  
- Flexibilidad: se debe considerar dos cuestiones:
  - a) Volumen. Se logra entregar un amplio rango de volúmenes solicitados.
  - b) Variedad: se puede generar varios diseños.

## CAPITULO III

### **3 Ensayos físicos de los recubrimientos superficiales**

#### **3.1 Procedimiento para determinar adhesión según la norma Astm d 3359**

##### **3.1.1 Introducción.**

Las pruebas de adherencia después de la aplicación del revestimiento, cuantifica la resistencia de la unión entre el sustrato y el revestimiento, o entre diferentes capas de revestimiento o bien la fuerza cohesiva de algunos sustratos.

Desde las estructuras más grandes hasta los electrodomésticos más pequeños, la mayor parte de los productos manufacturados tienen un revestimiento protector o embellecedor. Comprobar la adherencia de los revestimientos no solo contribuye a detectar fallos potenciales (ASTM, 2016).

#### **3.2 Métodos De Prueba De Adherencia**

La aplicabilidad de los métodos de prueba está determinada por el espesor del recubrimiento, así:  
Espesores mayores o iguales a 3 mil (76.2  $\mu\text{m}$ ) = Método de Prueba A (sistema de la x)  
Espesores menores a 3 mil (76.2  $\mu\text{m}$ ) = Método de Prueba B (sistema de cuadrícula)

##### **3.2.1 Método de Prueba mediante el Sistema de cuadrícula.**

Seleccione un área libre de manchas y con la mayor cantidad de imperfecciones. Para películas con espesores menores o iguales a 16.2  $\mu\text{m}$  realice sobre la superficie cortes perpendiculares de longitud 3 / 4" (20 mm) con una separación de 2 mm a lado y lado de las mismas, de tal forma que se genere una cuadrícula (ASTM, 2016).

Después de realizados los cortes, limpie la superficie con una brocha o cepillo suave para eliminar los residuos del recubrimiento desprendidas en el corte; inspeccione por reflexión de la luz que los cortes hayan penetrado plenamente la película del recubrimiento.

### 3.3 Adherencia por trama cruzada.

### 3.4 Procedimiento

1. Coloque la herramienta de corte sobre la muestra, presione hacia abajo suavemente y tire de la herramienta hacia usted en un movimiento constante para hacer una serie de corta aproximadamente 20 mm de largo. Aplicar suficiente presión para asegurarse de que corta a través del recubrimiento a la superficie del sustrato (ASTM, 2016 p. 6).



**Figura 13-3:** Corte del recubrimiento

Fuente: Elcometer manual

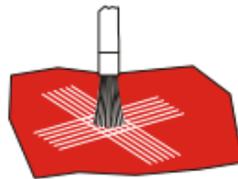
2. Coloque la herramienta de corte en la muestra a 90 ° primero corte y repita el paso (1) para crear una rejilla patrón en el revestimiento.



**Figura 14-3:** Rejilla de patrón en el revestimiento

Fuente: Elcometer manual

3. Cepílese ligeramente para quitar las cintas de revestimiento.



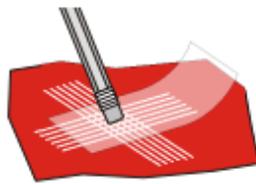
**Figura 15-3:** Cepillado del revestimiento

Fuente: Elcometer manual

4. Inspeccione para asegurarse de que los cortes han penetrado todo el camino a través del revestimiento
5. Si el sustrato es blando, saltar al paso (10). Si el sustrato es duro o de madera, proceda al siguiente paso (6)

6. Seleccione la cinta adhesiva correcta (consulte "Repuestos" en la página 14). Retire y deseche dos vueltas de cinta adhesiva. Eliminar una longitud de la cinta a una velocidad constante y cortar una pieza aproximadamente 75 mm de esta longitud.
7. Centrar el trozo de cinta cortado sobre la celosía y suavizar en su lugar con un dedo.

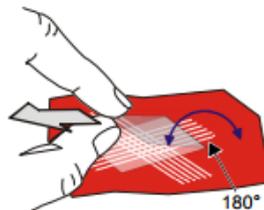
Frotar la cinta firmemente usando el borrador en el extremo de un lápiz para garantizar una buena adhesión entre la cinta y revestimiento.



**Figura 16-3:** Colocación de cinta

Fuente: Elcometer manual

8. Dentro de 90 segundos ( $\pm 30$  segundos) de aplicación la cinta, extraiga la cinta tirando de una sola acción suave en un ángulo de  $180^\circ$  con el revestimiento superficie.



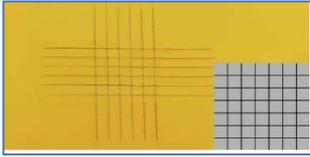
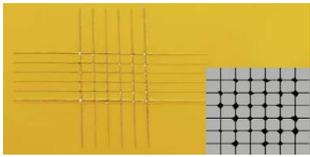
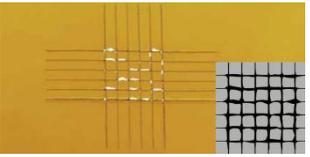
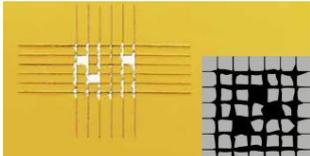
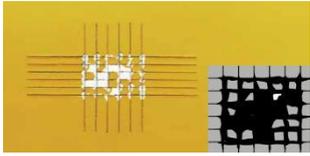
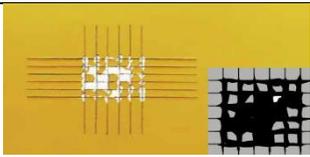
**Figura 17-3:** Extracción de la cinta con un ángulo de  $180^\circ$

Fuente: Elcometer manual

9. Para mantener un registro permanente de la prueba, retener la cinta aplicándola a una película transparente
10. Evaluar la adhesión del recubrimiento enrejado de cortes usando una lupa iluminada.

Comparar la rejilla de cortes con la ISO y Las normas ASTM mostradas en "ISO y ASTM"

**Tabla 6-3:** Rejilla de cortes según la norma ISO y ASTM

	Descripción	ISO	ASTM
	Los Cortes de la cuchilla son limpios, no se ha desprendido cuadros del enrejado	0	5B
	Desprendimiento de pequeñas partes del revestimiento en las intersecciones de los cortes. Sólo se afecta a un área de corte no mucho mayor al 5%	1	4B
	El revestimiento se desconcha por los bordes y/o en las intersecciones de los cortes. Afecta a un área de corte mucho mayor del 5%, pero no muy superior al 15%	2	3B
	Revestimiento se desconcha por los bordes de los cortes parcialmente o en grandes tiras y/o se desconcha parcial o completamente en varias partes de los cuadrados. Afecta a un área bastante superior al 15%, pero no mucho mayor del 35%	3	2B
	El revestimiento se desconcha por los bordes de los cortes en grandes tiras y/o algunos cuadrados se desprenden parcial o completamente. Afecta a un área de corte mucho mayor del 35% pero no muy superior al 65%	4	1B
	Cualquier nivel de desconchado que no puede clasificarse en ISO 4/ ASTM 1B	5	0B

Nota: Parámetros obtenidos en el manual de prueba de adherencia Elcometer, página 12.

### 3.5 Procedimiento para determinar dureza según la norma ASTM D 3363.

#### 3.5.1 Introducción.

La dureza se puede definir como la resistencia de un material a la deformación permanente. En la industria de los revestimientos, la medida de la dureza puede utilizarse para determinar la resistencia de los revestimientos al rayado provocado por el uso y el desgaste incluso si él está totalmente curado.

El término "Dureza" se utiliza para referirse a diferentes propiedades del material, en concreto las siguientes: a) Resistencia al rayado y al desgaste, b) Resistencia a la penetración. (ASTM, 2016)

#### 3.5.2 Aplicación.

El medidor de dureza de lápiz Elcometer 501 ha sido diseñado y manufacturado de acuerdo con la norma ASTM D3363 para la prueba de dureza de cualquier recubrimiento



**Figura 18-3:** Lápiz Elcometer 501

*Fuente: Elcometer manual*

Éste determina la dureza de la película de recubrimiento en base al grado de dureza del lápiz. Tiene un volumen pequeño y un peso ligero y puede usarse tanto en el laboratorio como en el sitio de construcción para determinar la dureza.

#### **Principio de trabajo.**

El instrumento es de tipo mecánico. Ofrece tres puntos de contacto con la superficie de la capa de recubrimiento a ser probado (dos son ruedas y uno es la punta de un lápiz) garantizando un ángulo de 45° entre la mina del lápiz y la superficie. Se desplaza el instrumento sobre la superficie para realizar la prueba (ELCOMETER, 2016 pág. 5).

**Tabla 7-3:** Parámetros técnicos del medidor de dureza de lápiz Elcometer 501

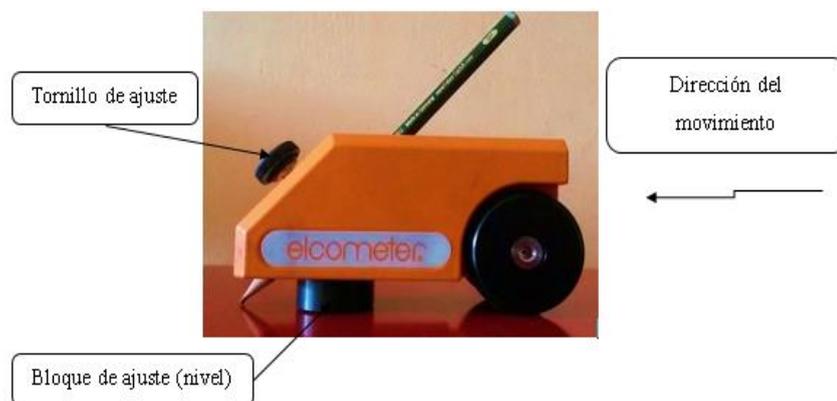
Carga aplicada por el lápiz	750 gramos (7.36N)
Dimensiones	Alto: 63mm, Largo: 130 mm, Ancho: 50mm
Peso	2.1 Kg (4lb)
Cantidad de lápices	14 piezas
Marca	Faber Castell 9000
Grados	6H-6B

Nota: Parámetros obtenidos en el manual del medidor de dureza Elcometer 501, página 9

### Operación

Apoyar el probador del lápiz en el bloque de configuración. Montar el lápiz más suave, 6B, en el cuerpo del probador, con la punta del lápiz de descanso en la superficie de la película del recubrimiento.

Bloquear el lápiz en su lugar con el tornillo de ajuste el tornillo de ajuste (Thumbscrew) y luego retire el bloque de ajuste o nivelación (Setting Block).



**Figura 19-3:** Ensamble del medidor de dureza Elcometer 501

Fuente: Autores

### Procedimiento

Coloque el instrumento sobre la superficie a probar. Empújelo hacia el frente con fuerza para que se rompa la punta del lápiz o se rasgue la superficie del filme de recubrimiento aplicando una velocidad aproximada de 1 mm/s.

A una distancia de aproximadamente 6 mm (0.25"). Inicie la prueba con el lápiz más suave haciendo cinco trazos lineales de 6 mm antes de cambiar a un lápiz más duro hasta que encuentre uno que rasgue la capa de recubrimiento (ELCOMETER, 2016 p. 7).

### **Inspección de la prueba**

Compruebe la superficie de arañazos o estrías ya sea por inspección visual de cerca, por el tacto con la uña o, si así se acuerda, utilizando un microscopio con entre x6 y magnificación x10, puede utilizar el microscopio del equipo Elcometer 141.

El código de dureza del último lápiz representará la dureza superficial del filme de recubrimiento que está probando.

Si no se ha producido un marcado repetir la prueba, con el siguiente lápiz más duro. La prueba se debe repetir 12 mm de distancia de la primera prueba. Al repetir la prueba, gire el lápiz para asegurarse de que el borde de la delantera en contacto con el panel de ensayo no esté quebrado o se desmoronó. Si es necesario el lápiz debe prepararse de nuevo (ELCOMETER, 2016 p. 8).

## **3.6 Procedimiento para determinar espesor según la norma ASTM D 4138.**

### **3.6.1 Introducción.**

Los medidores de espesor de revestimiento se utilizan para medir el espesor de películas secas. El espesor de películas secas es probablemente la medición más crítica del sector de revestimientos.

Un medidor de espesor de revestimiento proporciona información vital para determinar la vida esperada del sustrato, la adecuación del producto para el fin al que ha sido destinado y su aspecto, al tiempo que garantiza el cumplimiento de una serie de normas internacionales (ELCOMETER, 2016 p. 3).

### **3.6.2 Medidores de espesor de revestimiento tipo destructivo.**

La medición de espesor de tipo destructivo es comúnmente el método más garantizado disponible para hacer ciertas pruebas en combinaciones recubrimiento/sustrato incluyendo recubrimientos aplicados a metales, concreto, madera, yeso, plástico etc.



**Figura 20-3.** Medidor de inspección de recubrimientos Elcometer 141

Fuente: Autores

El medidor por inspección de recubrimientos Elcometer 141 es un método rápido y versátil de examen y de medida destructiva del revestimiento en un instrumento portátil y sencillo. Diseñado para establecer una distribución equilibrada del peso a fin de hacer un corte uniforme, es ideal para revestimientos resistentes y esmaltes (ELCOMETER, 2016 p. 7)

### Principio de trabajo

El instrumento es de tipo mecánico. Ofrece tres puntos de contacto con la superficie de la capa de recubrimiento a ser probado (dos son ruedas y uno es la punta de una cuchilla con determinado ángulo).

Se desplaza el instrumento sobre la superficie para realizar la prueba.

**Tabla 8-3:** Parámetros técnicos del medidor de inspección de recubrimientos Elcometer 141

Rango	0 a 1.8 mm (0 a 0.07")
Resolución de escala	0 a 0.02 mm (0 a 0.001")
Dimensiones (montado en el mango)	160 x 100 x 35 mm (6.3 x 4 x 1.4 ")
Peso (montado en el mango)	510 gr (1 lb 2 oz)

Fuente: Elcometer manual del medidor de inspección de recubrimientos NÚMERO 141

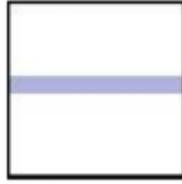
**Tabla 9-3:** Referencias normativas para espesores

puede utilizarse de acuerdo con	
ASTM D 4138-A	ISO 2808-6B
DIN 50986	ASV 1580-108.2
BS 3900-C5-5B	

Fuente: Autores

## Uso del medidor de inspección de recubrimientos.

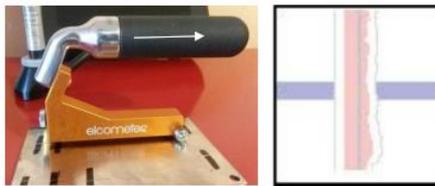
- A. Marque la superficie a ensayar con un trazo de la pluma de punta de fieltro negro (marcador) suministrado con el kit prueba. (ELCOMETER, 2016 p. 4).



**Figura 21-3:** Rayado sobre el recubrimiento de la superficie del material

Fuente: Elcometer Website

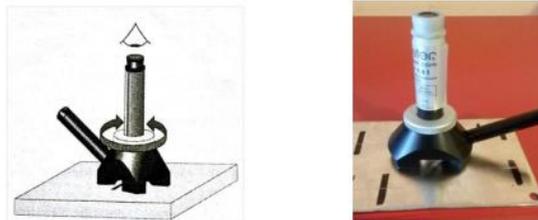
- B. Con el tipo de cuchilla seleccionado corte en la superficie a ensayar en ángulo recto a la marca del rayado diríjela hacia usted, aplicando un poco de presión. Una ligera presión es normalmente suficiente para penetrar a la base del material. (ELCOMETER, 2016).



**Figura 22-3.** Corte en ángulo recto para espesores

Fuente: Los autores

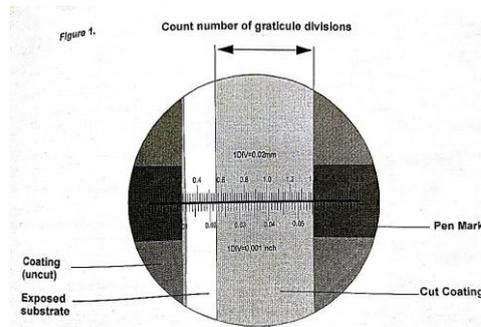
- C. Ponga la cuchilla a un lado, tomar el microscopio y colocarlo de manera que la lente este sobre el corte con la base de tocar la superficie. Para enfocar el microscopio, mantenga la base en la línea de corte y gire el anillo estriado.



**Figura 23-3:** Enfoque del microscopio con el sustrato

Fuente: Los Autores

- D. Alinee la escala de la retícula hasta que está en ángulo recto con el corte y las divisiones de la escala son paralelos a la corte. Tenga en cuenta que uno de los lados del corte tendrá un borde recto y es probable que sea desigual el otro lado.



**Figura 24-3:** Alineación de la escala con el corte realizado

Fuente: Autores

- E. Medir el ancho del recubrimiento cortado (o recubrimientos) contando el número de divisiones de la retícula.

Para convertir la anchura de la capa de corte en el espesor del recubrimiento, ya sea de la primera capa recubierta que puede ser un cobreado y/o de la segunda que puede ser un niquelado (ELCOMETER, 2016).

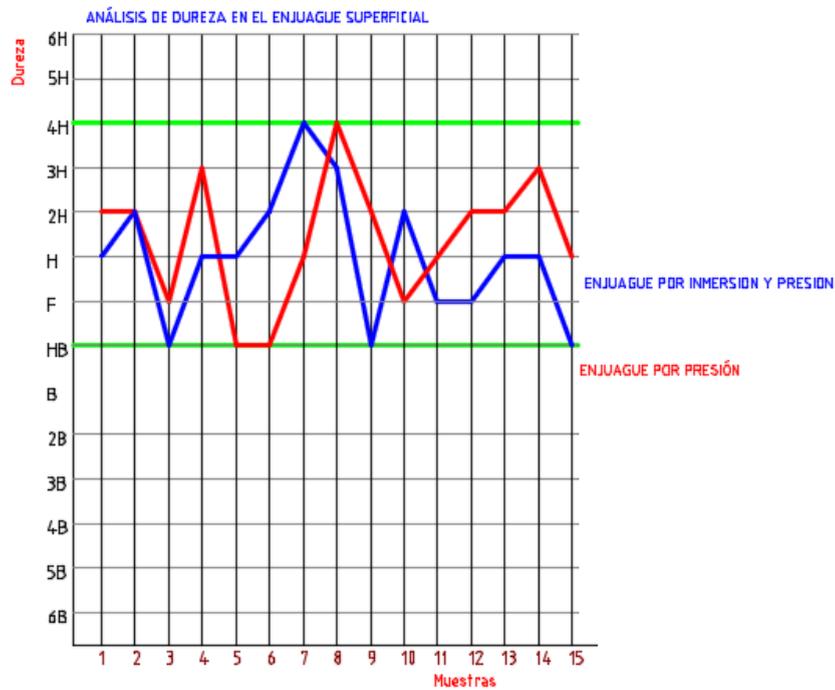
### 3.7 Análisis de los tratamientos superficiales con un enjuague por inmersión y presión (IP) respecto a un enjuague por presión (P).

**Tabla 10-3:** Tratamientos superficiales con un enjuague de Inmersión y presión.

Enjuague por inmersión y presión (IP)				Enjuague por presión (P)		
Muestras	dureza	adherencia	espesor IP (mm)	dureza	adherencia	espesor P (mm)
1	H	ISO 0 /ASTM 5B	0.28	2H	ISO 1 /ASTM 4B	0.36
2	2H	ISO 0 /ASTM 5B	0.36	2H	ISO 0 /ASTM 5B	0.24
3	HB	ISO 2/ ASTM 3B	0.18	F	ISO 2/ ASTM 3B	0.18
4	H	ISO 0 /ASTM 5	0.22	3H	ISO 1 /ASTM 4B	0.2
5	H	ISO 2/ ASTM 3B	0.25	HB	ISO 1/ ASTM 4B	0.2
6	2H	ISO 1 /ASTM 4B	0.18	HB	ISO 0/ASTM 5B	0.18
7	4H	ISO 2/ ASTM 3B	0.36	H	ISO 2/ ASTM 3B	0.25
8	3H	ISO 3 /ASTM 2B	0.36	4H	ISO 2 /ASTM 3B	0.36
9	HB	ISO 1 /ASTMB 4B	0.24	2H	ISO 0 /ASTMB 5B	0.22
10	2H	ISO 1 /ASTMB 4B	0.25	F	ISO 1 /ASTMB 4B	0.18
11	F	ISO 0 /ASTM 5B	0.18	H	ISO 3 /ASTM 2B	0.36
12	F	ISO 1 /ASTMB 4B	0.2	2H	ISO 1 /ASTMB 4B	0.28
13	H	ISO 2 /ASTM 3B	0.2	2H	ISO 2 /ASTM 3B	0.18
14	H	ISO 1/ ASTM 4B	0.18	3H	ISO 0/ ASTM 5B	0.22
15	HB	ISO 3 /ASTM 2B	0.36	H	ISO 2 /ASTM 3B	0.28

NOTA. Análisis del enjuague por inmersión y presión (IP) vs enjuague por presión (P)

### 3.8 Dureza



**Gráfico 1-3:** Análisis de dureza en el enjuague superficial

Fuente: Autores

Se puede observar que la dureza en un enjuague por inmersión y presión varía levemente con respecto al enjuague por presión. Por ello no existe diferencia significativa en las dos formas de enjuague.

### 3.9 Adherencia



**Gráfico 2-3:** Análisis de adherencia en el enjuague superficial

Fuente: Autores

Se puede observar que la adherencia en un enjuague por inmersión y presión varía levemente con respecto al enjuague por presión. Por ello no existe diferencia significativa en las dos formas de enjuague.

### 3.10 Espesor

**Tabla 11-3:** Análisis estadístico del espesor mediante la prueba T-Student en software SPSS

	Tipo_Enjuague	Espesor		Tipo_Enjuague	Espesor
1	Inmersion y Presi...	,28	16	Presion	,36
2	Inmersion y Presi...	,36	17	Presion	,24
3	Inmersion y Presi...	,18	18	Presion	,18
4	Inmersion y Presi...	,22	19	Presion	,20
5	Inmersion y Presi...	,25	20	Presion	,20
6	Inmersion y Presi...	,18	21	Presion	,18
7	Inmersion y Presi...	,36	22	Presion	,25
8	Inmersion y Presi...	,48	23	Presion	,44
9	Inmersion y Presi...	,24	24	Presion	,22
10	Inmersion y Presi...	,25	25	Presion	,18
11	Inmersion y Presi...	,18	26	Presion	,36
12	Inmersion y Presi...	,20	27	Presion	,28
13	Inmersion y Presi...	,20	28	Presion	,18
14	Inmersion y Presi...	,18	29	Presion	,22
15	Inmersion y Presi...	,36	30	Presion	,28

NOTA. Análisis del enjuague por inmersión y presión (IP) vs enjuague por presión (P)

Fuente: Autores

#### Hipótesis

Nula (Ho): No existe diferencia significativa entre los dos tipos de enjuague analizados.

Alternativa (Hi): Existe diferencia significativa entre los dos tipos de enjuague analizados.

#### Condición:

Si  $T\text{-student} > \alpha = 0.05$  (nivel de significancia). Se cumple la hipótesis nula (Ho), caso contrario se acepta la hipótesis alternativa (Hi)

**Tabla 12-3:** Resultados prueba T-Student

Tipo_Enjuague	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Espesor Inmersión y Presión	15	,2613	,09015	,02328
Presión	15	,2513	,07954	,02054

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior	
Espesor	Se asumen varianzas iguales	,264	,611	,322	28	,750	,01000	,03104	-,05358	,07358
	No se asumen varianzas iguales			,322	27,572	,750	,01000	,03104	-,05363	,07363

Fuente: Autores

$$T\text{-student}=0.322$$

$$0.322 > 0.05$$

**Conclusión:**

El valor obtenido del análisis T-student es de 0.132 lo cual indica que es mayor al nivel de significancia de 0.05 por lo tanto se dice que se acepta la hipótesis nula lo cual indica que el espesor no tiene diferencia significativa en relación con el tipo de enjuague.

**Análisis de los tratamientos superficiales con un tiempo de 40 segundos respecto a un tiempo de 35 segundos.**

**Tabla 13-3:** Tratamientos superficiales con un tiempo de 35 y 40 segundos.

Tiempo: 35 segundos				Tiempo: 40 segundos		
Pruebas				Pruebas		
muestras	dureza	adherencia	espesor 35 s (mm)	dureza	adherencia	espesor 40 s (mm)
1	H	ISO 1/ASTM 4B	0,18	2H	ISO 0 /ASTM 5B	0,26
2	F	ISO 1 /ASTM 4B	0,25	H	ISO 0/ASTM 4B	0,22
3	HB	ISO 0/ ASTM 5B	0,25	H	ISO 1/ ASTM 4B	0,22
4	2H	ISO 0 /ASTM 5B	0,36	2H	ISO 3 /ASTM 2B	0,18
5	H	ISO 3/ ASTM 2B	0,18	2H	ISO 1/ ASTM 4B	0,24
6	H	ISO 1 /ASTM 4B	0,24	3H	ISO 1/ ASTM 4B	0,32
7	3H	ISO 1/ ASTM 4B	0,22	F	ISO 2/ ASTM 3B	0,36
8	2H	ISO 2 /ASTM 3B	0,22	F	ISO 0 /ASTM 5B	0,34
9	2H	ISO 0 /ASTMB 5B	0,2	HB	ISO 2 /ASTM 3B	0,22
10	F	ISO 0 /ASTMB 5B	0,26	H	ISO 2 /ASTM 3B	0,2
11	HB	ISO 2 /ASTM 3B	0,24	H	ISO 1 /ASTM 4B	0,18
12	F	ISO 0/ASTMB 5B	0,18	2H	ISO 2 /ASTMB 3B	0,18
13	H	ISO 1 /ASTM 4B	0,22	F	ISO 2 /ASTM 3B	0,24
14	H	ISO 1/ ASTM 4B	0,2	F	ISO 2 /ASTM 3B	0,26
15	F	ISO 0 /ASTM 5B	0,18	H	ISO 1 /ASTM 4B	0,28

NOTA. Análisis del tiempo de 35 segundos vs 40 segundos

### 3.11 Análisis de dureza en los tiempos de exposición en el tratamiento superficial

### 3.12 Dureza

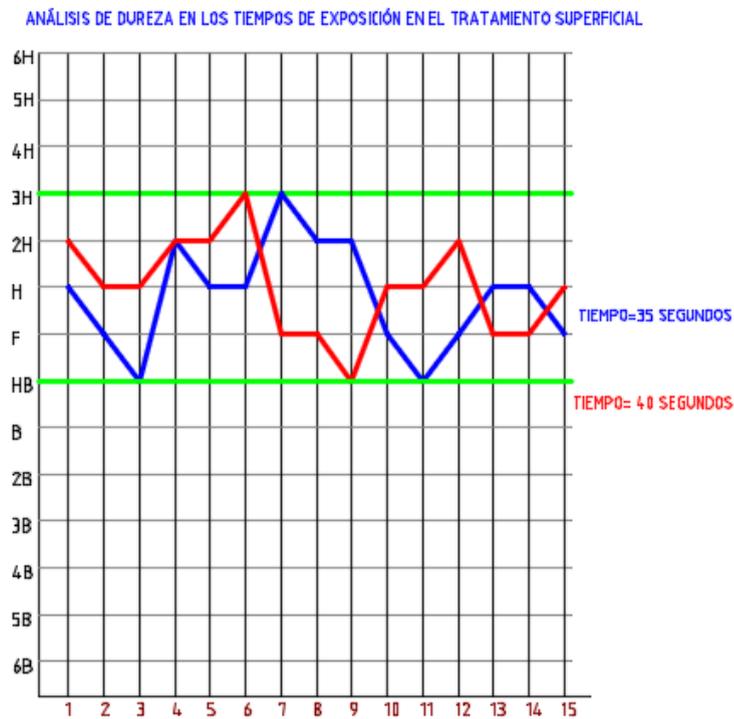


Gráfico 3-3: Análisis de dureza en los tiempos de exposición en el tratamiento superficial.

Se puede observar que la dureza tiene una variación leve en los 45 segundos de exposición con respecto a los 35 segundos. Por ello no existe diferencia significativa en las dos formas de enjuague.

### 3.13 Adherencia



Gráfico 4-3: Análisis de adherencia en los tiempos de exposición al tratamiento superficial.

Se puede observar que la adherencia varía levemente en los 45 segundos de exposición con respecto a los 35 segundos. Por ello no existe diferencia significativa en las dos formas de enjuague.

## Espesor

**Tabla 14-3:** Análisis estadístico del espesor mediante la prueba T-student en software SPSS.

	tiempo	Espesor		tiempo	Espesor
1	40 segundos	,26	16	35 segundos	,18
2	40 segundos	,22	17	35 segundos	,25
3	40 segundos	,22	18	35 segundos	,25
4	40 segundos	,18	19	35 segundos	,36
5	40 segundos	,24	20	35 segundos	,18
6	40 segundos	,32	21	35 segundos	,24
7	40 segundos	,36	22	35 segundos	,22
8	40 segundos	,34	23	35 segundos	,22
9	40 segundos	,22	24	35 segundos	,20
10	40 segundos	,20	25	35 segundos	,26
11	40 segundos	,18	26	35 segundos	,24
12	40 segundos	,18	27	35 segundos	,18
13	40 segundos	,24	28	35 segundos	,22
14	40 segundos	,26	29	35 segundos	,20
15	40 segundos	,28	30	35 segundos	,18

Fuente: Autores

## Hipótesis

Nula (Ho): No existe diferencia significativa entre los dos tiempos analizados.

Alternativa (Hi): Existe diferencia significativa entre los dos tiempos analizados.

## Condición:

Si  $T\text{-student} > \alpha=0.05$  (nivel de significancia).

Se cumple la hipótesis nula (Ho), caso contrario se acepta la hipótesis alternativa (Hi)

**Tabla 15-3:** Resultados de la prueba T-Student

**Prueba T**

[ConjuntoDatos4]

**Estadísticas de grupo**

tiempo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Espeor 40 segundos	15	,2467	,05740	,01482
35 segundos	15	,2253	,04673	,01207

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Espeor	Se asumen varianzas iguales	1,072	,309	1,116	28	,274	,02133	,01911	-,01782	,06048
	No se asumen varianzas iguales			1,116	26,893	,274	,02133	,01911	-,01789	,06056

NOTA. Análisis del tiempo de 35 segundos vs 40 segundos

Fuente: Autores

T-student=1.116

1.116 > 0.055

**Conclusión:**

El valor obtenido del análisis T-student es de 1.116 lo cual indica que es mayor al nivel de significancia de 0.05 por lo tanto se dice que se acepta la hipótesis nula lo cual indica que el espesor no tiene diferencia significativa en relación con el tiempo de exposición.

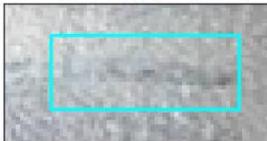
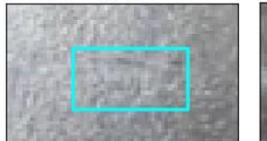
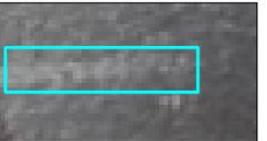
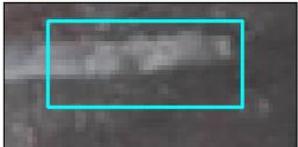
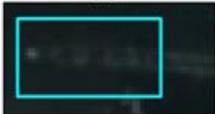
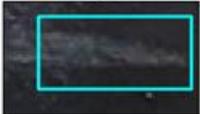
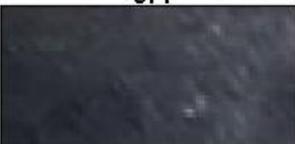
## CAPITULO IV

### 4 Aplicación de los ensayos superficiales de dureza, adherencia y espesor en Estribos y Roll bars de la empresa “INARECROM S.A”

#### 4.1 Análisis de estribos

##### 4.1.1 Prueba de dureza en los estribos

Tabla 16-4: Estribo N°1

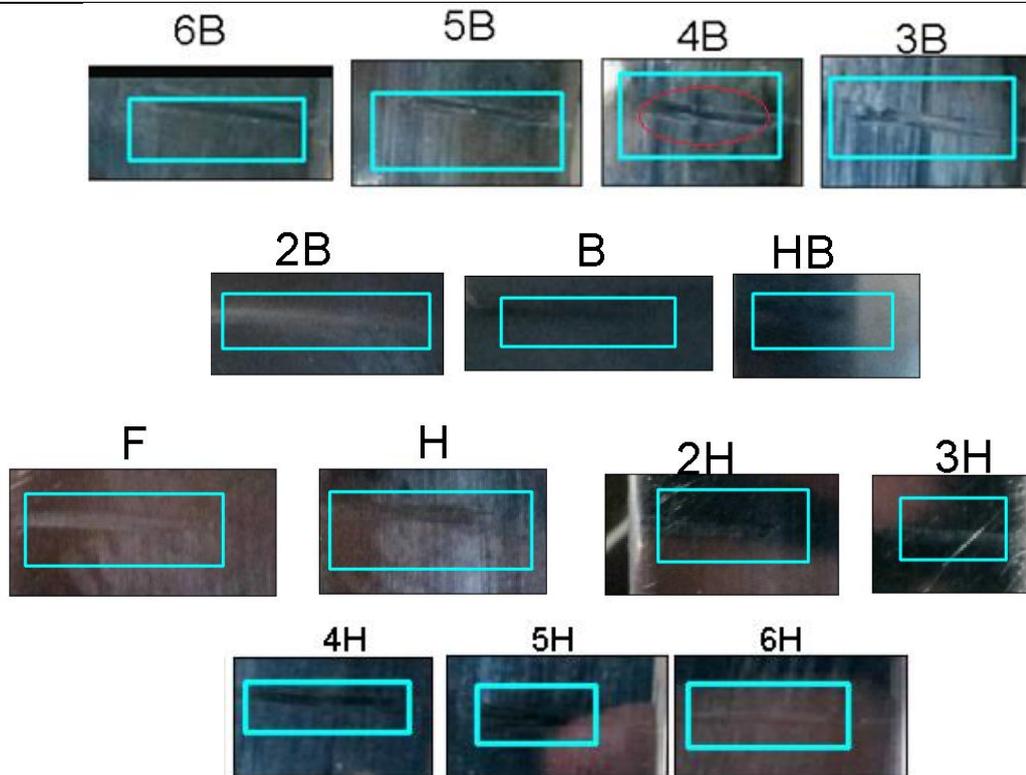
Parámetros			
Tiempo: 40 seg.			
Voltaje: 3.15 V			
Amperaje: 1.15 A			
Temperatura del baño: 32 °C			
Dimensiones del estribo:			
Fotos			
6B	5B	4B	3B
			
2B		B	HB
			
F	H	2H	3H
			
4H		5H	6H
			

Nota: Realizando las pruebas de dureza mediante los lápices se puede observar que se tiene una ruptura del material en el lápiz F el cual nos indica que se encuentra en una transición a una dureza media

**Tabla 17-4:** Tiempo de cromado 35 segundos

Parámetros
Tiempo: 35 seg.
Voltaje: 3.15 V
Amperaje: 1.15 A
Temperatura del baño: 32 °C
Dimensiones del estribo:

Fotos

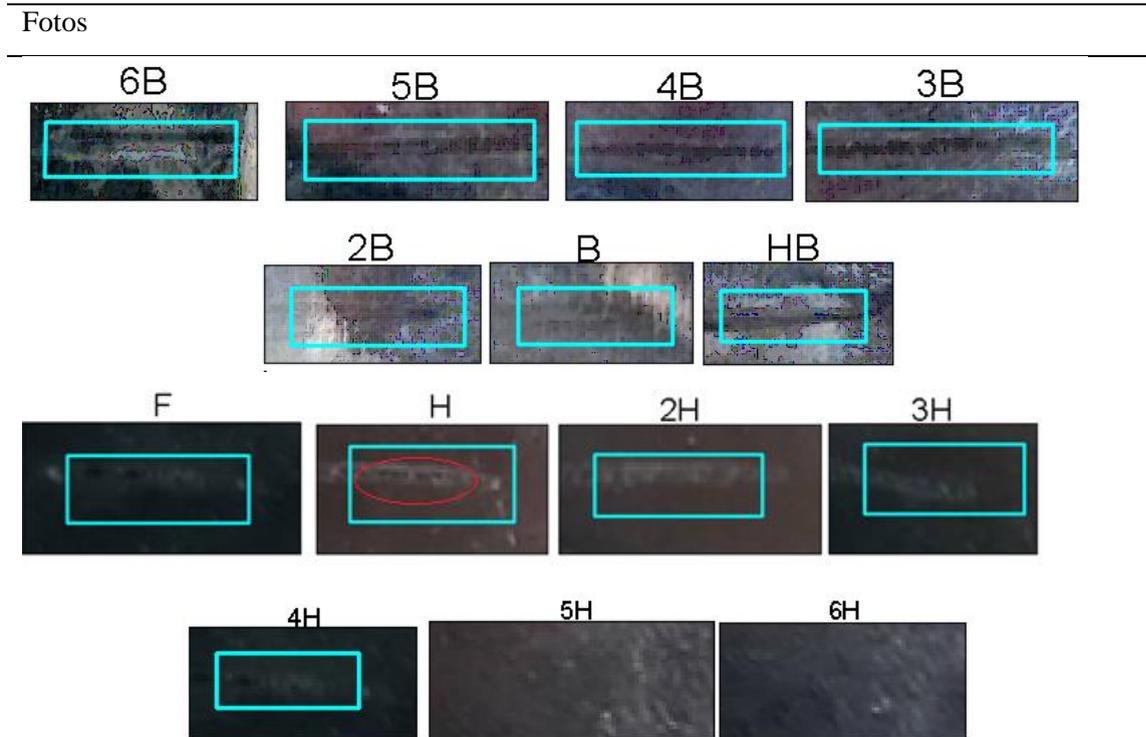


Nota: Una vez realizada la prueba de dureza mediante los lápices se puede observar que se tiene una ruptura del material en el lápiz 4B el cual nos indica que se encuentra en una dureza baja.

**Tabla 18-4:** Estribo N° 2

Parámetros
Tiempo: 40 seg.
Voltaje: 3.15 V
Amperaje: 1.15 A
Temperatura del baño: 32 °C
Dimensiones del estribo:

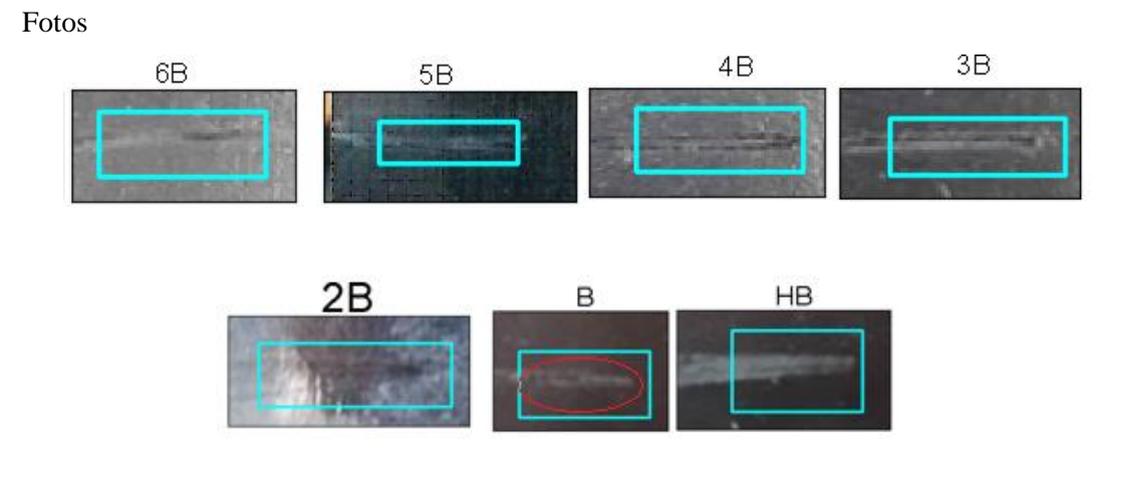
**Tabla 17-4: (Continúa): Estribo N° 2**



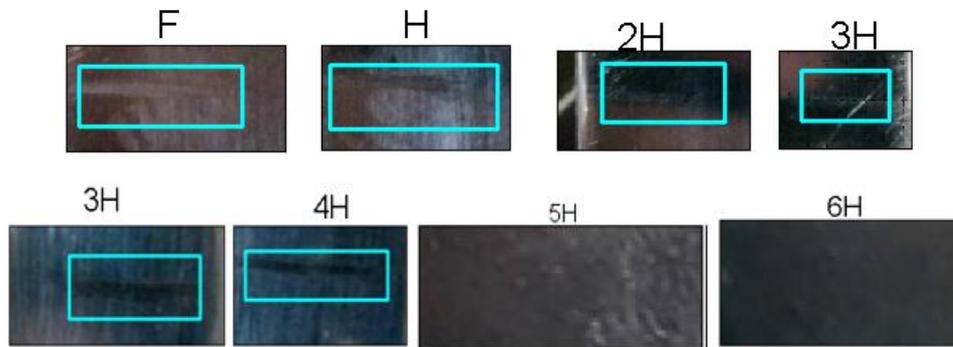
Nota: Realizando las pruebas de dureza mediante los lápices se puede observar que se tiene una ruptura del material en el lápiz H el cual nos indica que se encuentra en una dureza alta.

**Tabla 19-4: Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos**

Parámetros
Tiempo: 35 seg.
Voltaje: 3.15 V
Amperaje: 1.15 A
Temperatura del baño: 32 °C
Dimensiones del estribo:



**Tabla 18-4: (Continúa):** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

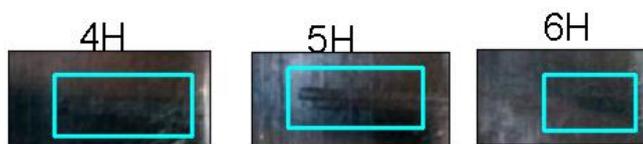


Nota: Desarrollando la prueba de dureza mediante los lápices se puede ver que se produce la rotura en una dureza de B lo cual nos indica que tiene una dureza baja inclinándose a una dureza media.

**Tabla 20-4:** Estribo N° 3

Parámetros	
Tiempo: 35 seg.	
Voltaje: 3.15 V	
Amperaje: 1.15 A	
Temperatura del baño: 32 °C	
Dimensiones del estribo:	
Fotos	

**Tabla 18-4: (Continúa): Estribo N° 3**



Nota: Realizando las pruebas de dureza mediante los lápices se puede observar que se tiene una ruptura del material en el lápiz B el cual nos indica que se encuentra en una transición a una dureza media.

**Tabla 21-4: Análisis con un tiempo de cromado de 40 segundos**

Parámetros			
Tiempo: .40 seg.			
Voltaje:3.15 V			
Amperaje: 1.15 A			
Temperatura del baño: 32 °C			
Dimensiones del estribo:			
Fotos			
6B	5B	4B	3B
2B	B	HB	
F	H	2H	3H
4H	5H	6H	

Nota: Realizando las pruebas de dureza mediante los lápices se puede observar que se tiene una ruptura del material en el lápiz 2H el cual nos indica que se encuentra en una dureza alta en relación con los demás ensayos.

#### 4.1.2 Prueba de adherencia en los estribos

**Tabla 22-4:** Estribo N° 1

Parámetros	Foto
Tiempo: 40 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del estribo:	

Una vez realizada las pruebas de adherencia con los parámetros expuestos se puede comprobar que poseen una adherencia (ISO 0 /ASTMB5B).

Nos indica que los cortes de cuchilla son limpios, no sé a desprendido cuadros del enrejado.

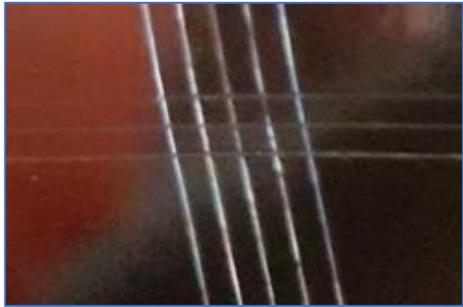
**Tabla 23-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

Parámetros	Foto
Tiempo: 35 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del estribo:	

Una vez realizada las pruebas de adherencia con los parámetros expuestos se puede comprobar que poseen una adherencia (ISO 2 /ASTMB3B). Nos indica que el revestimiento se desconcha por los bordes y/o en las intersecciones de los cortes.

Afecta a un área de corte mucho mayor del 5%, pero no muy superior al 15%.

**Tabla 24:** Estribo N° 2

Parámetros	Foto
Tiempo: 40 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del estribo:	

Una vez realizada las pruebas de adherencia con los parámetros expuestos se puede comprobar que poseen una adherencia (ISO 0 /ASTMB5B).

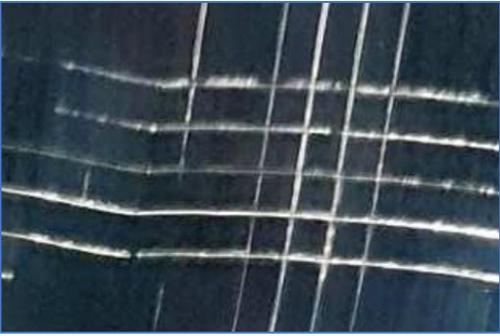
Nos indica que los cortes de cuchilla son limpios, no se a desprendido cuadros del enrejado.

**Tabla 25-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

Parámetros	Foto
Tiempo: 35 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del estribo:	

Una vez realizada las pruebas de adherencia con los parámetros expuestos se puede comprobar que poseen una adherencia (ISO 0 /ASTMB 5B). Nos indica que los cortes de la cuchilla son limpios, no se ha desprendido cuadros del enrejado.

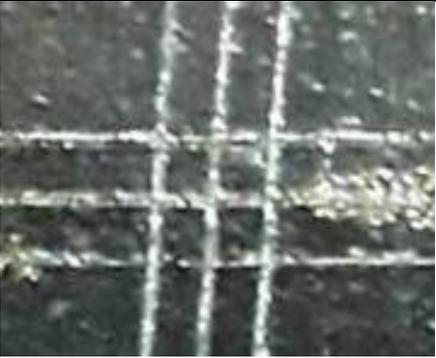
**Tabla 26-4:** Estribo N° 3

Parámetros	Foto
Tiempo: 40 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del estribo:	

Después de realizar las pruebas de adherencia con los parámetros expuestos se puede comprobar que poseen una adherencia (ISO 0 /ASTMB 5B).

Nos indica que los cortes de la cuchilla son limpios, no se ha desprendido cuadros del enrejado.

**Tabla 27-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

Parámetros	Foto
Tiempo: 35 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del estribo:	

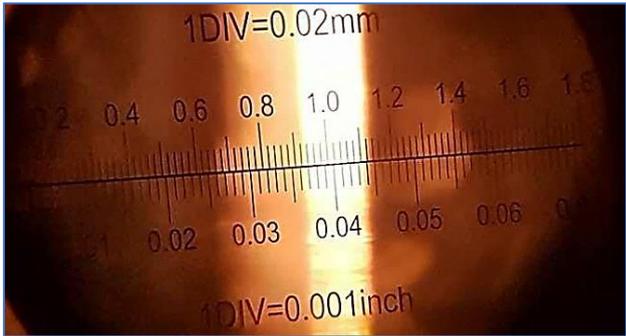
Después de realizar las pruebas de adherencia con los parámetros expuestos se puede comprobar que poseen una adherencia (ISO 2 /ASTMB 3B). Nos indica que el revestimiento se desconcha por los bordes y/o en las intersecciones de los cortes.

Afecta a un área de corte mucho mayor del 5%, pero no muy superior al 15%.

El área afectada no influirá en el proceso de trabajo del elemento lo cual garantiza la adherencia óptima en el elemento.

### 4.1.3 Prueba de espesor en los estribos

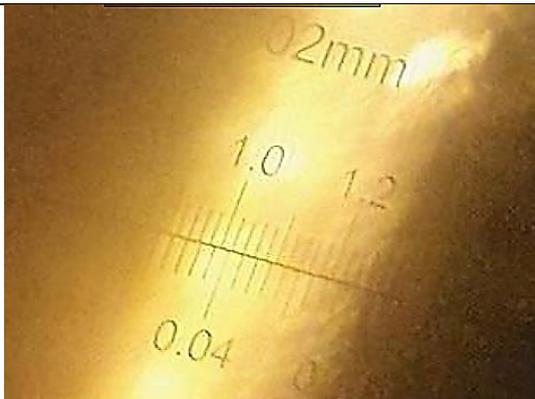
**Tabla 28-4:** Estribo N° 1

Parámetros	Foto
Tiempo: 40 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del estribo:	

En la prueba de espesor realizada con los parámetros expuestos se puede observar que consta de una medición de 0.2 mm de espesor

Con los parámetros definidos por la empresa INARECROM S.A se obtiene un espesor de 0.2mm el cual indica un óptimo espesor sin ningún problema o defecto al momento de realizar la actividad para la cual será utilizada.

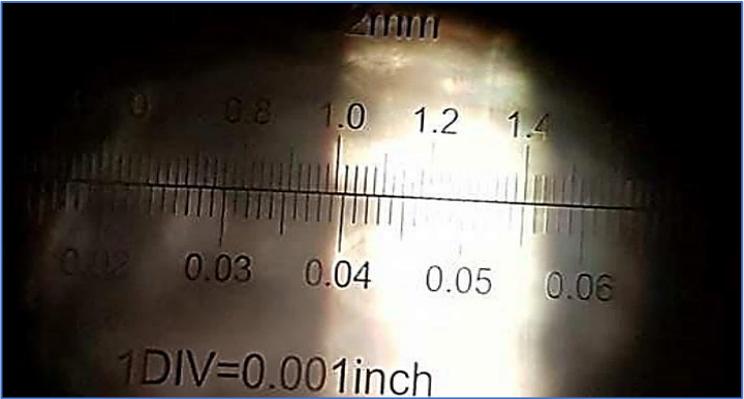
**Tabla 29-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

Parámetros	Foto
Tiempo: 35 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del estribo:	

En la prueba de espesor realizada con los parámetros expuestos se puede observar que consta de una medición de 0.26 mm de espesor

El espesor obtenido se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

**Tabla 30-4:** Estribo N° 2

Parámetros	Foto
Tiempo: 40 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del estribo:	

En la prueba de espesor realizada con los parámetros expuestos se puede observar que consta de una medición de 0.4 mm de espesor.

Con los parámetros definidos por la empresa INARECROM S.A se obtiene un espesor de 0.4mm el cual se encuentra en el límite permisible sin afectar al elemento en el momento de realizar la actividad para la cual será utilizada.

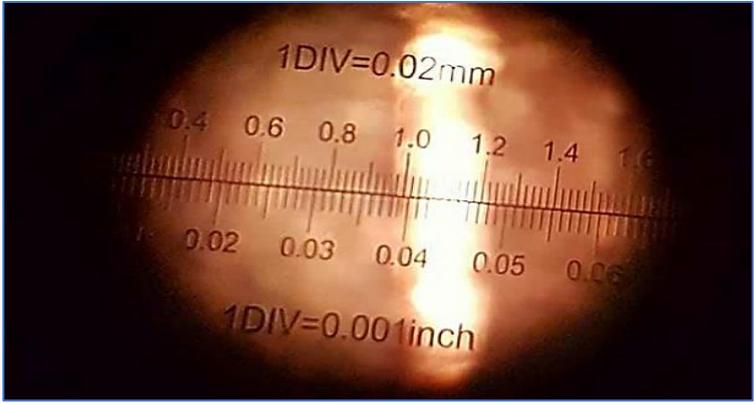
**Tabla 31-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

Parámetros	Foto
Tiempo: 35 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del estribo:	

En la prueba de espesor realizada con los parámetros expuestos se puede observar que consta de una medición de 0.12 mm de espesor.

El espesor obtenido se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

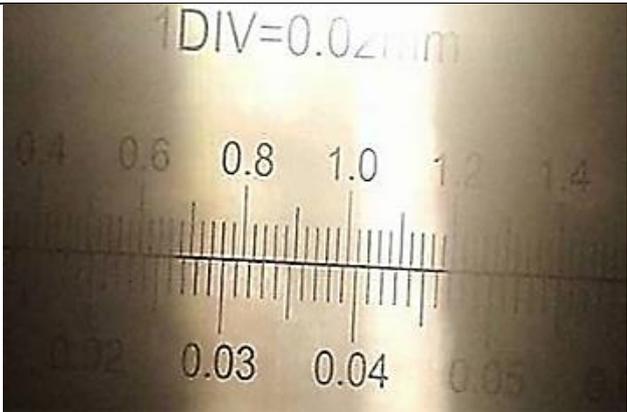
**Tabla 32-4:** Estribo N° 3

Parámetros	Foto
Tiempo: 40 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del estribo:	

En la prueba de espesor realizada con los parámetros expuestos se puede observar que consta de una medición de 0.18 mm de espesor.

El espesor obtenido se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

**Tabla 33-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

Parámetros	Foto
Tiempo: 35 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del estribo:	

En la prueba de espesor realizada con los parámetros expuestos se puede observar que consta de una medición de 0.18 mm de espesor.

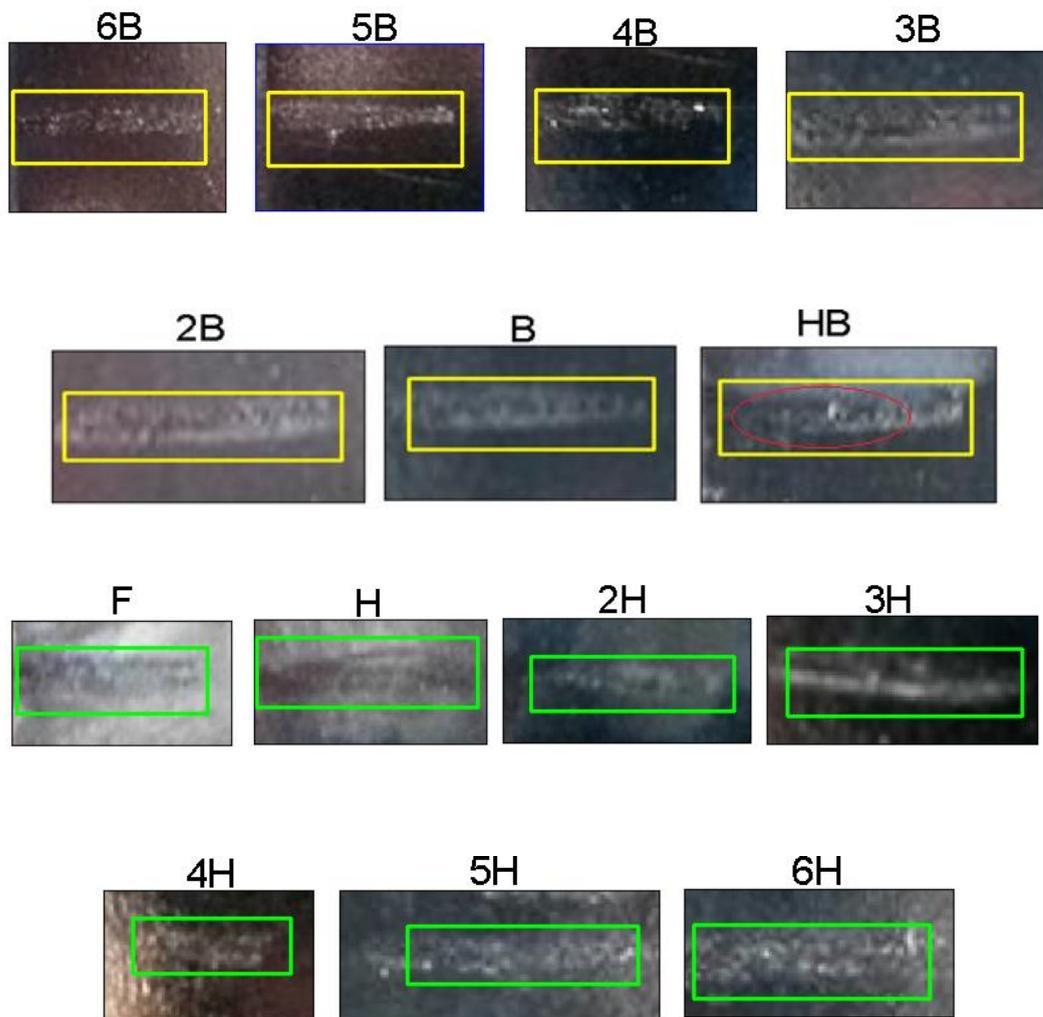
El espesor obtenido se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

## 4.2 Análisis de roll bars

### 4.2.1 Prueba de dureza en los roll bars

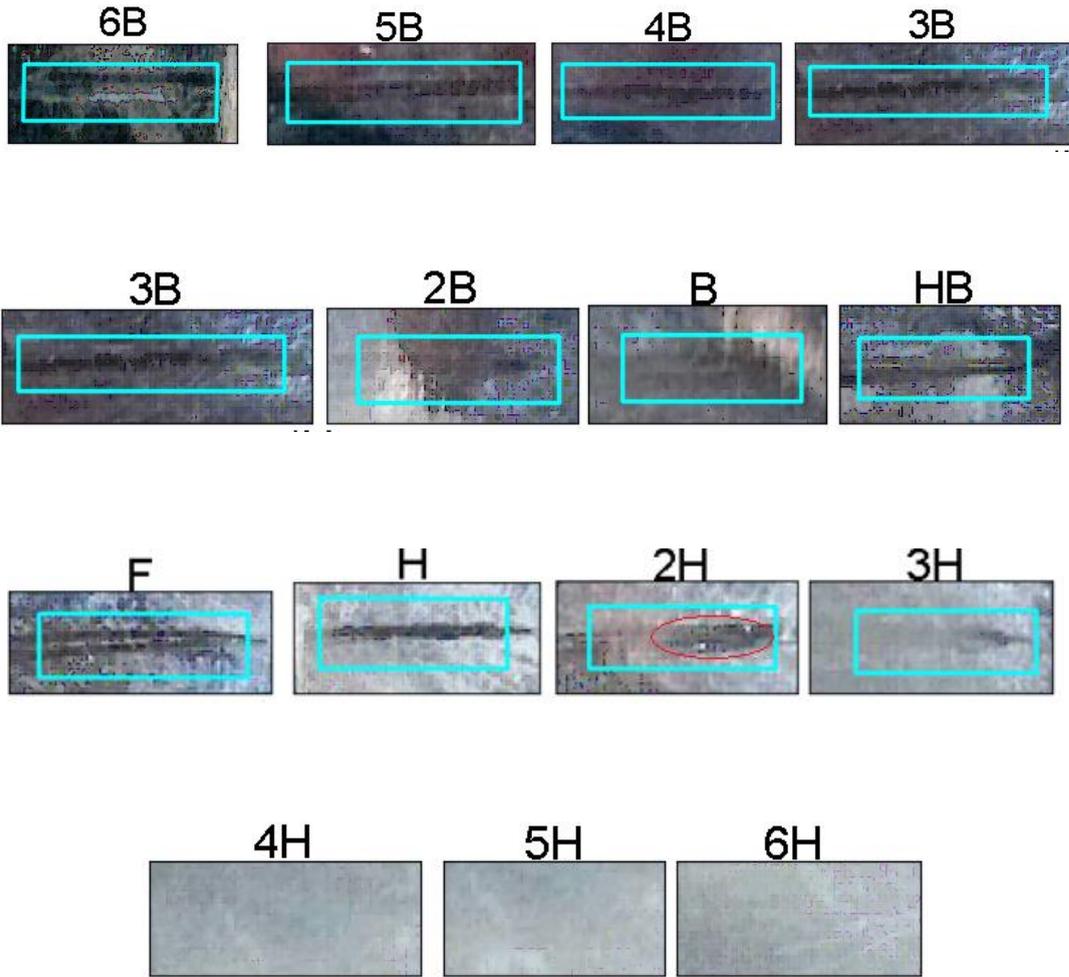
Tabla 34-4: Roll bar N° 1

Parámetros
Tiempo: 35 seg.
Voltaje: 3.15 V
Amperaje: 1.15 A
Temperatura del baño: 32 °C
Dimensiones del roll bar:
Fotos



Nota: Realizando las pruebas de dureza mediante los lápices se puede observar que se tiene una ruptura del material en el lápiz B el cual nos indica que se encuentra en una dureza media con una transición a la dureza alta.

**Tabla 35-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 40 segundos

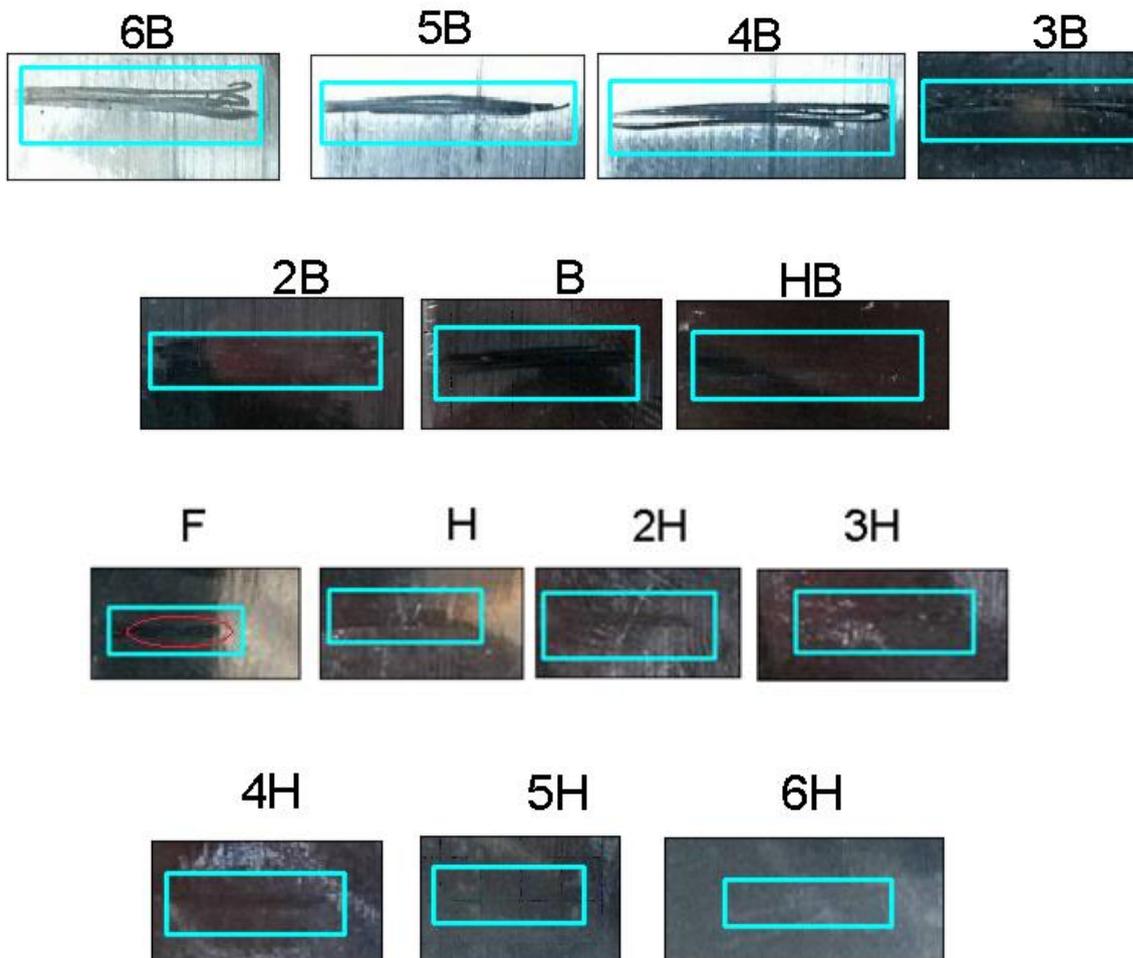
Parámetros			
Tiempo: 40 seg.			
Voltaje: 3.15 V			
Amperaje: 1.15 A			
Temperatura del baño: 32 °C			
Dimensiones del roll bar:			
Fotos			
			

Nota: Realizando las pruebas de dureza mediante los lápices se puede observar que se tiene una ruptura del material en el lápiz 2H el cual nos indica que se encuentra en una dureza alta.

La dureza obtenida se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

**Tabla 36-4:** Roll bar N° 2

Parámetros
Tiempo: 40 seg.
Voltaje: 3.15 V
Amperaje: 1.15 A
Temperatura del baño: 32 °C
Dimensiones del roll bar:
Fotos



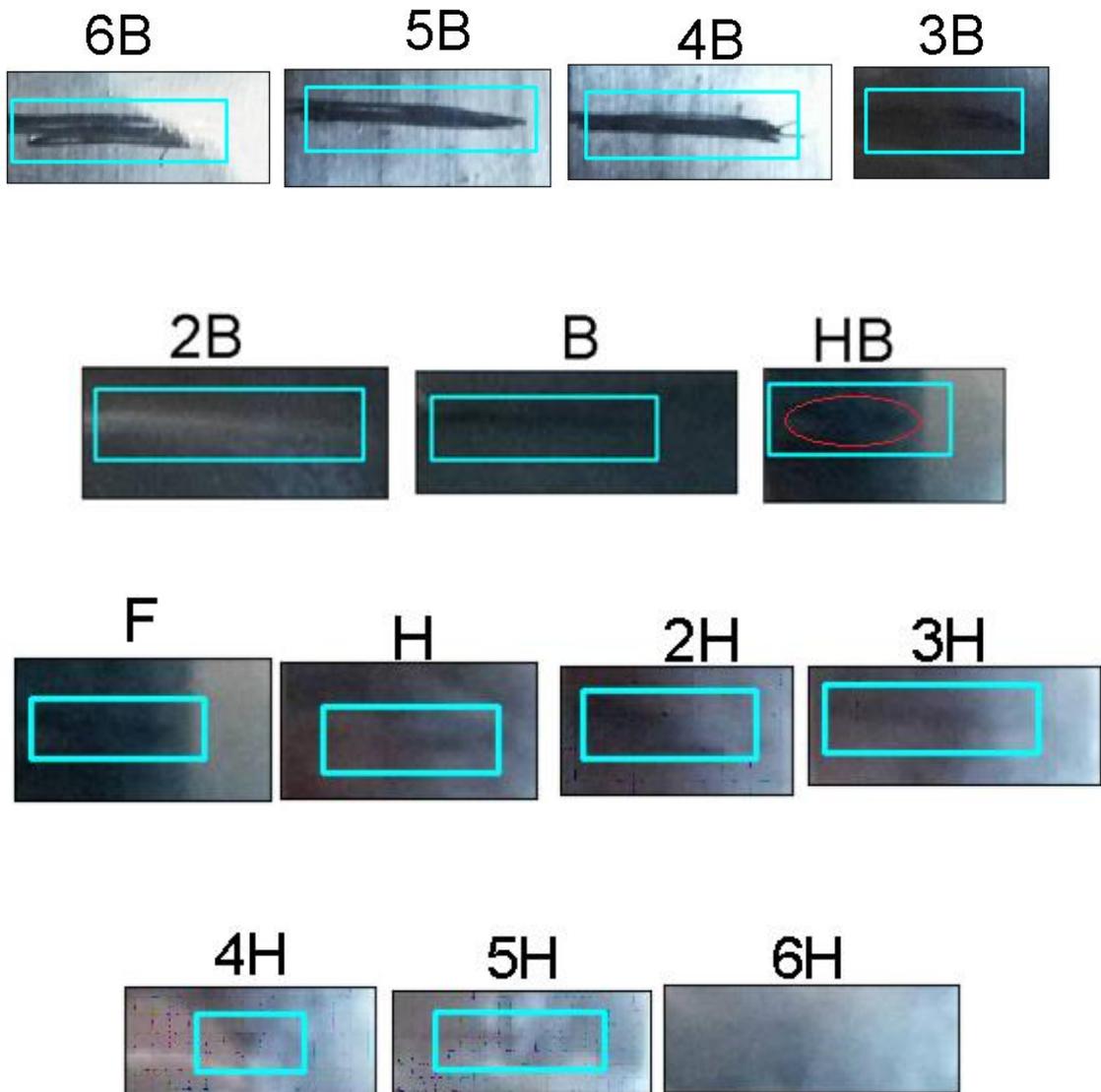
Nota: Realizando las pruebas de dureza mediante los lápices se puede observar que se tiene una ruptura del material en el lápiz F el cual nos indica que se encuentra en una transición a una dureza media.

La dureza obtenida se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

**Tabla 37-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 40 segundos.

Parámetros
Tiempo: 35 seg.
Voltaje: 3.15 V
Amperaje: 1.15 A
Temperatura del baño: 32 °C
Dimensiones del roll bar:

Fotos

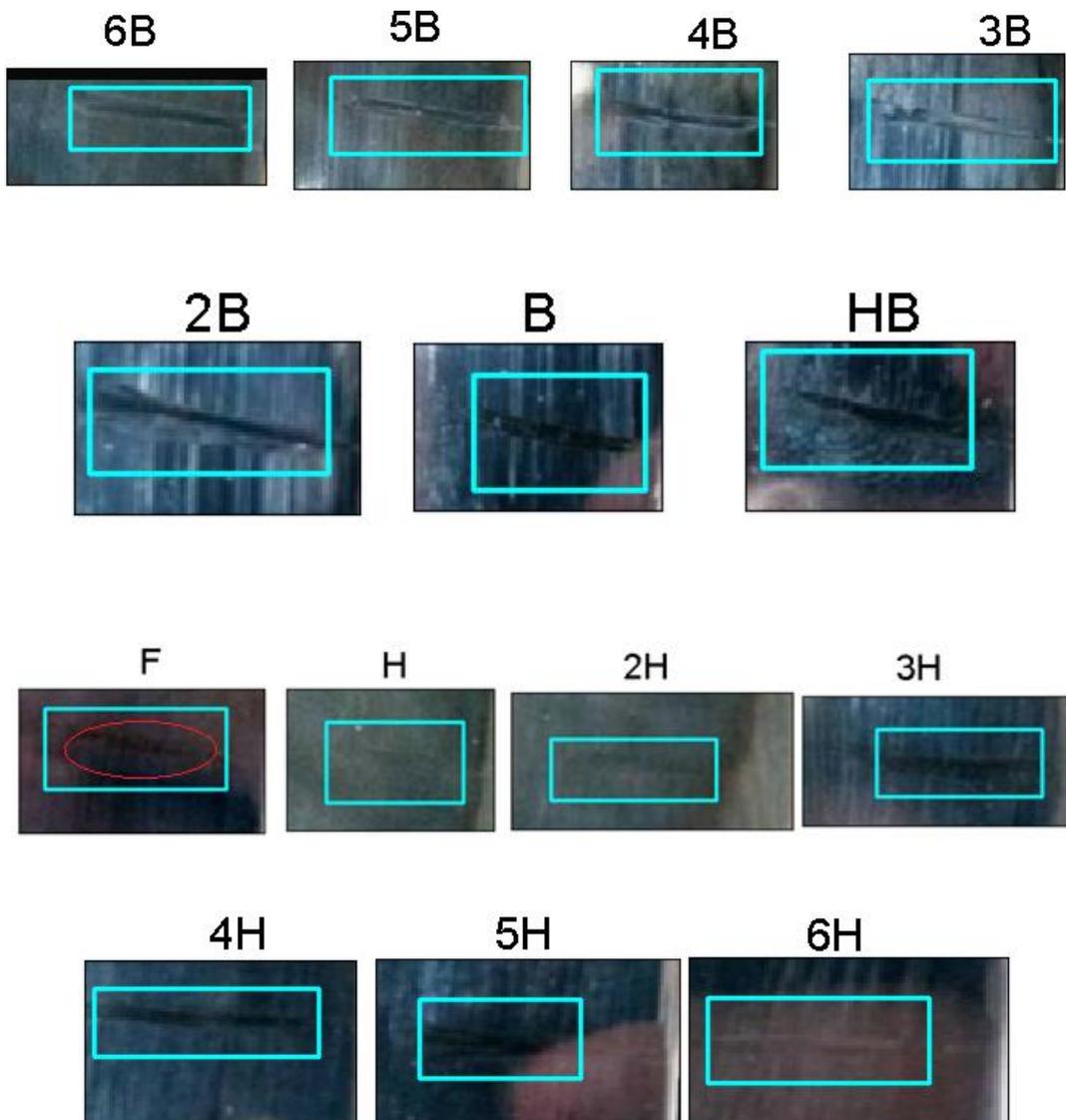


Nota: Realizando las pruebas de dureza mediante los lápices se puede observar que se tiene una ruptura del material en el lápiz HB el cual nos indica que se encuentra en una dureza media con transición a una dureza alta.

La dureza obtenida se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

**Tabla 38-4:** Roll bar N° 3

Parámetros
Tiempo: 40 seg.
Voltaje: 3.15 V
Amperaje: 1.15 A
Temperatura del baño: 32 °C
Dimensiones del roll bar:
Fotos

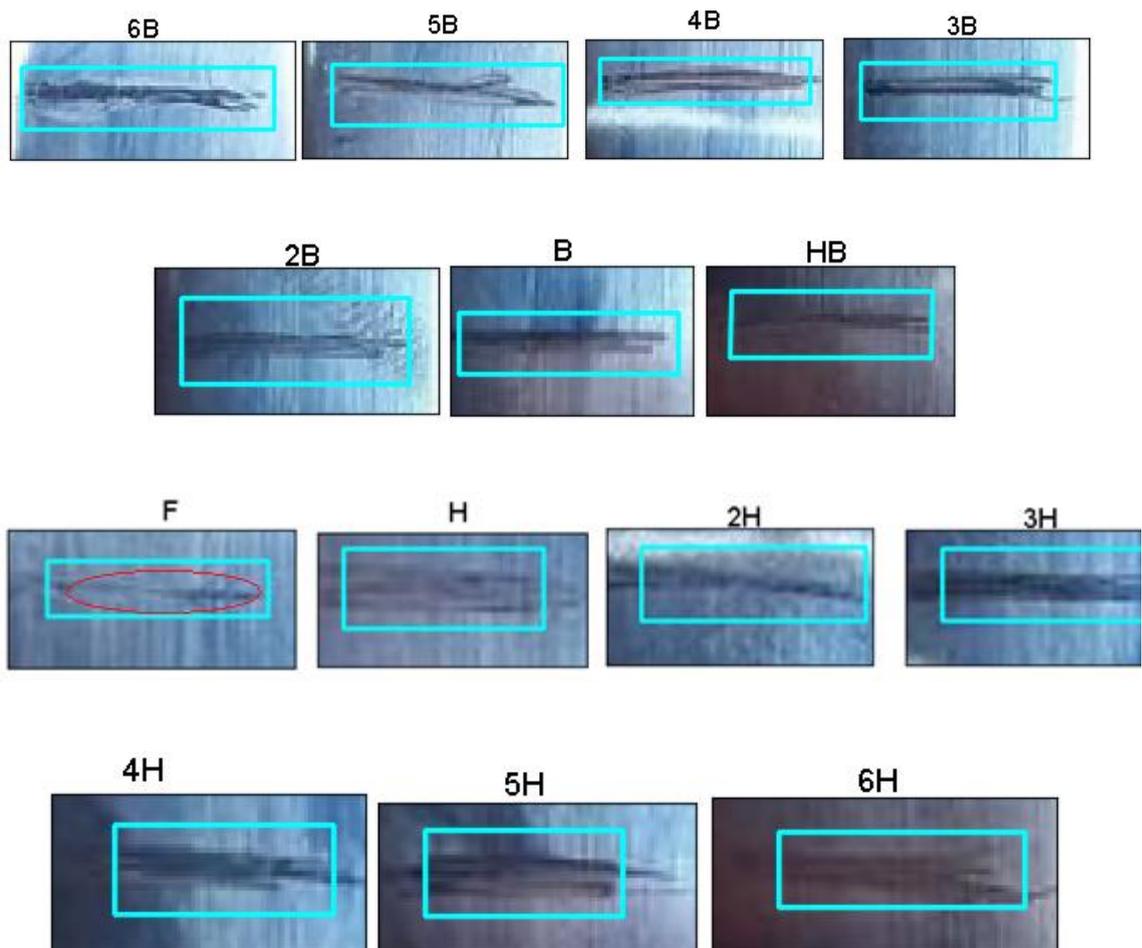


Nota: Realizando las pruebas de dureza mediante los lápices se puede observar que se tiene una ruptura del material en el lápiz F el cual nos indica que se encuentra en una transición a una dureza media.

La dureza obtenida se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

**Tabla 39-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

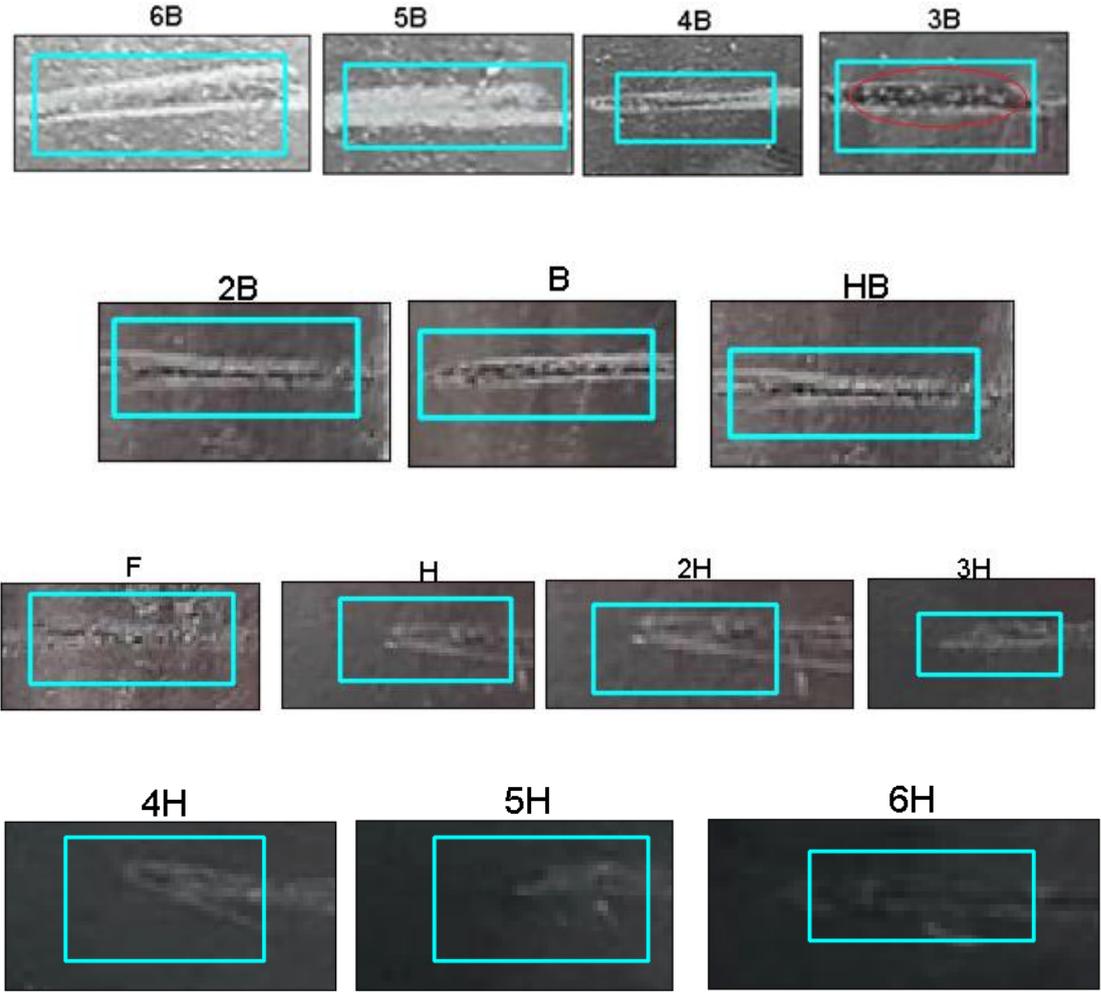
Parámetros
Tiempo: 35 seg.
Voltaje: 3.15 V
Amperaje: 1.15 A
Temperatura del baño: 32 °C
Dimensiones del roll bar:
Fotos



Nota: Realizando las pruebas de dureza mediante los lápices se puede observar que se tiene una ruptura del material en el lápiz F el cual nos indica que se encuentra en una transición a una dureza media.

La dureza obtenida se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

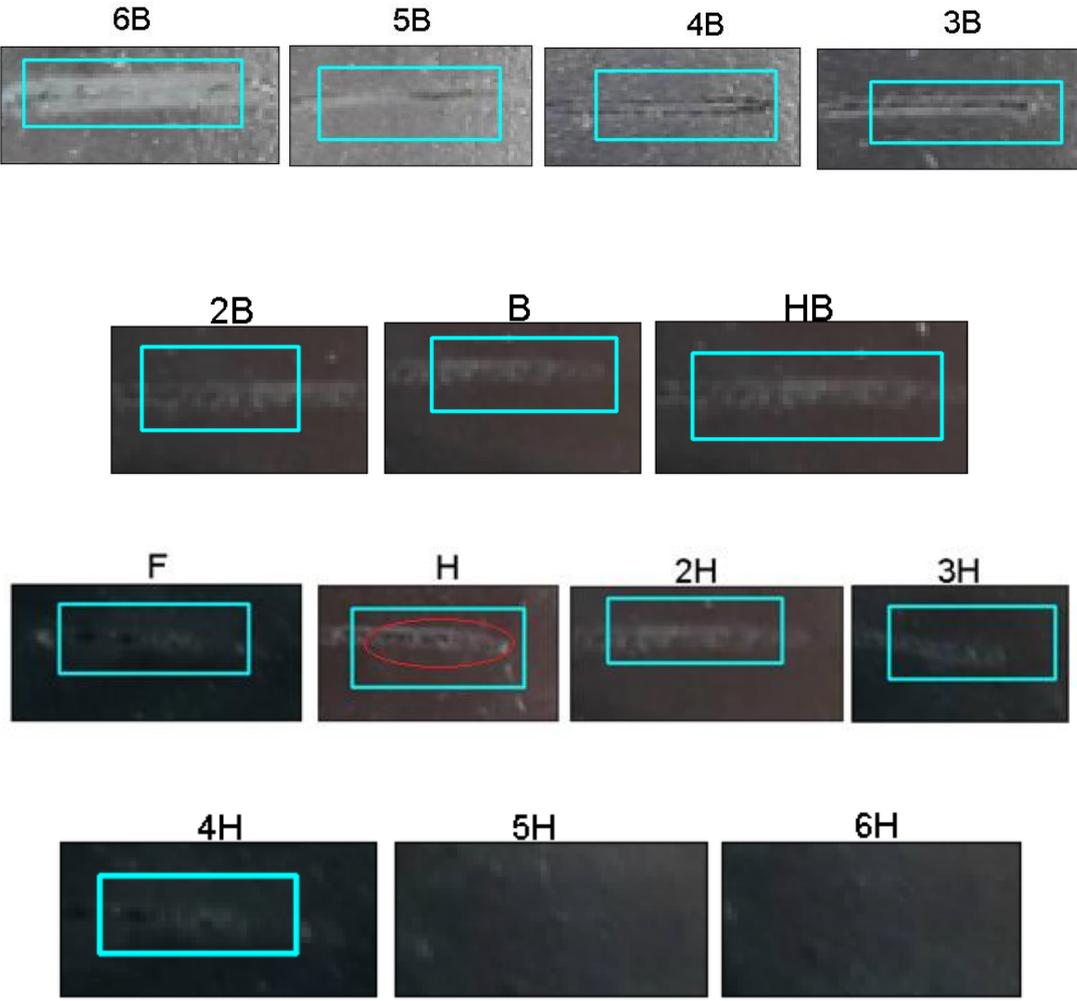
**Tabla 40-4:** Roll bar N° 4

Parámetros
Tiempo: 35 seg.
Voltaje: 3.15 V
Amperaje: 1.15 A
Temperatura del baño: 32 °C
Dimensiones del roll bar:
Fotos


Nota: Realizando las pruebas de dureza mediante los lápices se puede observar que se tiene una ruptura del material en el lápiz 3B el cual nos indica que se encuentra en una dureza baja con transición a una dureza media.

La dureza obtenida se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

**Tabla 41-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 40 segundos

Parámetros
Tiempo: 40 seg.
Voltaje: 3.15 V
Amperaje: 1.15 A
Temperatura del baño: 32 °C
Dimensiones del roll bar:
Fotos


Nota: Realizando las pruebas de dureza mediante los lápices se puede observar que se tiene una ruptura del material en el lápiz H el cual nos indica que se encuentra en una dureza alta.

La dureza obtenida se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

#### 4.2.2 Prueba de adherencia en los roll bars

**Tabla 42-4:** Roll bar N° 1

Parámetros	Foto
Tiempo: 40 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del roll bar:	

Una vez realizada las pruebas de adherencia con los parámetros expuestos se puede comprobar que poseen una adherencia (ISO 0 /ASTMB 5B) la cual nos indica que existe los cortes de la cuchilla son limpios ya que no se ha desprendido cuadros del enrejado.

**Tabla 43-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

Parámetros	Foto
Tiempo: 35 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del roll bar:	

Una vez realizada las pruebas de adherencia con los parámetros expuestos se puede comprobar que poseen una adherencia (ISO 1 /ASTMB 4B) la cual nos indica que existe desprendimiento de pequeñas partes del revestimiento en las intersecciones de los cortes. Sólo se afecta a un área de corte no mucho mayor al 5%.

La adherencia obtenida se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

**Tabla 44-4:** Roll bar N° 2

Parámetros	Foto
Tiempo: 40 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del roll bar:	

Una vez realizada las pruebas de adherencia con los parámetros expuestos se puede comprobar que poseen una adherencia (ISO 0 /ASTMB 5B) la cual nos indica que existe los cortes de la cuchilla son limpios ya que no se ha desprendido cuadros del enrejado.

**Tabla 45-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

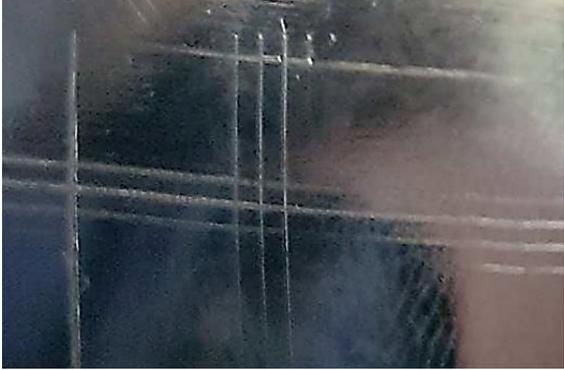
Parámetros	Foto
Tiempo: 35 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del roll bar:	

Una vez realizada las pruebas de adherencia con los parámetros expuestos se puede comprobar que poseen una adherencia (ISO 4 /ASTMB 1B).

Nos indica que el revestimiento se desconcha por los bordes de los cortes en grandes tiras y/o algunos cuadrados se desprenden parcial o completamente.

Afecta a un área de corte mucho mayor del 35% pero no muy superior al 65%.

**Tabla 46-4:** Roll bar N° 3

Parámetros	Foto
Tiempo: 40 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del roll bar:	

Una vez realizada las pruebas de adherencia con los parámetros expuestos se puede comprobar que poseen una adherencia (ISO 0 /ASTMB 5B) la cual nos indica que existe los cortes de la cuchilla son limpios ya que no se ha desprendido cuadros del enrejado.

**Tabla 47-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

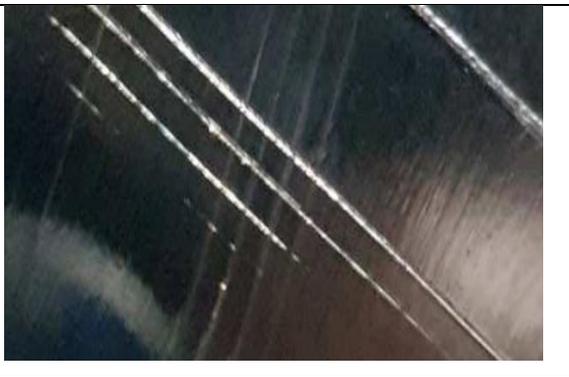
Parámetros	Foto
Tiempo: 35 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del roll bar:	

Una vez realizada las pruebas de adherencia con los parámetros expuestos se puede comprobar que poseen una adherencia (ISO 0 /ASTMB 5B).

Nos indica que existe los cortes de la cuchilla son limpios ya que no se ha desprendido cuadros del enrejado.

La dureza obtenida se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

**Tabla 48-4:** Roll bar N° 4

Parámetros	Foto
Tiempo: 40 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del roll bar:	

Una vez realizada las pruebas de adherencia con los parámetros expuestos se puede comprobar que poseen una adherencia (ISO 1 /ASTMB 4B).

Nos indica que existe desprendimiento de pequeñas partes del revestimiento con lo cual se puede ver que afectada un área de corte no mucho mayor al 5% del área total.

**Tabla 49-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

Parámetros	Foto
Tiempo: 35 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del roll bar:	

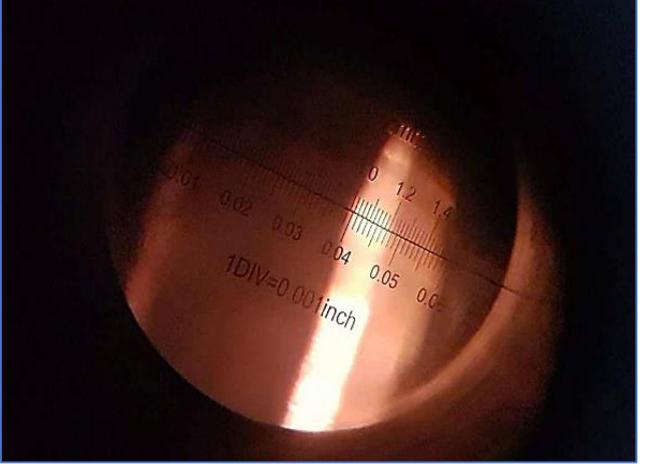
Una vez realizada las pruebas de adherencia con los parámetros expuestos se puede comprobar que poseen una adherencia (ISO 2 /ASTMB 3B).

Nos indica que el revestimiento se desconcha por los bordes y/o en las intersecciones de los cortes.

Afecta a un área de corte mucho mayor del 5%, pero no muy superior al 15%.

### 4.2.3 Prueba de espesor en los roll bars

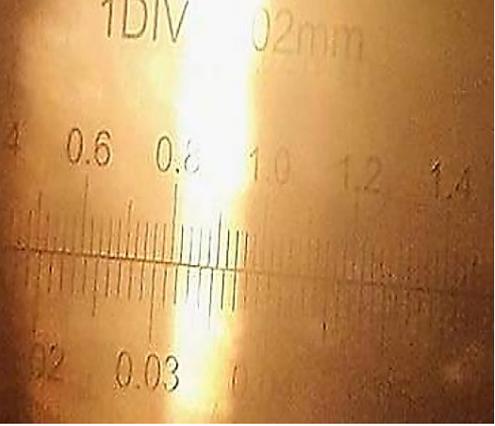
**Tabla 50-4:** Roll bar N° 1

Parámetros	Foto
<p>Tiempo: 40 seg.                      Voltaje: 3.15 V                      Amperaje: 1.15 A                      Temperatura del baño: 32 °C                      Dimensiones del roll bar:</p>	

En la prueba de espesor realizada con los parámetros expuestos se puede observar que consta de una medición de 0.18 mm de espesor.

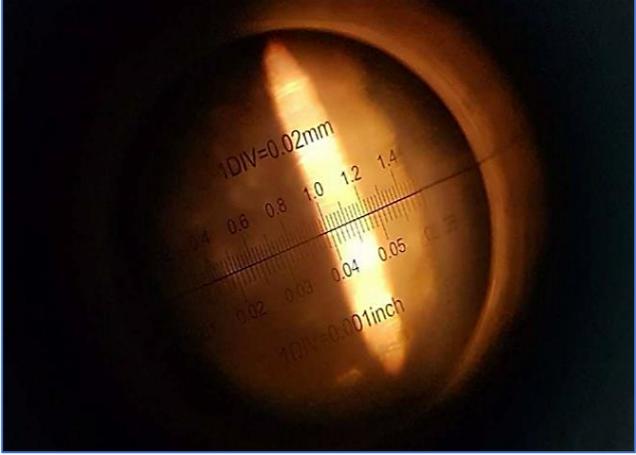
El espesor obtenido se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

**Tabla 51-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

Parámetros	Foto
<p>Tiempo: 35 seg.                      Voltaje: 3.15 V                      Amperaje: 1.15 A                      Temperatura del baño: 32 °C                      Dimensiones del roll bar:</p>	

En la prueba de espesor realizada con los parámetros expuestos se puede observar que consta de una medición de 0.20 mm de espesor.

**Tabla 52-4:** Roll bar N° 2

Parámetros	Foto
<p>Tiempo: 40 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del roll bar:</p>	

En la prueba de espesor realizada con los parámetros expuestos se puede observar que consta de una medición de 0.22 mm de espesor.

El espesor obtenido se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

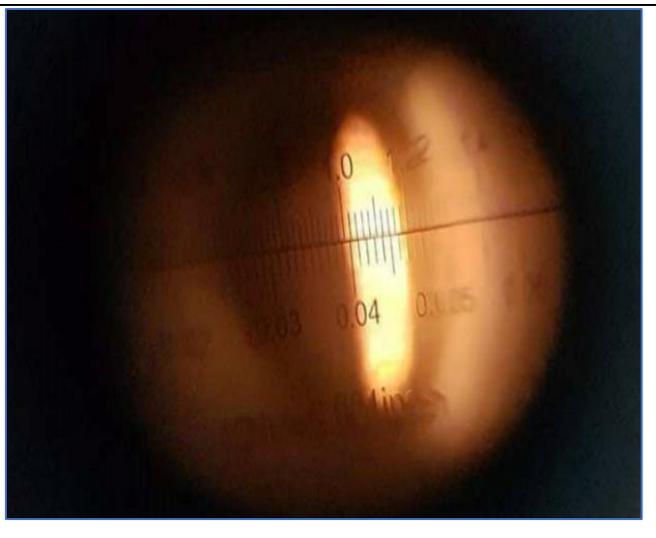
**Tabla 53-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

Parámetros	Foto
<p>Tiempo: 35 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del roll bar:</p>	

En la prueba de espesor realizada con los parámetros expuestos se puede observar que consta de una medición de 0.44 mm de espesor.

El espesor obtenido se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

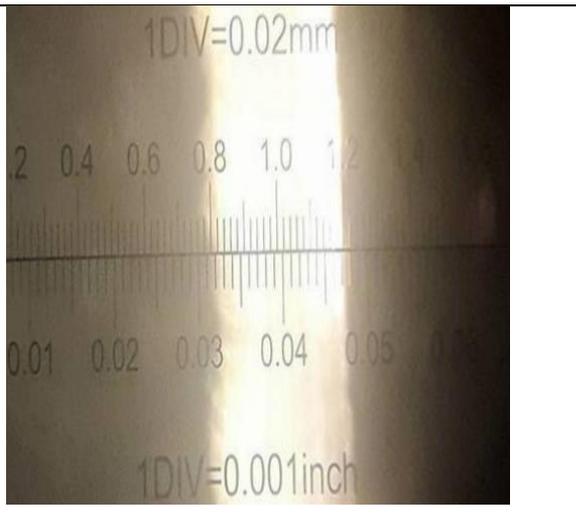
**Tabla 54-4:** Roll bar N° 3

Parámetros	Foto
<p>Tiempo: 40 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del roll bar:</p>	 A microscopic image showing a bright, vertical, cylindrical feature on a dark background. A scale is visible in the background, with markings for 0.0, 0.04, and 0.08. The feature is positioned between the 0.0 and 0.04 markings, indicating a measurement of approximately 0.18 mm.

En la prueba de espesor realizada con los parámetros expuestos se puede observar que consta de una medición de 0.18 mm de espesor.

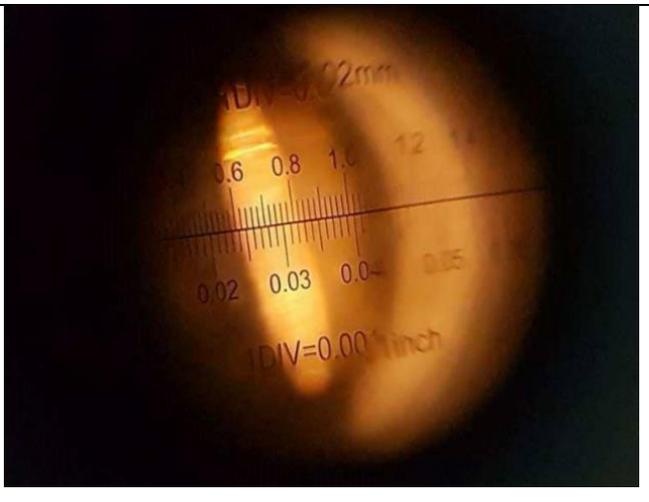
El espesor obtenido se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

**Tabla 55-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

Parámetros	Foto
<p>Tiempo: 35 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del roll bar:</p>	 A microscopic image showing a bright, vertical, cylindrical feature on a dark background. A scale is visible in the background, with markings for 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, and 1.2. The feature is positioned between the 0.2 and 0.4 markings, indicating a measurement of approximately 0.38 mm. The scale also has markings for 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, and 0.05. Text on the scale indicates '1DIV=0.02mm' and '1DIV=0.001inch'.

En la prueba de espesor realizada con los parámetros expuestos se puede observar que consta de una medición de 0.38 mm de espesor.

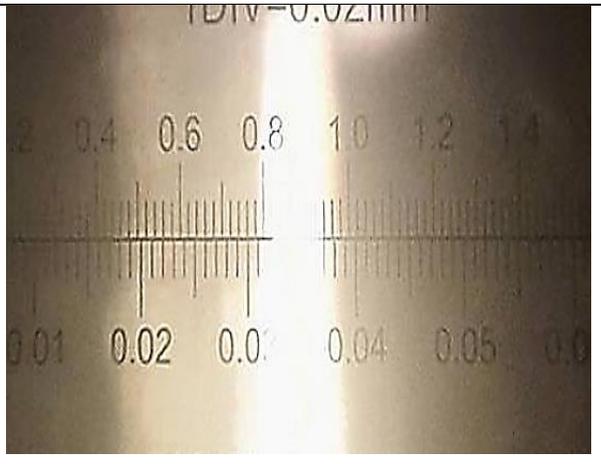
**Tabla 56-4:** Roll bar N° 4

Parámetros	Foto
<p>Tiempo: 40 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del roll bar:</p>	

En la prueba de espesor realizada con los parámetros expuestos se puede observar que consta de una medición de 0.24 mm de espesor.

El espesor obtenido se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

**Tabla 57-4:** Análisis con un tiempo de cromado de 35 segundos

Parámetros	Foto
<p>Tiempo: 35 seg. Voltaje: 3.15 V Amperaje: 1.15 A Temperatura del baño: 32 °C Dimensiones del roll bar:</p>	

En la prueba de espesor realizada con los parámetros expuestos se puede observar que consta de una medición de 0.18 mm de espesor.

El espesor obtenido se encuentra en el rango óptimo de funcionamiento del elemento.

### 4.3 Tabla resumen de los ensayos en los tratamientos superficiales

#### 4.3.1 Estribos

**Tabla 58-4:** Estribo N ° 1

Descripción	Tiempo: 40 segundos	Tiempo: 35 segundos
Dureza	F: transición a dureza media	4B: Dureza baja
Adherencia	ISO 0 /ASTMB5B (limpio)	ISO 2 /ASTMB3B (5% afectación)
Espesor	0.2 mm de espesor	0.26 mm de espesor

Nota: Resumen de los ensayos de tratamientos superficiales de estribos. Fuente: Autores.

**Tabla 59-4:** Estribo N°2

Descripción	Tiempo 40 segundos	Tiempo 35 segundos
Dureza	H: Dureza alta	B: Dureza baja con transición a dureza media
Adherencia	ISO 0 /ASTMB5B (limpio)	ISO 0 /ASTMB 5B (limpio)
Espesor	0.4 mm de espesor	0.12 mm de espesor

Nota: Resumen de los ensayos de tratamientos superficiales de estribos. Fuente: Autores.

**Tabla 60:4** Estribo N°3

Descripción	Tiempo 40 segundos	Tiempo 35 segundos
Dureza	2H: Dureza alta	B: Dureza baja con transición a dureza media
Adherencia	ISO 0 /ASTMB 5B (limpio)	ISO 2 /ASTMB 3B (afectación a un área mayor al 5%)
Espesor	0.18 mm de espesor	0.18 mm de espesor

Nota: Resumen de los ensayos de tratamientos superficiales de estribos. Fuente: Autores.

#### 4.3.2 Roll bars

**Tabla 61-4:** Roll bar N°1

Descripción	Tiempo 40 segundos	Tiempo 35 segundos
Dureza	2H: Dureza alta	B: Dureza baja con transición a dureza media

**Tabla 60-4 (Continúa):** Roll bar N°1

Adherencia	ISO 0 /ASTMB5B (limpio)	ISO 1 /ASTMB 4B (área menor al 5% de afectación)
Espesor	0.18 mm de espesor	0.20 mm de espesor

Nota: Resumen de los ensayos de tratamientos superficiales de roll bars. Fuente: Autores.

**Tabla 62-4:** Roll bar N°2

Descripción	Tiempo 40 segundos	Tiempo 35 segundos
Dureza	HB: Dureza media con transición a dureza alta	F: transición a una dureza media
Adherencia	ISO 0 /ASTMB5B (limpio)	ISO 4 /ASTMB 1B (afecta un área mayor al 35%)
Espesor	0.22 mm de espesor	0.44 mm de espesor

Nota: Resumen de los ensayos de tratamientos superficiales de roll bars. Fuente: Autores.

**Tabla 63-4:** Roll bar N°3

Descripción	Tiempo 40 segundos	Tiempo 35 segundos
Dureza	F: Transición a dureza media	F: Transición a dureza media
Adherencia	ISO 0 /ASTMB 5B (limpio)	ISO 0 /ASTMB 5B (limpio)
Espesor	0.18 mm de espesor	0.38 mm de espesor

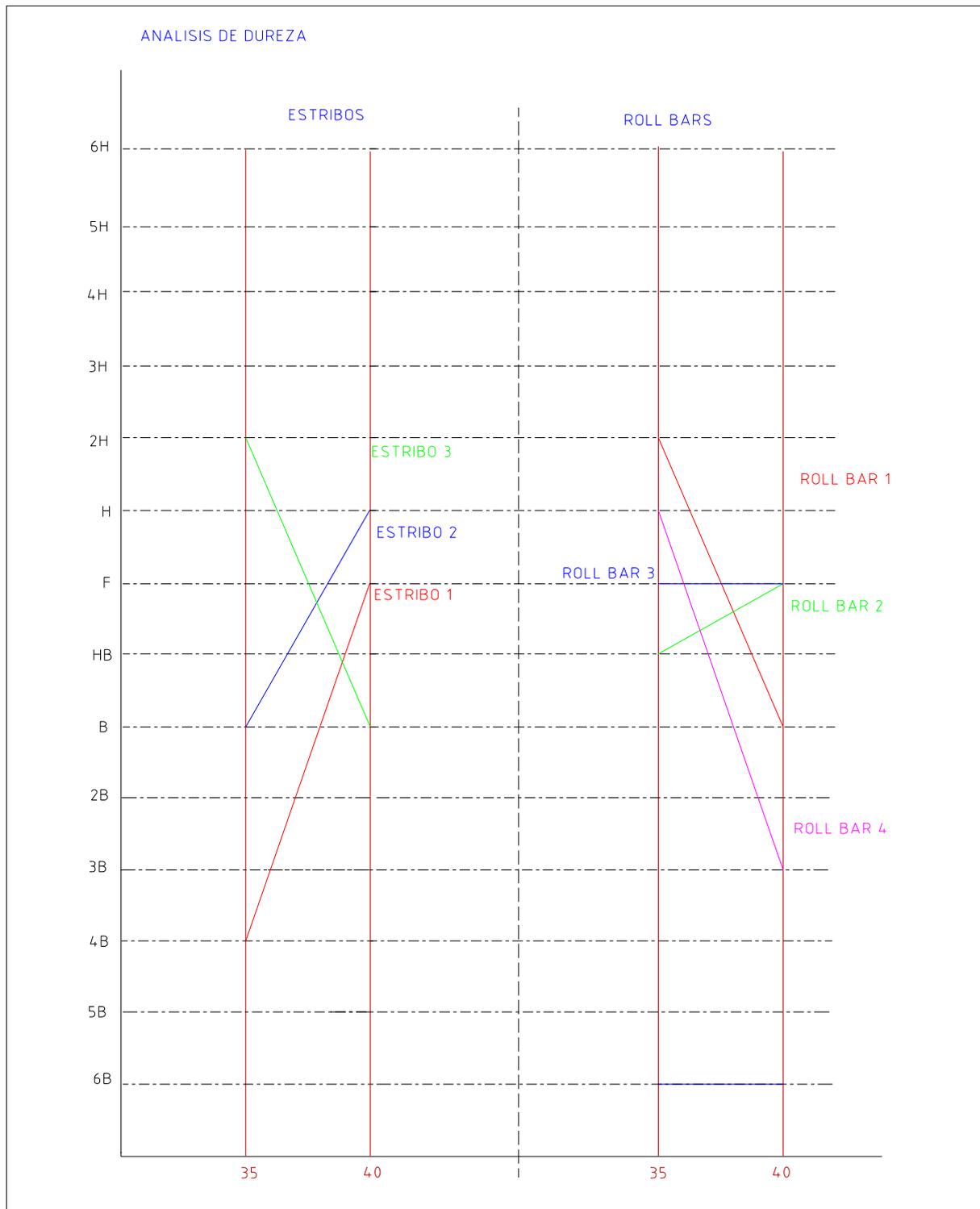
Nota: Resumen de los ensayos de tratamientos superficiales de roll bars. Fuente: Autores.

**Tabla 64-4:** Roll bar N°4

Descripción	Tiempo 40 segundos	Tiempo 35 segundos
Dureza	H: Dureza alta	3B: Dureza baja con transición a dureza media
Tabla 63. Parte final	ISO 1 /ASTMB 4B (área menor al 5% afectación)	ISO 2 /ASTMB 3B (afectación a un área mayor al 5%)
Espesor	0.24 mm de espesor	0.18 mm de espesor

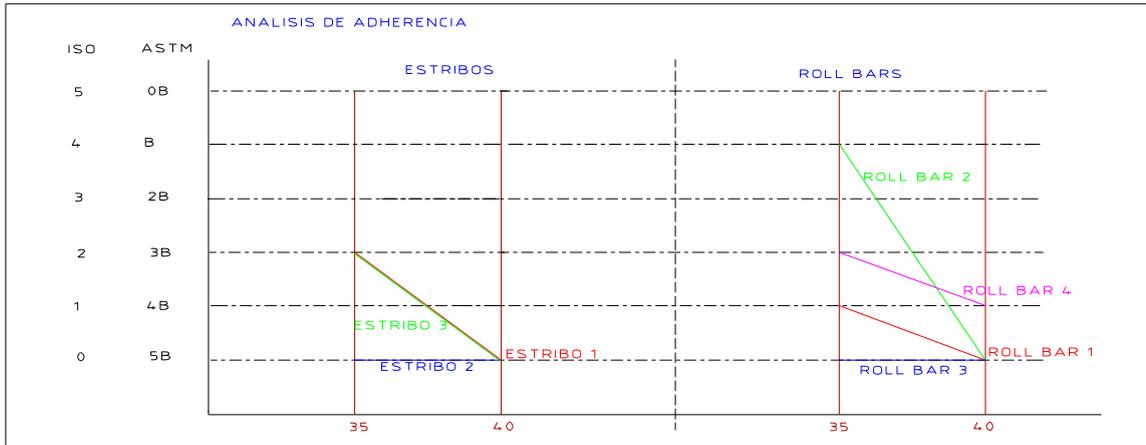
Nota: Resumen de los ensayos de tratamientos superficiales de roll bars. Fuente: Autores.

### 4.3.3 Análisis de recubrimientos



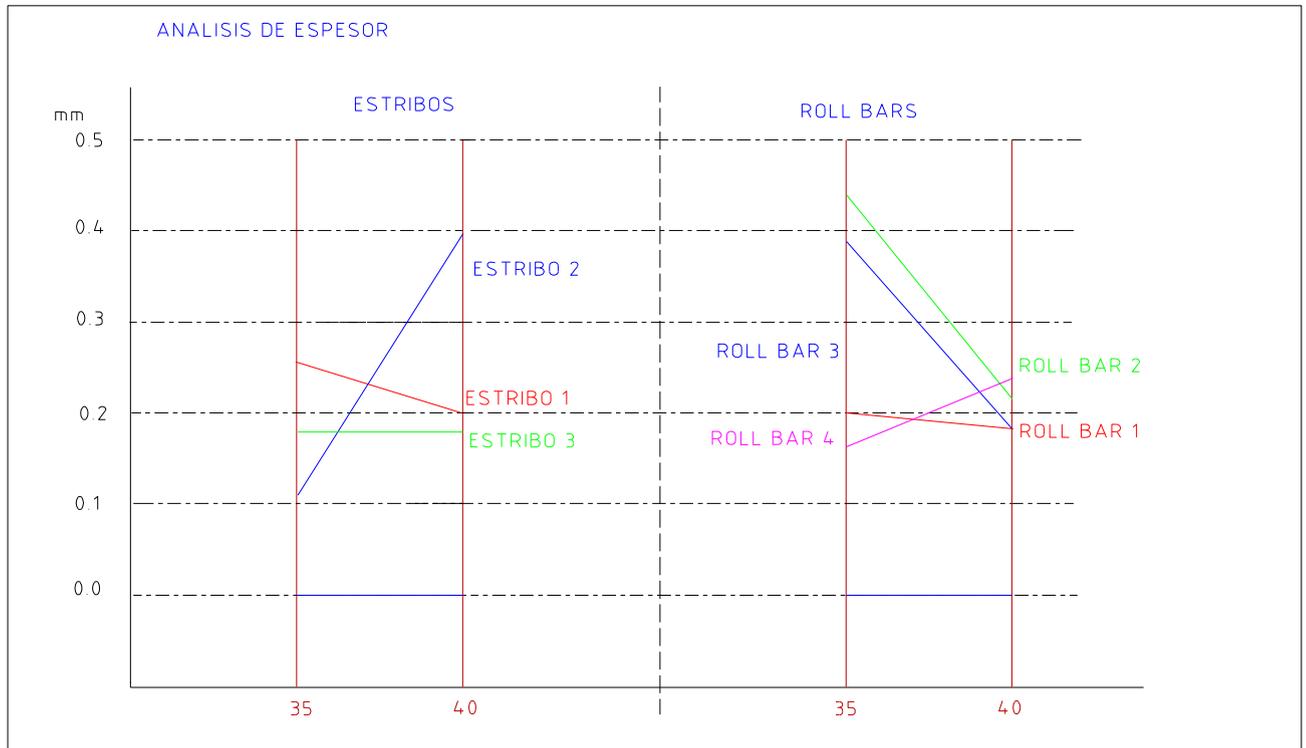
**Gráfico 5-4:** Análisis de dureza

Fuente: Autores



**Gráfico 6-4:** Análisis de adherencia

Fuente: Autores



**Gráfico 7-4:** Análisis de espesor

Fuente: Autores

Una vez analizados los recubrimientos superficiales se puede ver que se logra el mismo rendimiento en dureza, adherencia, espesor con un tiempo de duración de 35 seg en el proceso de cromado.

### Resumen de tratamientos superficiales

Tabla 65-4: Resumen de tratamientos superficiales

Tratan. superficial	Estribo 1		Estribo 2		Estribo 3		Roll bar 1		Roll bar 2		Roll bar 3		Roll bar 4	
	35 seg	40seg	35 seg	40seg	35 seg	40seg	35 seg	40seg	35 seg	40seg	35 seg	40seg	35 seg	40seg
<b>Dureza</b>	4B: Dureza baja	F: Transición a dureza media	B: Dureza baja con transición a dureza media	H: Dureza alta	B: Dureza baja con transición a dureza media	2H: Dureza alta	B: Dureza media con transición a dureza alta	2H: Dureza alta	F: Transición a una dureza media	HB: Dureza media con transición a dureza alta	F: Transición a dureza media	F: Transición a dureza media	3BH: Dureza baja con transición a dureza media	H: Dureza alta
<b>Adherencia</b>	ISO 2/ASTM 3B  5%	ISO 0/ASTM 5B  limpio	ISO 0/ASTM 5B  limpio	ISO 0/ASTM 5B  limpio	ISO 2/ASTM 3B  mayor al 5%	ISO 0/ASTM 5B  limpio	ISO 1/ASTM 4B  menor al 5%	ISO 0/ASTM 5B  limpio	ISO 4/ASTM 1B  mayor al 35%	ISO 0/ASTM 5B  limpio	ISO 0/ASTM 5B  limpio	ISO 0/ASTM 5B  limpio	ISO 2/ASTM 3B  mayor al 5%	ISO 1/ASTM 4B  menor al 5%
<b>Espesor</b>	0.26mm de espesor	0.2mm de espesor	0.12mm de espesor	0.4mm de espesor	.18mm de espesor	0.18mm de espesor	.20mm de espesor	0.18mm de espesor	0.44mm de espesor	0.22mm de espesor	0.38mm de espesor	0.18mm de espesor	0.18mm de espesor	0.24mm de espesor

## CAPITULO V

### 5 Análisis de productividad

El análisis de la productividad se realiza mediante la comparación del método actual de operaciones con el método propuesto.

#### 5.1 Estribos

##### MÉTODO ACTUAL

PRODUCTO: Estribos

Tiempo estándar: 51.67 min

Número de personas en el proceso: 2

Costo del producto: \$ 392

Utilidad: 11%

Precio de venta: \$ 432

##### MÉTODO MEJORADO

NÚMERO DE MÁQUINAS A UTILIZAR: 1

PRODUCTO: ESTRIBOS

CANTIDAD: 3

TIEMPO ESTÁNDAR 48.58 min/unidad

Minutos efectivos de producción:

Tiempo de producción por turnos (TPT): 480 min

Recesos, limpieza (R): 60 min

Rendimiento por turnos (RT): 70% =0.70

Minutos efectivos:

$(TPT-R)*(RT)$

$(480-60)*(0.70)$

Minutos efectivos: 294 min

Tasa de producción:

$$TP = \frac{\text{Minutos efectivos}}{\text{número de unidades}}$$

$$TP = \frac{294 \text{ min}}{3 \text{ unidades}}$$

$$TP = 98 \text{ min/unidad}$$

Número de máquinas

$$NM = \frac{\text{Tiempo estandar}}{\text{Tasa de producción}}$$

$$NM = \frac{48.58 \text{ min/unidad}}{98 \text{ min/unidad}}$$

$$NM = 1 \text{ máquina}$$

Número de personas en el proceso

$$\text{Tiempo de producción (Tp)} = \frac{\text{Tiempo de proceso}}{\text{Desempeño}}$$

$$Tp = \frac{155.01 \text{ min (3 estribos)}}{0.70}$$

$$Tp = 221.4 \text{ min}$$

$$\text{Número de personas en el proceso (Np)} = \frac{\text{Tiempo de producción (Tp)}}{\text{horas laborables}}$$

$$\text{Número de personas en el proceso (Np)} = \frac{221.4 \text{ min}}{480 \text{ min}}$$

$$\text{Número de personas en el proceso (Np)} = 1$$

### **Costo del producto**

Mano de obra directa: \$ 32

Materiales directos: 100

Costos indirectos: 68

Total: 200

Costos de ventas y distribución: 60

Publicidad: 20

Indirectos de administración: \$ 80

Total: \$ 160

**COSTO TOTAL: \$ 360**

**PRECIO DE VENTA: COSTO TOTAL + % UTILIDAD (20%)**

**PRECIO DE VENTA: \$ 360+ (\$ 360\*0.2)**

**PRECIO DE VENTA: \$ 432**

## **5.2 Roll bars**

### **MÉTODO ACTUAL**

**PRODUCTO: Roll bars**

Tiempo estándar: 51.67 min

Número de personas en el proceso: 2

Costo del producto: \$ 392

Utilidad: 11%

Precio de venta: \$ 446.40

### **MÉTODO MEJORADO**

**PRODUCTO: ROLL BARS**

**CANTIDAD: 4**

**TIEMPO ESTÁNDAR 48.58 min/unidad**

Minutos efectivos de producción:

Tiempo de producción por turnos (TPT): 480 min

Recesos, limpieza (R): 60 min

Rendimiento por turnos (RT): 70% =0.70

Minutos efectivos:

$$(TPT-R)*(RT)$$

$$(480-60)*(0.70)$$

Minutos efectivos: 294 min

Tasa de producción:

$$TP = \frac{\text{Minutos efectivos}}{\text{número de unidades}}$$

$$TP = \frac{294 \text{ min}}{4 \text{ unidades}}$$

$$TP = 73.5 \text{ min/unidad}$$

Número de máquinas

$$NM = \frac{\text{Tiempo estándar}}{\text{Tasa de producción}}$$

$$NM = \frac{48.58 \text{ min/unidad}}{73.5 \text{ min/unidad}}$$

$$NM = 1 \text{ máquina}$$

Número de personas en el proceso

$$\text{Tiempo de producción (Tp)} = \frac{\text{Tiempo de proceso}}{\text{Desempeño}}$$

$$Tp = \frac{194.32 \text{ min (4 roll bars)}}{0.70}$$

$$Tp = 277.6 \text{ min}$$

$$\text{Número de personas en el proceso (Np)} = \frac{\text{Tiempo de producción (Tp)}}{\text{horas laborables}}$$

$$\text{Número de personas en el proceso (Np)} = \frac{277.6 \text{ min}}{480 \text{ min}}$$

Número de personas en el proceso (Np) = 1

**Costo del producto**

Mano de obra directa: \$ 32

Materiales directos: \$ 100

Costos indirectos: \$ 70

Total: \$ 202

Costos de ventas y distribución: \$60

Publicidad: \$20

Indirectos de administración: \$90

Total: \$ 170

**COSTO TOTAL: \$ 372**

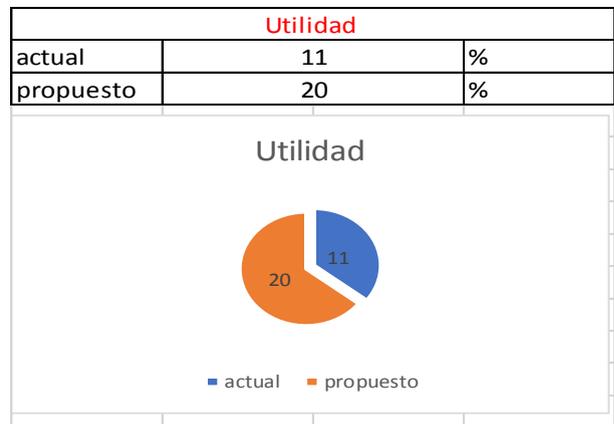
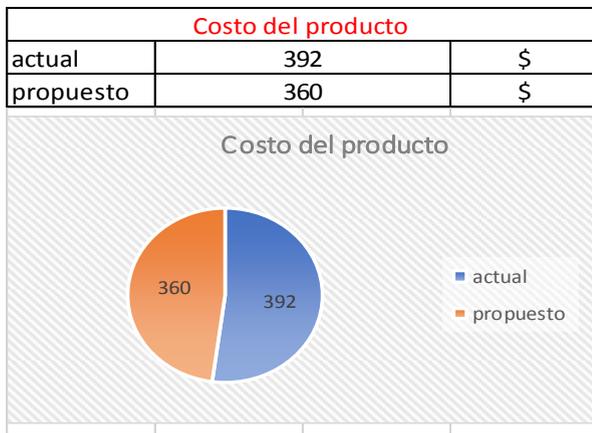
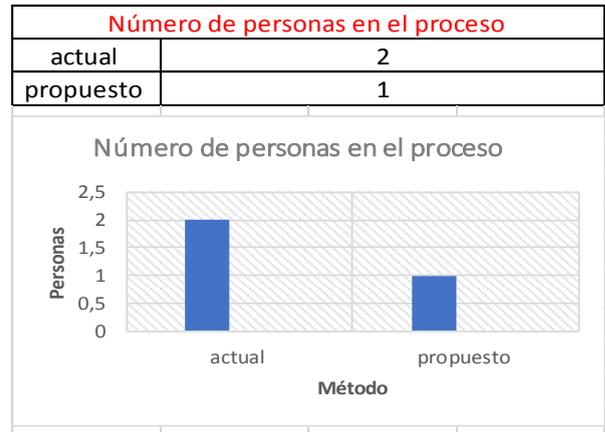
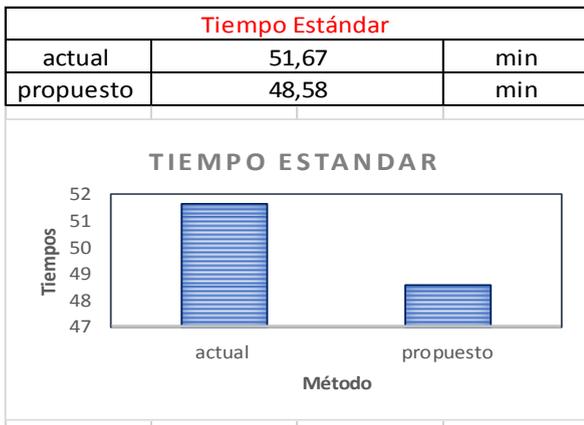
**PRECIO DE VENTA: COSTO TOTAL + % UTILIDAD (20%)**

**PRECIO DE VENTA: \$ 372+ (\$ 372\*0.2)**

**PRECIO DE VENTA: \$ 446.40**

### 5.3 Resumen de análisis de productividad

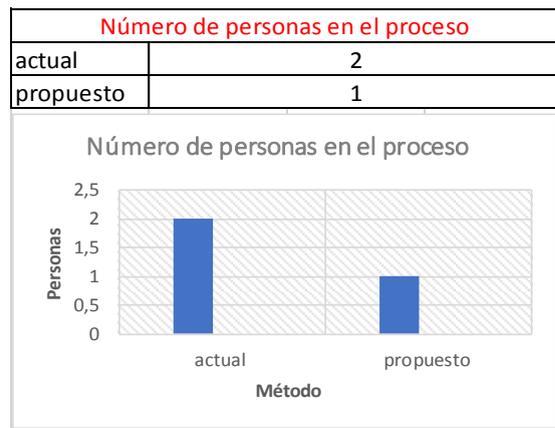
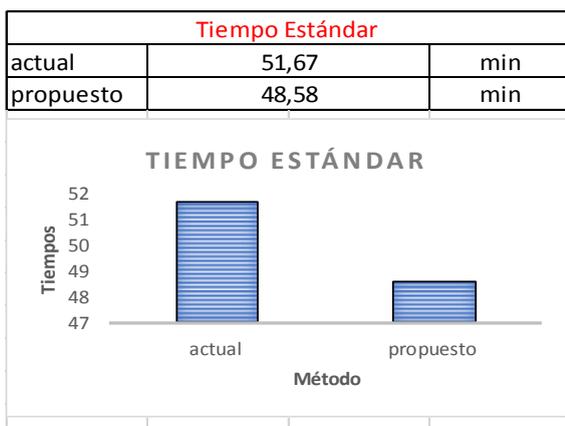
#### 5.3.1 Estribos



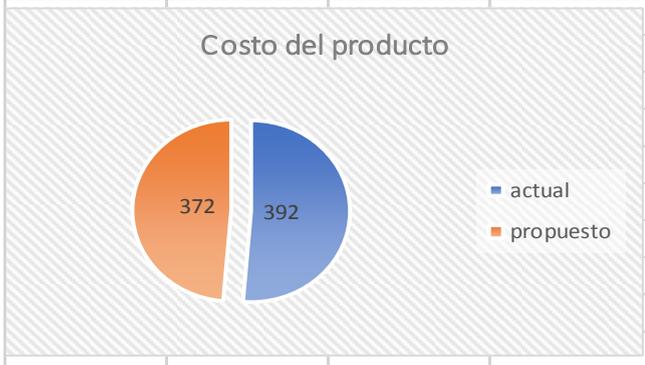
Se puede observar en el proceso de estribos que al reducir el tiempo de proceso y calcular los diferentes factores de productividad se obtiene:

Reducción en el número de personas en el proceso por ende reducción del costo del producto y un aumento en la productividad manteniendo el precio de venta que se da al cliente.

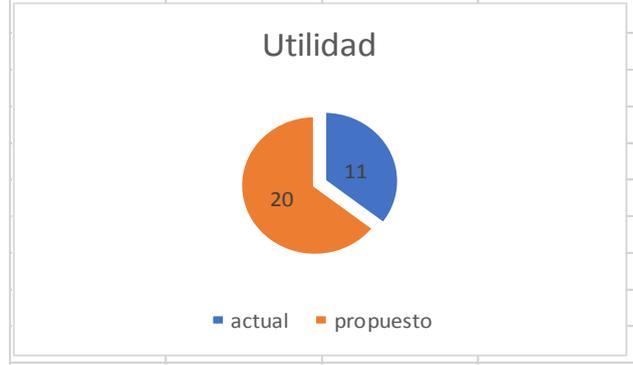
#### Roll bars



Costo del producto		
actual	392	\$
propuesto	372	\$



Utilidad		
actual	11	%
propuesto	20	%



Se puede observar en el proceso de roll bars que al reducir el tiempo de proceso y calcular los diferentes factores de productividad se obtiene:

Reducción en el número de personas en el proceso por ende reducción del costo del producto y un aumento en la productividad manteniendo el precio de venta que se da a la clientela

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

- Se determinó en su totalidad los procesos productivos logrando la reducción de tiempos de proceso en 3.09 min
- Se incrementó la productividad den un 10% en los estribos y 9% en roll bars.
- Mediante reducción de tiempos de proceso y mejora en los recursos humanos se logró la reducción de costos de producción y por ende un incremento en la utilidad de un 9%.
- Se determinó en su totalidad los procesos productivos logrando la reducción de tiempos de proceso en 3.09 min.

## RECOMENDACIONES

- Realizar periódicamente procesos de capacitación al personal con el fin de mantener y mejorar la calidad de cada tratamiento superficial aplicado en la empresa.
- Para puntualizar la finalidad de este proyecto y tener éxito en la aplicación de las herramientas 5s es necesario que la empresa se integre en todos los niveles de la misma porque de ello dependerá que los logros obtenidos sigan ayudando a su eficiencia.
- Aplicar las herramientas 5s (clasificación, orden, limpieza, estandarización, disciplina para lograr un trabajo en equipo, el cual involucra a los trabajadores en el proceso de mejora, comprometiéndolos de tal forma que se valoraran sus aportaciones.

## **Bibliografía**

**ASTM.** *American Society for Testing and Materials.* [En línea]. Disponible en: <https://www.astm.org/>. [Consulta: 05 Setiembre 2017].

**CHAPMAN** Stephen N. *Planificación y control de la producción.* México DF-México: Pearson, 2006. pp. 150-160.

**CRUZ ROJA.** María Cristina. "*Cromado un proceso de dos caras*". VirtualPro, n°172 Colombia, 2010. pp. 57-60.

**ELCOMETER.** *Instrumentos para ensayos destructivos y no destructivos.* [En línea]. Disponible en: <http://www.elcometer.com/es/adherencia.html>. [Consulta: 10 de Diciembre de 2017.]

**GEORGE.** Walter. "*Un tratado sobre electro-metalurgia*". Autor, n°50. España. 2010. pp. 1-25.

**GOLDSCHMIDT Artur: & STREITBERGER** Hans-Joachim. *Basis of coating technology.* 2ª ed. Paderborn-Germany: Bonifatius GmbH, 2007. pp. 50-75.

**GROSHART.** E. "*Testing and Controls*". Metal Finishing. Vol 111. N°06, Estados Unidos, 2013. pp. 64-87.

**JULVE.** Enrique "*Perspectiva general del cromado industrial*" .Dianet. Vol 2, n°03, España. 2001. pp. 19-27.

**NORMAN.** Gafther. & **GREG** Frazier. *Administración de producción y operaciones.* 8ª ed. Barcelona - España: International Thomson Editores, 2000. pp. 150.

**OLIVIER.** Bader & **THÉRET** Michel. *Diccionario enciclopédico de metalurgia.* Barcelona-España: Editores técnicos asociados, 1969. pp 80-96.

**RUBNER.** Dario. *Método moderno y práctico de dorado, plateado, niquelado y metalizaciones diversas*, Barcelona-España: Editorial Osso. 1954. pp. 20-86.

# **ANEXOS**