



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**MÁQUINA PARA LA APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO
CROMO EN SUPERFICIES METÁLICAS Y PLÁSTICAS**

AUTOR:

FREDDY DAVID CASTRO GARCÉS

DIRECTOR:

ING. DIEGO LUIS ORTIZ MORALES

Ibarra – Ecuador

2017

MÁQUINA PARA LA APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO CROMO EN SUPERFICIES METÁLICAS Y PLÁSTICAS

Freddy David Castro Garcés
Carrera de Ingeniería en Mecatrónica
Universidad Técnica del Norte
Ibarra, Ecuador
fdcastro@utn.edu.ec

Resumen– El presente proyecto es la construcción de una máquina para la aplicación de la pintura tipo cromo en piezas artesanales de metal y plástico, elaboradas en la Universidad Técnica del Norte en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas. Ésta máquina posee un sistema neumático para la impregnación de las diferentes capas superficiales y una cámara térmica para el secado de las piezas. El acabado superficial tipo cromo se lo realiza por aspersión mediante la aplicación de tres capas a piezas con un volumen máximo de $0,019 \text{ [m}^3\text{]}$. La primera capa denominada base es de pintura y barniz. La segunda capa es una combinación química denominada oxidación-reducción metálica, a base de agua, y forma una capa metálica superficial que da el aspecto cromado. Y la tercera capa denominada de protección es de barniz. El recubrimiento que se obtiene es de apariencia metálica y reflectante, siendo una alternativa al proceso tradicional de cromado electrolítico ya que logra una imitación del mismo con similares características.

Palabras Claves– Cromo, Aspersión, Máquina, Plástico, Metal.

Abstract– This project is about the building of a machine for the application of the chrome painting type in handmade metal and plastic pieces made at “Técnica del Norte” University in the laboratories of “Ingeniería en Ciencias

Aplicadas”. This machine has a pneumatic system of impregnation for different surface layers and a thermal chamber for drying of the parts. The chrome surface finish type is made by spraying, applying three layers to pieces with a maximum volume of $0,019 \text{ [m}^3\text{]}$. The first layer is called base, it is painting and varnish. The second one is a chemical combination, it is called metal oxidation-reduction, it is based on water forming a metallic surface layer that gives a chromed appearance. And the third layer is called protection, it is of varnish. The obtained coating has a metallic and reflective appearance, being an alternative for the traditional process of electroplating, it is an imitation with similar characteristics.

Keywords– Chrome, Spray, Machine, Plastic, Metal.

1. INTRODUCCIÓN

La máquina para la aplicación de la pintura tipo cromo en superficies metálicas y plásticas, es un prototipo portátil, cuyo objetivo es su utilización en los acabados cosméticos de piezas, en los Laboratorios de Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte.

La manufactura en su etapa de procesos de operación de superficies se innova constantemente. En este campo, el tratamiento de superficies en los últimos

años ha ido revolucionado el mercado con una variedad creciente de procesos, produciendo acabados con características adecuadas para la aplicación particular del producto que se está manufacturando; esto incluye mas no es limitado a la cosmética del producto. Antiguamente, el acabado se comprendía solamente como un proceso secundario en el sentido literal, ya que en la mayoría de casos sólo tenía que ver con la apariencia del objeto. En la actualidad, los acabados al ser la última capa, frecuentemente visible, de un sistema de protección superficial, son una etapa de manufactura de primera línea ya que la estética de un producto tiene un gran impacto psicológico en el usuario respecto a la calidad del producto. [1]

Según plantea [2] en su libro, existe una variedad siempre creciente de tratamientos superficiales, destinados a una variedad de propósitos dentro ellas las razones puramente estéticas; el estudio de éste se abarca subtemas como el proceso de remoción, los recubrimientos de conversión, recubrimientos térmicos, deposición, implantación y los recubrimientos orgánicos. Dentro de éste último, el fin consiste en la formación de una capa que altera el pigmento de un determinado producto.

El cromado electrolítico es el proceso tradicional que se da a objetos de base metálicos como el acero, aluminio, cobre y aleaciones de cobre logrando éstos una superficie con un efecto reflectante tipo espejo. En este proceso de electrólisis, una determinada pieza se la baña en cromo líquido y se lo adhiere mediante electricidad. Se requiere de instalaciones

considerablemente grandes y costosas para implementar ésta tecnología y se debe tomar en cuenta que no todas las piezas, ya sea por su forma o constitución, son aptas para ser cromadas. El efluente que mana de los lugares donde se da éste proceso es altamente contaminante con las aguas residuales y el ambiente con metales pesados y compuestos tóxicos. Para minimizar el impacto ambiental se debe invertir sumas de dinero considerables. Dadas estas consideraciones se eleva el precio final del producto. [3]

La pintura tipo cromo es una alternativa de aplicación para acabado de superficies de efecto reflectante tipo espejo. Imita el acabado del típico proceso de cromado electrolítico, no solo limitándose a superficies metálicas, sino que amplía la gama de aplicación a superficies plásticas, cerámicas e incluso madera. Requiere de instalaciones sencillas que se adaptan a la forma de cualquier objeto y son de bajo costo. Se basa en la tecnología de Reacción de Tollens, en la cual un determinado aldehído, se lo oxida a un ácido orgánico mediante un agente oxidante. Éste agente al mismo tiempo va ganado electrones hasta formar una superficie reflectante tipo espejo en lo que se denomina reacción redox. [4]

A nivel mundial la tecnología de pintura tipo cromo se la ha venido implementando desde el año 2006 en países como Estados Unidos (Spectra Chrome LLC) y España (Racing Colors, S.L.). [5]

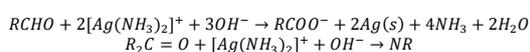
En el año 2004 se crea *Splendor Industrias Cía. Ltda.* en Cuenca, dedicada al desarrollo de tecnologías de procesos químicos. Para el año 2010 el proceso

químico para obtener superficies tipo cromado espejo, se empezó a desarrollar y comercializar. [5]

A nivel de Imbabura no se encontraron trabajos investigativos ni publicaciones referentes a sistemas que trabajen con pintura tipo cromo y su uso en prácticas de laboratorio o enseñanza en general. Debido a lo antes mencionado referente a la importancia de estos recursos y la escasa existencia de los mismos en el área, por lo que se plantea este trabajo como un gran aporte al aprendizaje en el proceso de enseñanza que se lleva a cabo en la Universidad Técnica del Norte.

2. METODOLOGÍA

La pintura tipo cromo da un acabado de apariencia metálica a cualquier tipo de material. Es una reacción química basada en la reacción redox de Tollens, que se resulta al adherirse a una determinada superficie previamente preparada. El reactivo de Tollens También conocida como la prueba del *Espejo de Plata*, es un procedimiento de laboratorio para distinguir un aldehído de una cetona. Se mezcla un agente oxidante suave con un aldehído o una cetona desconocida; si el compuesto se oxida, es un aldehído, sino ocurre reacción es una cetona. El complejo de plata amoniacal $[Ag(NH_3)_2]^+$ en solución básica es el agente oxidante utilizado. Si hay un aldehído presente, éste se oxida a la sal del ácido $RCOO^-$. Al mismo tiempo, se produce *Plata Metálica* $Ag(s)$ por la reducción del complejo de plata amoniacal.

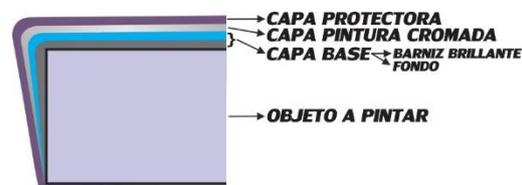


La plata metálica producida en esta reacción recubre la parte interna del recipiente y forma un *Espejo de Plata*. [4]

Recibe este nombre en reconocimiento al químico alemán *Bernhard Christian Gottfried Tollens* que alrededor del año 1900 realizó trabajos investigativos en carbohidratos, describiendo la estructura de varios azúcares y desarrollando el reactivo de Tollens. [6]

El acabado superficial tipo cromo emplea sustancias químicas en el proceso cromado que sigue un patrón similar al que se aplica en la mayor parte de pinturas de acabo de lujo, previo a la aplicación de una capa base, luego la pintura tipo cromo y finalmente una capa protectora. Éste orden secuencial de procesos garantiza un acabado de buena calidad, aspecto y duración.

Fig. 1. CAPAS DE APLICACIÓN PARA EL EFECTO CROMADO.



Fuente: [5]

2.1. Capa base

La capa base es la primera al aplicar directamente a la pieza. Está compuesta de pintura de fondo y barniz.

El fondo es una imprimación utilizada como una primera capa del recubrimiento cromado que cumple la función de dar un color base, una superficie homogénea rellena y nivelada permitiendo la adhesión a la pieza y de las capas posteriores del proceso, además de evitar la corrosión de

la pieza. Los componentes y sus proporciones para la aplicación de la imprimación se detallan en la *tabla I*.

TABLA I
RELACIÓN DE MEZCLA DE LA IMPRIMACIÓN

COMPONENTES	PROPORCIÓN
Pintura de fondo	8 partes
Catalizador	1 parte
Disolvente	al 30%

Fuente: [7]

El barniz aporta el brillo necesario en el acabado final para la imitación del cromado. El barniz que se debe utilizar es de poliuretano ya que a diferencia del barniz de formaldehído (urea - formol) posee una alta resistencia al agua, elemento primordial en las capas de cromado y a diferencia de la piroxilina se puede aplicar a superficies a las cuales se ha aplicado un componente diferente a la nitruclulosa. [8].

Los componentes y sus proporciones para la aplicación del barniz se resumen en la *tabla II*

TABLA II
RELACIÓN DE MEZCLA PARA APLICACIÓN DEL BARNIZ

COMPONENTES	PROPORCIÓN
Barniz transparente	2 partes
Catalizador	1 parte
Disolvente	del 5% al 10%

Fuente: [9]

2.2. Capa de pintura tipo cromo

La capa de pintura cromada, se obtiene mediante la combinación de agua destilada, componentes y compuestos químicos.

El componente químico R, es un sensibilizador o activador que logra que la superficie del objeto a cromar sea preparada para recibir la capa de metal. Está formado de un 10% de cloruro estánico ($SnCl_4$) en disolución con un 20% de etilenglicol ($C_2H_6O_2$) y 70% de agua destilada.

El componente químico C1, es el metal a ser depositado sobre la superficie del objeto. El componente C1 está formado de un 50% de nitrato de cromo ($Cr[NO_3]_3$) y 50% de plata en polvo (*Ag*).

El componente químico C2, complementa al componente C1 en la formación del compuesto químico C para poder depositar el metal sobre el objeto. El componente C2 es una disolución alcalina formada en un 10% de hidróxido de sodio (*NaOH*), 10% de radicales de amonio (NH_4^+) y 80% de agua destilada.

El componente químico G, cumple la función de ser desencadenante de la reacción de depósito de metal, para que ocurra esta reacción el compuesto conformado por el componente G1, G2 y agua debe mezclarse justo sobre la superficie del objeto con el compuesto C. El compuesto G está formado de un 10% de radicales aldehídos o formaldehído (CH_2O) en un 86% de agua destilada.

El agua es la sustancia que en mayor cantidad actúa en el proceso de cromado, aproximadamente un 90%. El tipo de agua que se debe aplicar debe ser pura, de tal manera que en el proceso químico se evite contaminar con iones que contaminan el medio en el cual se deposita la capa metálica en la superficie del objeto.

Los iones cationes o aniones, interfieren contaminando el depósito metálico sobre una determinada superficie. Éstos iones vienen por defecto en el agua, debido a los agentes externos que actúan sobre ella. Entre los iones más comunes tenemos los que en la *tabla III* se detallan.

TABLA III
TIPOS DE IONES MÁS COMUNES QUE CONTAMINAN EL PROCESO DE CROMADO

TIPO DE ION	IONES MÁS COMUNES
Catión	Ca^{+2} ; Mg^{+2} ; Fe^{+2} ; Mn^{+2} ; Na^{+} ; K^{+} ; y NH_4^{+} .
Anión	HCO_3^{-} ; SO_4^{-2} ; Cl^{-} ; NO_3^{-} ; y OH^{-}

Fuente: [10]

El agua debe poseer una conductividad inferior a 5 $[\mu S/cm]$ del nivel del agua de grado III para ser utilizada en el proceso de cromado. [10]

2.3. Capa de pintura tipo cromo

La capa protectora es la capa final a aplicar. Es básicamente el mismo barniz que se aplica como capa base. Protege a la pieza terminada de golpes, fricciones y de la intemperie.

El proceso de la aplicación de las diferentes capas para la imitación del cromado se detalla en la *figura 2*.

El diseño y selección del sistema de cromado gira sobre dos componentes, el sistema neumático (*figura 3*) y la cámara térmica (*figura 4*), los cuales son los encargados de lograr la impregnación de las diferentes capas de cromado y de secar a mayor velocidad libre de impurezas ambientales, respectivamente.

Fig. 2. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO CROMO

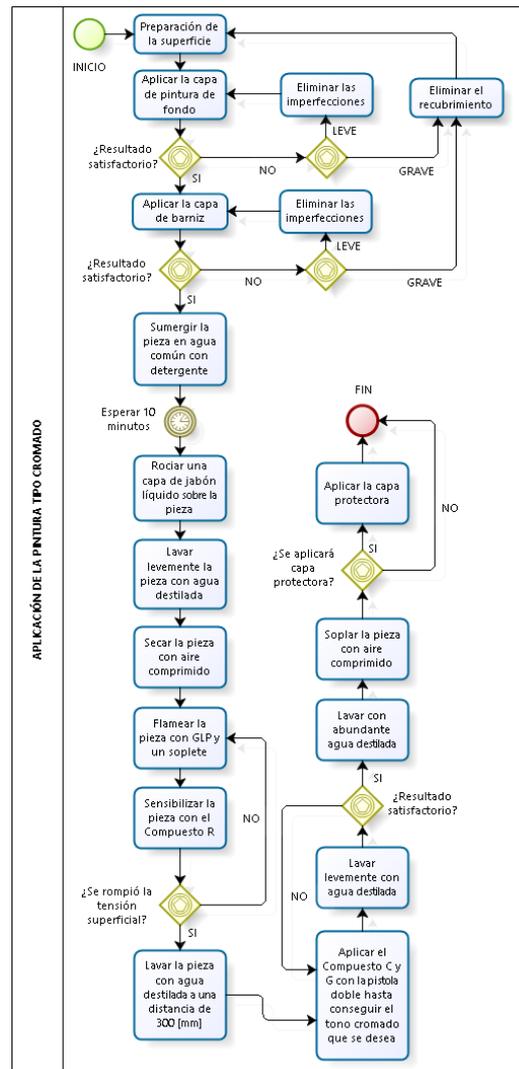


Fig. 3. BOCETO SISTEMA NEUMÁTICO

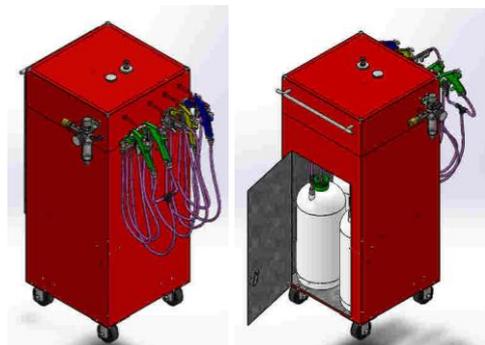
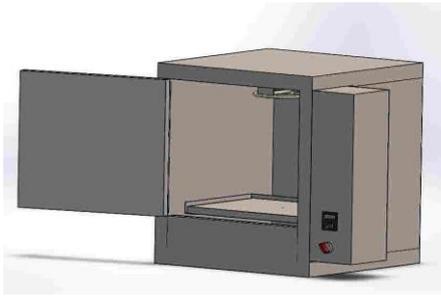


Fig. 4. BOCETO CÁMARA TÉRMICA



2.4. Sistema neumático

El sistema neumático consta de cuatro pistolas pulverizadoras de gravedad para los compuestos químicos R, C, G y agua destilada; una pistola para aire comprimido; cuatro tanques presurizados; una válvula de aislamiento manual, filtro y válvula reguladora de presión; válvula de neumática de 3/2 vías con accionamiento manual; conectados todos los componentes con manguera de poliuretano de 8 [mm] y acoples; una estructura metálica tipo caja alberga todos los componentes. El sistema debe ser alimentado por un compresor con caudal superior a 676,5 [L/min] y una presión máxima de 4 [bar].

Fig. 5. SISTEMA NEUMÁTICO



2.5. Cámara térmica

La cámara térmica consta de un armazón estructural de acero inoxidable

tipo sándwich aislado térmicamente entre sus paredes con lana de vidrio; resistencia térmica niquelinas producen el calor suficiente en el rango de los 60 [°C] trabajando a 110 [V], temperatura sensada mediante un termopar tipo j y controlado el sistema mediante dos posiciones de encendido y apagado.

Fig. 6. CÁMARA TÉRMICA



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se describen los resultados obtenidos a partir de ensayos de calidad a un lote de 25 probetas tanto metal como de plástico.

3.1. Prueba de aplicación del proceso mediante variación de parámetros

El metal a utilizar es acero galvanizado y el plástico es policarbonato. Dando los siguientes resultados, tanto en metal como en plástico (*tabla IV y tabla V* **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

El resultado óptimo obtenido en metal, es el que la *figura 7* presenta.

El resultado óptimo obtenido en plástico, es el que la *figura 8* presenta.

TABLA IV

PLAN DE PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DEL CROMADO EN UNA SUPERFICIE DE 10 [CM] X 10 [CM] DE METAL

Material: Metal

Nº	FASE	SI	NO	PROCEDIMIENTO			
PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE							
1	Limpieza con disolvente	✓		Desengrasante	Disolvente sin grasa		
2	Devastación de la superficie mediante lija de grano	✓		Grueso	Medio	Fino	Extrafino
APLICACIÓN DE LA CAPA BASE							
3	Presión regulación	✓		< 2 [bar]	3 [bar]	4 [bar]	> 5 [bar]
4	Caudal de líquido regulación	✓		< 0.5 [mL/s]	1,25 [mL/s]	2 [mL/s]	> 2.5 [mL/s]
5	Caudal de aire regulación	✓		10%	30%	50%	> 70%
6	Pintura base mezcla	✓		n/a			
7	Distancia entre pistola de pintura base y probeta	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
8	Pintura base aplicación	✓		1 mano	2 manos	3 manos	4 manos
9	Pintura base secado	✓		n/a			
10	Barniz mezcla	✓		n/a			
11	Distancia entre pistola de barniz y probeta	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
12	Barniz aplicación	✓		2 mano	3 manos	4 manos	5 manos
13	Barniz secado	✓		n/a			
APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO CROMO							
14	Compuesto C mezcla	✓		n/a			
15	Compuesto G mezcla	✓		n/a			
16	Compuesto R mezcla	✓		n/a			
17	Presión regulación	✓		< 2 [bar]	3 [bar]	4 [bar]	> 5 [bar]
18	Flameo pieza	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
19	Compuesto R aplicación	✓		< 2 [mL/s]	3 [mL/s]	5 [mL/s]	> 6 [mL/s]
20	Agua destilada aplicación	✓		< 2 [mL/s]	3 [mL/s]	5 [mL/s]	> 6 [mL/s]
21	Compuesto G y C aplicación	✓		< 2 [mL/s]	3 [mL/s]	5 [mL/s]	> 6 [mL/s]
22	Aplicar los compuestos C Y G	✓		1 capa	2 capas	3 capas	4 capas
23	Secar con aire a presión	✓		< 1 [bar]	2 [bar]	4 [bar]	> 6 [bar]
APLICACIÓN DE LA CAPA PROTECTORA							
24	Barniz mezcla	✓		n/a			
25	Distancia entre pistola de barniz y probeta	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
26	Barniz aplicación	✓		2 mano	3 manos	4 manos	5 manos
27	Barniz secado	✓		n/a			

Los resultados óptimos para la aplicación de las diferentes capas en la imitación del cromado son los antes expuestos. Para una superficie de metal es recomendable utilizar una lija de grano medio para una mejor adherencia de la pintura al metal, mientras que en el plástico

no es recomendable lijar la superficie ya que se adhiere de buena forma la pintura a la superficie. La aplicación de la pintura base como del barniz se debe regular a 3 [bar] y al 50% del caudal de aire. El caudal de líquido para la aplicación de la pintura base debe hacer a 1,25 [mL/s] y para el barniz en su primera capa se lo debe realizar en 1,25 [mL/s] y para las siguientes en 1,25 [mL/s]. La capa de cromado de la debe aplicar a 4 [bar] y con un caudal de líquido de 3 [mL/s].

Fig. 7. PROCESO DE CROMADO PROBETA DE METAL

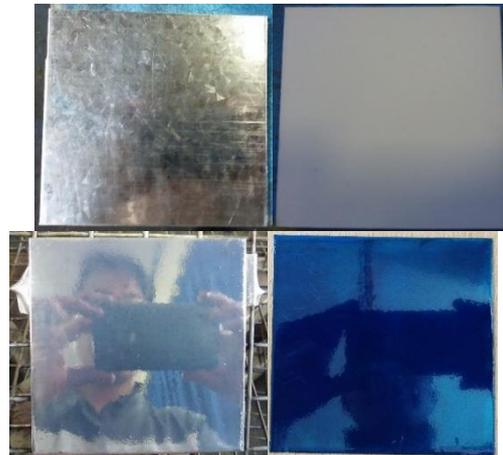


Fig. 8. PROCESO DE CROMADO PROBETA DE PLÁSTICO



TABLA V

PLAN DE PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DEL CROMADO EN UNA SUPERFICIE DE 10 [CM] X 10 [CM] DE PLÁSTICO

Material: Plástico

Nº	FASE	SI	NO	PROCEDIMIENTO			
PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE							
1	Limpieza con disolvente	✓		Desengrasante		Disolvente sin grasa	
2	Devastación de la superficie mediante lija de grano	✓		Grueso	Medio	Fino	Extrafino
APLICACIÓN DE LA CAPA BASE							
3	Presión regulación	✓		< 2 [bar]	3 [bar]	4 [bar]	> 5 [bar]
4	Caudal de líquido regulación	✓		< 0.5 [mL/s]	1.25 [mL/s]	2 [mL/s]	> 2.5 [mL/s]
5	Caudal de aire regulación	✓		10%	30%	50%	> 70%
6	Pintura base mezcla	✓		n/a			
7	Distancia entre pistola de pintura base y probeta	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
8	Pintura base aplicación	✓		1 mano	2 manos	3 manos	4 manos
9	Pintura base secado	✓		n/a			
10	Barniz mezcla	✓		n/a			
11	Distancia entre pistola de barniz y probeta	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
12	Barniz aplicación	✓		2 mano	3 manos	4 manos	5 manos
13	Barniz secado	✓		n/a			
APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO CROMO							
14	Compuesto C mezcla	✓		n/a			
15	Compuesto G mezcla	✓		n/a			
16	Compuesto R mezcla	✓		n/a			
17	Presión regulación	✓		< 2 [bar]	3 [bar]	4 [bar]	> 5 [bar]
18	Flameo pieza	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
19	Compuesto R aplicación	✓		< 2 [mL/s]	3 [mL/s]	5 [mL/s]	> 6 [mL/s]
20	Agua destilada aplicación	✓		< 2 [mL/s]	3 [mL/s]	5 [mL/s]	> 6 [mL/s]
21	Compuesto G y C aplicación	✓		< 2 [mL/s]	3 [mL/s]	5 [mL/s]	> 6 [mL/s]
22	Aplicar los compuestos C Y G	✓		1 capa	2 capas	3 capas	4 capas
23	Secar con aire a presión	✓		< 1 [bar]	2 [bar]	4 [bar]	> 6 [bar]
APLICACIÓN DE LA CAPA PROTECTORA							
24	Barniz mezcla	✓		n/a			
25	Distancia entre pistola de barniz y probeta	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
26	Barniz aplicación	✓		2 mano	3 manos	4 manos	5 manos
27	Barniz secado	✓		n/a			

Al producto final se lo expondrá a tres tipos de pruebas de calidad, siendo éstas la prueba de adherencia, de ataque químico y de resistencia al impacto. Las probetas fueron impregnadas con cuatro capas de barniz antes de que se las realizara las pruebas de producto.

3.2. Prueba de adherencia mediante prueba de la cinta (método de la cuadrícula)

Para el procedimiento del método de la cuadrícula, está sujeto a los pasos que en la figura 9 se detallan.

Fig. 9. PROCESO DEL MÉTODO DE LA CUADRÍCULA PARA LA PRUEBA DE ADHERENCIA

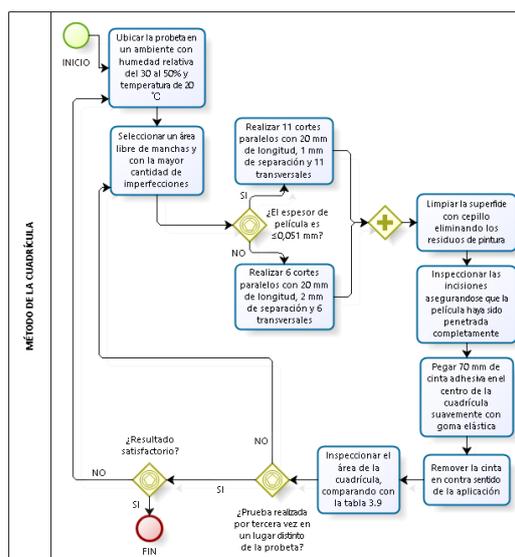
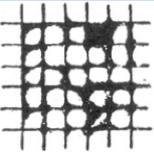
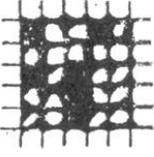


TABLA VI

ESCALA DE CLASIFICACIÓN DE LA ADHERENCIA, MÉTODO DE LA CUADRÍCULA

CLASIFICA.	CRITERIO	PLANTILLA (De seis cortes)
5 Excelente adherencia	Ninguno de los cuadros ha sido removido	Ninguno
4 Muy buena adherencia	Menos de 5% de los cuadros han sido removidos	
3 Regular adherencia	Entre el 5% y el 15% de los cuadros han sido removidos	

CLASIFICA.	CRITERIO	PLANTILLA (De seis cortes)
2 Mala adherencia	Entre el 15% y el 35% de los cuadros han sido removidos	
1 Pésima adherencia	Entre el 35% y el 65% de los cuadros han sido removidos	
0 Adherencia nula	Desprendimiento mayor al 65% de los cuadros	Mayor al 65%

Fuente: [11]

La prueba de adherencia a la probeta de metal presenta los siguientes resultados.

TABLA VII

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ADHERENCIA A LA PROBETA DE METAL

CLASIFICACIÓN	CRITERIO	ADHERENCIA %
1 Pésima adherencia	Remoción de cuadros cubiertos por la cinta	40

La prueba de adherencia a la probeta carcasa de plástico presenta los siguientes resultados.

TABLA VIII

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ADHERENCIA A LA PROBETA DE METAL

CLASIFICACIÓN	CRITERIO	ADHERENCIA %
5 Excelente adherencia	No existe remoción de la película o peladuras	100

3.3. Prueba de resistencia al impacto

El procedimiento de la prueba de impacto, está sujeto a los pasos que en la figura 10 se detallan.

Fig. 10. PROCESO DE LA PRUEBA DE IMPACTO

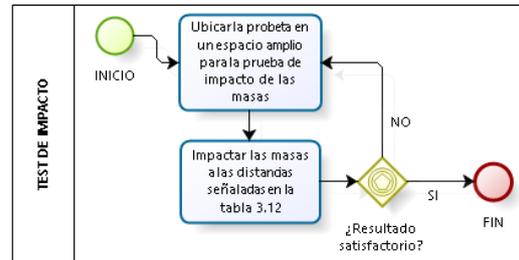


TABLA IX

DISTANCIA-MASA DE LA PRUEBA DE IMPACTO

MASA [[kg]]	DISTANCIA 1 [[mm]]	DISTANCIA 2 [[mm]]	DISTANCIA 3 [[mm]]
0,008	500	1 000	1 500
0,028	500	1 000	1 500
0,055	500	1 000	1 500

Fuente: [12]

La prueba de resistencia al impacto de la probeta de metal presenta los siguientes resultados, conforme a los siguientes criterios: excelente significa destrucción del 0%, muy buena destrucción menor al 5%, regular destrucción entre 5% a 15%, mala destrucción entre 15% a 35%, pésima destrucción entre 35% a 65% y nula destrucción de más 65%; los cuales se detallan en la tabla X.

La resistencia total al impacto conseguido es del 97,5%, lo que significa una muy buena resistencia al impacto.

TABLA X

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA AL IMPACTO DE LA PROBETA DE METAL

PARÁMETRO	MASA	DISTANCIA	EXCELENTE	MUY BUENA	REGULAR	MALA	PÉSIMA	NULA
	[[kg]]	[[mm]]						
Porcentaje de destrucción	0,008	500	✓					
	0,008	1 000	✓					
	0,008	1 500	✓					
	0,008	2 000	✓					
	0,028	500	✓					
	0,028	1 000	✓					
	0,028	1 500	✓					
	0,028	2 000		✓				
	0,055	500	✓					
	0,055	1 000		✓				
	0,055	1 500		✓				
	0,055	2 000		✓				

TABLA XI

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA AL IMPACTO DE LA PROBETA DE PLÁSTICO

PARÁMETRO	MASA	DISTANCIA	EXCELENTE	MUY BUENA	REGULAR	MALA	PÉSIMA	NULA
	[[kg]]	[[mm]]						
Porcentaje de destrucción	0,008	500	✓					
	0,008	1 000	✓					
	0,008	1 500	✓					
	0,008	2 000	✓					
	0,028	500	✓					
	0,028	1 000	✓					
	0,028	1 500	✓					
	0,028	2 000	✓					
	0,055	500	✓					
	0,055	1 000	✓					
	0,055	1 500	✓					
	0,055	2 000	✓					

La prueba de resistencia al impacto de la probeta de plástico presenta los siguientes resultados, conforme a los

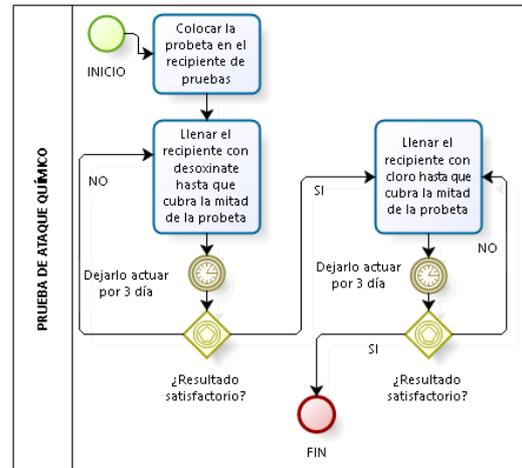
siguientes criterios: excelente significa destrucción del 0%, muy buena destrucción menor al 5%, regular destrucción entre 5% a 15%, mala destrucción entre 15% a 35%, pésima destrucción entre 35% a 65% y nula destrucción de más 65%; los cuales se detallan en la *tabla XI*.

La resistencia al impacto es del 100% en la probeta de plástico, se obtiene una excelente resistencia.

3.4. Prueba de ataque químico

Para el procedimiento del test de ataque químico, está sujeto a los pasos que en la *figura 11* se detallan.

Fig. 11. PROCESO DE LA PRUEBA DE ATAQUE QUÍMICO



La prueba de ataque químico de la probeta de metal presenta los siguientes resultados, conforme a los siguientes criterios: excelente significa ataque químico del 0%, muy buena es ataque químico menor al 5%, regular ataque químico entre 5% a 15%, mala es ataque químico entre 15% a 35%, pésima es ataque químico entre 35% a 65% y nula es ataque químico

de más 65%; los cuales se detallan en la *tabla XII*.

TABLA XII
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ATAQUE QUÍMICO A LA PROBETA DE METAL

PARÁMETRO	QUÍMICO	EXCELENTE	MUY BUENA	REGULAR	MALA	PÉSIMA	NULA
Porcentaje de destrucción	Cloro		✓				
	Desoxidante	✓					

Al utilizar el químico cloro se observa desprendimiento y pérdida de brillo del recubrimiento, además de oxidación de las partes desnudas del metal. Al aplicar mantener la pieza en desoxidante, se produjo un leve cambio de tonalidad del recubrimiento hacia el azul, pero el recubrimiento se mantiene. Se produce un ataque químico de cloro del 5% por tanto la resistencia es muy buena. Se produce un ataque químico de desoxidante del 0% por tanto la resistencia es excelente.

La prueba de ataque químico de la probeta de plástico presenta los siguientes resultados, conforme a los siguientes criterios: excelente significa ataque químico del 0%, muy buena es ataque químico menor al 5%, regular ataque químico entre 5% a 15%, mala es ataque químico entre 15% a 35%, pésima es ataque químico entre 35% a 65% y nula es ataque químico de más 65%; los cuales se detallan en la *tabla XIII*.

TABLA XIII

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ATAQUE QUÍMICO DE LA PROBETA DE PLÁSTICO

PARÁMETRO	QUÍMICO	EXCELENTE	MUY BUENA	REGULAR	MALA	PÉSIMA	NULA
Porcentaje de destrucción	Cloro		✓				
	Desoxidante		✓				

Al utilizar el químico cloro se observa desprendimiento del recubrimiento leve y pérdida de brillo del mismo. Al aplicar y mantener la pieza en desoxidante, el recubrimiento sufre cambio leve y se mantiene casi igual que antes de la aplicación del ataque químico con desoxidante. Se produce un ataque químico de cloro del 5% por tanto la resistencia es muy buena. Se produce un ataque químico de desoxidante del 5% por tanto la resistencia es muy buena.

4. CONCLUSIONES

La pintura tipo cromo es una composición de tres capas: pintura de fondo, barniz y una reacción química redox de Tollens de un complejo amoniacal de plata, que dan lugar a que una superficie produzca un efecto cromado; requiriendo de un sistema neumático para la aspersion de las sustancias y una cámara térmica para el secado de piezas.

La aplicación de la pintura tipo cromo se construyó a partir de un sistema neumático dentro de una estructura portátil con tanques presurizados donde las sustancias químicas fluyen mediante efecto Venturi

hacia las pistolas de aspersión trabajando a una presión de (2 a 4) $[\text{bar}]$; y una cámara térmica de acero inoxidable constituida por dos resistencias térmicas de níquel-cromo activadas a 110 $[\text{V}]$ de corriente alterna para rangos de temperatura inferiores a los 50 $[\text{°C}]$.

La calidad del acabado superficial de imitación del cromado para una superficie metálica, se determinó en base a cuatro pasos a seguir. Se aplicó cuatro manos de capa protectora lo que resulta en: acabado tipo espejo obteniendo una reflexión del 70%, adherencia de 60% con un 40% de desprendimiento en las pruebas realizadas, resistencia al impacto de 97,5% y una resistencia al ataque químico del 95%.

Para una superficie plástica, la calidad del acabado superficial de imitación del cromado se determinó en base a cuatro pasos a seguir. Se aplicó cinco manos de capa protectora lo que resulta en: acabado tipo espejo con una reflexión de 80%, una adherencia y resistencia al impacto del 100%, resistencia al impacto excelente de 100% y una resistencia al ataque químico del 95%.

Se obtuvo la metodología con parámetros idóneos como presión, caudal, distancia de aplicación, relación de mezcla de los compuestos y temperatura de trabajo.

Se tiene una amplia gama de materiales a cromar (plástico, metal, madera, nylon, cerámica, vidrio, entre otros), a un costo más económico que cualquier cromado tradicional en el mercado, con un acabado aceptable.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte en especial a la Carrera de Mecatrónica. Agradece el apoyo económico al Instituto Ecuatoriano de Crédito Educativo y la Secretaría Nacional de Educación Superior Ciencia y Tecnología.

La realización de este artículo no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional de mis padres Freddy Wilson Castro Castro y Lic. Fanny Del Rocío Garcés Muñoz.

REFERENCIAS

- [1] «Acabados,» S.f. S.f. 2008. [En línea]. Available: http://docs.google.com/Doc?id=dfschg6c_23gnpzfr2c. [Último acceso: 28 abril 2009].
- [2] J. A. Schey, *Procesos de manufactura*, Tercera ed., Ciudad de México, México: Mc Graw Hill, 2002.
- [3] H. L. Andrada, B. E. Bianchi, F. E. Cemino y D. A. Perez, *Cromado electrolítico*, El Cid Editor, 2007.
- [4] D. H. Wolfe, *Química general, orgánica y biológica*, Segunda ed., Ciudad de México, México: Mc Graw Hill, 1996.
- [5] D. F. B. Torres, «Pintura Cromada Splendor,» 2014. [En línea]. Available: <http://pintura-cromada.com/>. [Último acceso: 25 septiembre 2014].
- [6] B. C. G. Tollens, *Kurzes Handbuch der Kohlenhydrate*, Primera ed., Breslavia, Baja Silesia, 1888.
- [7] Pinturas Unidas S.A., «Pinturas Unidas,» S.f. S.f. 2016. [En línea]. Available: <http://www.pinturasunidas.com/descargas.html>. [Último acceso: 23 enero 2017].
- [8] K. Aldrich y R. Leggett, «eHow en Español,» S.f.. [En línea]. Available: http://www.ehowenespanol.com/comparacion-laca-esmalte-hechos_148267/. [Último acceso: 12 noviembre 2016].
- [9] Pinturas Unidas S.A., «Pinturas Unidas,» S.f. S.f. 2016. [En línea]. Available: <http://www.pinturasunidas.com/descargas.html>.

[Último acceso: 23 enero 2017].

- [10] D. F. B. Torres, «Artículo técnico de agua desionizada,» Cuenca, 2015.
- [11] Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Pintra y productos afines. Determinación de adherencia mediante prueba de la cinta. NTE INEN 1006,» Quito, 1995.
- [12] Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Pintura y productos afines. Determinación del impacto directo e inverso. NTE INEN 1005,» Quito, 1981.