

**Universidad Internacional del Ecuador**

**Escuela de Ingeniería Automotriz**



**ESTUDIO DEL PROCESO DE CROMADO EN PLÁSTICO  
PARA EMBELLECIMIENTO DE AUTOPARTES DEL  
VEHÍCULO**

**Proyecto de Grado para la obtención del Título de Ingeniero Automotriz**

**Gabriel Alejandro Armijos Chiriboga**

**Director: Ing. Edgar Gustavo Vera Puebla, MSc.**

**Guayaquil-Ecuador**



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA  
MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**ESTUDIO DEL PROCESO DE CROMADO EN PLÁSTICO PARA  
EMBELLECIMIENTO DE AUTOPARTES DEL VEHÍCULO**

Yo, Gabriel Alejandro Armijos Chiriboga, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

---

GABRIEL ALEJANDRO ARMIJOS CHIRIBOGA

C.I. 0704599729

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA  
MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**Certificación (ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD)**

Yo, Gabriel Alejandro Armijos Chiriboga, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

---

GABRIEL ALEJANDRO ARMIJOS CHIRIBOGA  
C.I. 0704599729

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**  
**CERTIFICADO**

Ing. Edgar Gustavo Vera Puebla, MSc.

**CERTIFICA**

Que el trabajo de “ESTUDIO DEL PROCESO DE CROMADO EN PLÁSTICO PARA EMBELLECIMIENTO DE AUTOPARTES DEL VEHÍCULO” realizado por el estudiante: Gabriel Alejandro Armijos Chiriboga ha sido guiado y revisado periódicamente, cumpliendo las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendo su publicación. Este trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este. Autoriza el señor: Gabriel Alejandro Armijos Chiriboga que lo entregue a la biblioteca de la facultad, en calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, octubre de 2019

Ing. Edgar Vera P. MSc  
Docente de cátedra

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis con todo mi cariño hacia mis amados padres Sra. María Chiriboga, Dr. Cleofe Armijos por su esfuerzo enorme y sacrificio al apoyarme directamente en todo lo necesario en cuanto a mi carrera y por siempre creer en mis capacidades para lograr mi meta.

A mis hermanos y hermanas que fueron mi ejemplo más grande de valentía al demostrarme que como ellos pudieron yo también puedo

A mi amado hijo que fue mi pilar fundamental, con su sonrisa me llenaba de fuerzas para salir adelante ante las adversidades

A todas mis amistades que pusieron una gota de confianza en mí y me alentaron siempre por el camino del bien y mis compañeros que durante estos 5 años compartimos experiencias, tristezas y alegrías que lograron que este sueño se haga realidad.

.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por haberme permitido cumplir mis sueños y metas, por cada día impulsarme a superarme y ofrecerme siempre lo mejor, sin su fe tal vez no lo habría logrado

A mi familia esposa e hijo que me acompañaron en las buenas y en las malas, siempre impulsándome a salir adelante.

Agradezco inmensamente a CROMADOS ECUADOR que más que guías fueron unos amigos que me enseñaron todo lo relacionado a este proyecto siempre poniéndome buenas ideas y muchísima información para convertirse en algo eficiente.

## TABLA DE CONTENIDOS

1. CAPÍTULO I: ANTECEDENTES .....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.2. Formulación del problema .....	2
1.3. Sistematización del problema.....	2
1.4. Objetivos de la investigación .....	3
1.5. Objetivo general .....	3
1.6. Objetivos específicos.....	3
1.7. Justificación y delimitación de la investigación.....	3
1.8. Justificación teórica.....	3
1.9. Justificación metodológica.....	4
1.10. Justificación práctica .....	5
1.11. Delimitación geográfica .....	5
1.12. Delimitación del contenido.....	6
1.13. Hipótesis .....	6
1.14. Variables de hipótesis .....	6
1.15. Variable independiente .....	6
1.16. Variable dependiente .....	6
1.17. Operacionalización de variables .....	7
2. CAPÍTULO II: MARCO DE REFERENCIA .....	8



2.1.	Marco teórico .....	8
2.2.	Marco conceptual .....	8
2.3.	Plásticos utilizados en la industria automotriz .....	9
2.4.	Cromado .....	11
3.	CAPÍTULO III: SUSTENTACIÓN TEÓRICA .....	12
3.1.	Recubrimientos metálicos en plásticos .....	12
3.2.	El plástico ABS .....	14
3.3.	Condiciones experimentales.....	16
3.4.	Ciclo de procesos .....	20
3.5.	Ciclo de metalizado en plásticos ABS .....	21
3.6.	Generalidades .....	21
3.7.	Acondicionador .....	23
3.8.	Precipitador .....	24
3.9.	Catalizador .....	24
3.10.	Ciclo de cromado en plásticos .....	25
3.11.	Proceso de cobreado .....	26
3.12.	Proceso de niquelado .....	26
3.13.	Proceso de cromado.....	27
3.14.	Selección del plástico .....	31
3.15.	Proceso de aplicación de pintura cromada sobre superficies plásticas.....	31
3.16.	Infraestructura necesaria para aplicación de la pintura cromada.....	32
3.17.	Equipo de Protección.....	33

3.18.	Red y sistema de filtrado de aire .....	34
3.19.	Proceso de aplicación de pintura cromada .....	35
3.20.	Capas del proceso .....	35
3.21.	Objeto a pintar .....	35
3.22.	Capa base.....	36
3.23.	Capa de pintura cromada .....	36
3.24.	Capa protectora.....	37
3.25.	Capa barniz .....	37
3.26.	Recomendación de marcas .....	38
3.27.	Acerca del agua que se debe usar .....	38
3.28.	¿Por qué utilizar Agua Des ionizada?.....	39
3.29.	¿Cómo medir la conductividad del agua?.....	39
3.30.	Proporciones de Mezcla por Componente.....	39
3.31.	Mezcla de los Componentes Químicos .....	40
3.32.	Compuesto C .....	41
3.33.	Compuesto G .....	42
3.34.	Compuesto R .....	42
3.35.	Sellador.....	42
3.36.	Agua desionizada.....	42
3.37.	Área en objetos comunes .....	43
3.38.	La técnica y pasos para el proceso de cromado.....	43
3.39.	Medidas de Seguridad .....	47

3.40.	Diagrama de procesos de la aplicación de pintura cromada.....	48
3.41.	Capa protectora.....	49
3.42.	Acabado en Color Cromo .....	49
3.43.	Acabado en Colores Diferentes al Cromo .....	50
3.44.	Aplicación.....	51
3.45.	Regulación pistolas.....	52
3.46.	Preparación de la superficie plástica .....	53
3.47.	Preparación de superficies plásticas previo a la aplicación de un recubrimiento.....	54
3.48.	Pieza nueva pre imprimada.....	54
3.49.	Pieza nueva sin imprimir .....	55
3.50.	Piezas dañadas superficialmente o sin daños .....	57
3.51.	Piezas reparadas.....	59
4.	CAPÍTULO IV: CONTROL DE LAS ETAPAS DEL PROCESO.....	63
4.1.	Preparación de superficie plástica de uso automotriz .....	63
4.2.	Preparación y medición de compuestos para pintado de cromado.....	70
4.3.	Aplicación de pintura de cromado en pieza automotriz.....	75
4.4.	Resultado del proceso.....	80
4.5.	Análisis e interpretación de resultados.....	81
	CONCLUSIONES .....	82
	RECOMENDACIONES .....	83
	BIBLIOGRAFÍA.....	84

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Material utilizado para inyección de plásticos (Tkno, 2019).....	12
Figura 2. Piezas automotrices plásticas cromadas (Chering yi hsing, 2019).....	13
Figura 3. Molduras plásticas automotrices.....	16
Figura 4. Cuba electrolítica .....	17
Figura 5. Tabla de escala de pH .....	20
Figura 6. Aspecto visual de cromado .....	22
Figura 7. Irregularidades en proceso de cromado .....	26
Figura 8. Aspecto visual provocado por agentes de brillo superficial en cromado .....	27
Figura 9. Cromado en partes automotrices.....	28
Figura 10. Rangos de iluminación.....	32
Figura 11. Equipo de protección personal.....	33
Figura 12. Red de aire comprimido.....	34
Figura 13. Módulo de filtrado de aire .....	34
Figura 14. Capas de recubrimiento en proceso de cromado .....	35
Figura 15. Dosificación de compuestos para mezclas.....	40
Figura 16. Ejemplos de áreas en autopartes del vehículo .....	43
Figura 17. Presencia de humedad en superficie .....	44
Figura 18. Disminución de tensión superficial.....	45
Figura 19. Diagrama del proceso de cromado por pintura cromada .....	48
Figura 20. Pantógrafo .....	51
Figura 21. Preparación de superficie plástica.....	55
Figura 22. Aplicación de aditivos atomizados .....	57
Figura 23. Metalizado sobre superficie plástica.....	58
Figura 24. Aplicación de anclaje.....	60

Figura 25. Lijado de masilla en superficie plástica.....	61
Figura 26. Eliminación de residuos sobre superficies plásticas.....	63
Figura 27. Lijado de superficie.....	64
Figura 28. Eliminación de brillo.....	64
Figura 29. Fallas de adhesión de cromado.....	65
Figura 30. Adherente utilizado en el proceso.....	65
Figura 31. Atomización del adherente.....	66
Figura 32. Fondo poliuretano.....	67
Figura 33. Barniz poliuretano.....	68
Figura 34. Atomización de barniz poliuretano.....	68
Figura 35. Barniz poliuretano en spray.....	69
Figura 36. Pieza plástica con recubrimiento de barniz poliuretano.....	69
Figura 37. Secado de barniz poliuretano.....	70
Figura 38. Compuestos para pintura de cromado.....	70
Figura 39. Recipientes individuales para cada compuesto.....	71
Figura 40. Atomizadores independientes para compuestos.....	71
Figura 41. Gramera para pesaje de compuestos.....	72
Figura 42. Medición de activador.....	72
Figura 43. Medición de agua desionizada.....	73
Figura 44. Mezcla de obtención de compuesto.....	73
Figura 45. Agua desionizada.....	74
Figura 46. Llenado de compuesto en atomizador.....	74
Figura 47. Atomizadores con compuestos obtenidos.....	75
Figura 48. Lavado de primer capa de cromado.....	75
Figura 49. Atomización de agua desionizada.....	76

Figura 50. Secado de residuos de agua desionizada.....	76
Figura 51. Flameado de pieza .....	77
Figura 52. Atomización de compuesto R .....	77
Figura 53. Eliminación de residuos de compuesto R .....	78
Figura 54. Eliminación de residuos de compuesto G y C .....	78
Figura 55. Atomización de sellador .....	79
Figura 56. Eliminación de residuos de sellador .....	79
Figura 57. Obtención de pieza plástica cromada.....	80

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Operacionalización de variables dependiente e independiente de la investigación. .... 7

## RESUMEN

El presente proyecto investigativo se basa en la búsqueda y aplicación del mejor proceso para cromado sobre superficies plásticas de piezas utilizadas en la industria automotriz y de esta manera ampliar y reafirmar el conocimiento sobre este tipo de recubrimientos de protección o embellecimiento superficial dirigido a estudiantes y profesionales del área e industria automotriz, para lo cual se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil en su Escuela de Ingeniería Automotriz, basándose en la necesidad de ampliar los conocimientos teóricos y prácticos referentes al procesos de cromado sobre autopartes automotrices plásticas ya que tradicionalmente lo más común es la aplicación de este procedimiento sobre elementos metálicos y básicamente utilizando el proceso de electrólisis.

Luego de determinar que el mejor proceso para cromado de autopartes automotrices es el de pintura de cromado, se tomó en cuenta previamente la preparación de la superficie plástica para luego determinar cada uno de los compuestos químicos que se llevan a cabo y sus porcentajes de aplicación de acuerdo al área de la superficie como lo son el compuesto C, compuesto G, compuesto R, agua desionizada y sellador. Para luego estos ser aplicados bajo un proceso riguroso y puro sobre la pieza, finalmente se obtuvo un elemento plástico con una metodología con parámetros eficaces como caudal, temperatura de trabajo, presión, distancia de aplicación y relación de mezcla de los compuestos.

En definitiva, en un análisis global de lo investigado se determina que este proceso de cromado sobre superficies plásticas aplicadas en la industria automotriz se genera a un costo económico en comparación a otros y con un acabado aceptable.

Adicionalmente que a través de este proceso y metodología puede ser aplicada a otras superficies de distintos materiales con la obtención de un cromado de buena calidad.



**Palabras claves:**

Cromado, plástico, autopartes, recubrimiento, pintado.

## ABSTRACT

This research project is based on the search and application of the best process for chrome plating on plastic surfaces of parts used in the automotive industry and in this way expand and reaffirm knowledge about this type of protective coating or surface beautification aimed at students and professionals of the automotive industry and area, for which it was carried out at the facilities of the International University of Ecuador, Guayaquil extension in its School of Automotive Engineering, based on the need to expand the theoretical and practical knowledge related to the chrome processes on automotive auto parts plastic since traditionally the most common is the application of this procedure on metallic elements and basically using the electrolysis process.

After determining that the best process for chrome plating of auto parts is that of chrome plating, the preparation of the plastic surface was previously taken into account and then determining each of the chemical compounds that are carried out and their application percentages of according to the surface area such as compound C, compound G, compound R, deionized water and sealant. To then be applied under a rigorous and pure process on the piece, finally a plastic element was obtained with a methodology with effective parameters such as flow, working temperature, pressure, application distance and mixing ratio of the compounds.

In short, in a global analysis of what has been investigated, it is determined that this process of chrome plating on plastic surfaces applied in the automotive industry is generated at an economical cost compared to others and with an acceptable finish.

Additionally, through this process and methodology it can be applied to other surfaces of different materials with the obtaining of a good quality chrome plating.

**Keywords:**

Chrome, plastic, auto parts, coating, painted.

## CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

### 1.1. Planteamiento del problema

El presente estudio se encuentra alineado bajo el Plan nacional de desarrollo 2017-2021 enfocado sobre el eje 2: Economía al servicio de la sociedad que establece al objetivo 5 como: Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria, bajo la política preestablecida en el literal 5.3 que indica lo siguiente: Fomentar el desarrollo industrial nacional mejorando los encadenamientos productivos con participación de todos los actores de la economía.

Así mismo se encuentra sustentado según la meta a 2021 que indica el Mejorar el Índice de Productividad Nacional a 2021.

En la actualidad el uso de plásticos (polímeros) en la elaboración de piezas en los vehículos se ha incrementado considerablemente, sus costos económicos, las características de los materiales y su reciclabilidad son puntos importantes que se deben tener en cuenta por parte de las empresas o personas constructoras cuando diseñan o eligen el material a utilizar cuando fabrican una determinada pieza.

Según la revista especialista (Autocasion, 2016) “En la actualidad el porcentaje de plásticos utilizados en la fabricación de un vehículo es de 17% y si no se toma en cuenta los neumáticos esta cifra es del 14% pero al transcurrir el tiempo estos porcentajes van en aumento”

Bajo este criterio se ve que otros materiales están siendo desplazados en un porcentaje considerable, como lo es el caso del acero que tradicionalmente era el más utilizado y que a su vez genera mucho peso en un vehículo, para lo cual los nuevos tipos de plásticos o la mejora

de los existentes por medio de aditivos y combinaciones entre ellos, así como las nuevas tecnologías de sus transformaciones, amplía cada día el uso de estos en la industria automotriz.

Con lo expuesto anteriormente permite fundamentar que el embellecimiento de algunas partes del vehículo que poseen una base plástica debe ser tratada estéticamente por medio del metalizado de superficies y dentro de este proceso está el cromado que es una técnica de depositar a través de la galvanoplastia una fina capa de cromo sobre un objeto que en este estudio es plástico, siendo este recubrimiento decorativo, facilita la limpieza del elemento e incrementa su dureza superficial.

Por este motivo la presente investigación se basa en el estudio del proceso de cromado en plásticos en autopartes del vehículo, que permitirá conocer cómo se lleva a cabo el mismo, así como preparación de superficies y las ventajas y desventajas que implica.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Es factible el estudio del proceso de cromado en plástico para embellecimiento de autopartes del vehículo?

## **1.3. Sistematización del problema**

- ¿Qué procesos de recubrimiento metálico se emplean para cromar plásticos en autopartes del vehículo?
- ¿Qué proceso se emplea para la preparación de superficies plásticas en autopartes del vehículo?
- ¿Cuáles son los tipos de plásticos que se permiten ser aplicados el proceso de cromado?

- ¿Cómo efectúa el proceso correcto de cromado en superficies de piezas plásticas automotrices?

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

#### **1.5. Objetivo general**

Realizar un estudio basado en el proceso de cromado en piezas de vehículos donde su base principal es el plástico.

#### **1.6. Objetivos específicos**

- ✓ Conocer los tipos de recubrimientos metálicos existen y cuál es el que brinda mejores opciones al momento de cromar partes automotrices de plástico.
- ✓ Investigar el proceso que se aplica en la preparación de superficies de los elementos plásticos en la industria automotriz antes de proceder a recubrirlas con un proceso de cromado.
- ✓ Realizar de manera demostrativa el proceso adecuado para el cromado de piezas plástica utilizadas en los vehículos.

#### **1.7. Justificación y delimitación de la investigación**

#### **1.8. Justificación teórica**

En nuestro país los recubrimientos metalizados sobre superficies plásticas no han tenido el desarrollo correspondiente, para lo cual el presente trabajo investigativo pretende influenciar directamente y de manera positiva con el mejoramiento tecnológico a nivel nacional, tanto en

el aspecto formativo como en la generación de pequeñas industrias o grupos sociales que requieren de inclusión y generación actividades laborales.

El cromado sobre superficies plásticas aplicado en procesos en serie puede ser aplicado en la pequeña industria y ser difundido a nivel nacional ya que la industria del plástico aplicada a la creación de autopartes automotrices tiene mucha experiencia en el proceso de moldeo aplicado como base el ABS, así mismo su aplicación es en: parrillas, maniguetas, mascarillas, elementos decorativos de la consola, y tapicería interna mixta de los vehículos.

Por lo indicado es de suma importancia que el ingeniero en mecánica automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador tenga conocimientos sobre recubrimientos superficiales aplicados a partes o elementos diseñados y fabricados dentro de la industria manufacturera automotriz con sus respectivas técnicas de implementación en nuestro país, así mismo es necesarios que los estudiantes o profesionales que se dedican a esta rama sean capaces de realizar procesos de inspección y control de calidad de este tipo de recubrimientos metálicos en piezas plásticas automotrices, con el fin de conocer las variables que interactúan en el proceso, basado en normas que especifique, documente, registre y control de estos procedimientos.

En lo concerniente a la comunidad que conforma la Escuela de Ingeniería Automotriz de la UIDE, es de suma importancia que cuenten con la información del presente estudio ya que permitirá que su formación sea consolidada en conocimientos y así tener una visión más amplia de los campos en los que el Ingeniero Automotriz puede aplicar sus conocimientos especialmente en el área de la manufactura automotriz, control y gestión de la calidad.

### **1.9. Justificación metodológica**

Al investigar se determina métodos investigativos cualitativos, descriptivos, que sirven de ayuda para realizar un planteamiento sobre el enfoque que se busca para el desarrollo del

estudio basado en el proceso de cromado en piezas de vehículos donde su base principal es el plástico.

Es de suma importancia llenarse de información correcta y adecuada para la elaboración de esta investigación, implementando entrevistas de campo para medir cual es el grado de factibilidad en el desarrollo del proceso adecuado del cromado de piezas plásticas utilizadas en la industria automotriz.

### **1.10. Justificación práctica**

El estudio del proceso de cromado sobre superficies plásticas utilizadas en la industria automotriz se encuentra directamente dirigida al área de producción que permitirá generar fuentes de trabajo generando así beneficios directos que ayudan a fomentar la productividad en la industria nacional automotriz.

### **1.11. Delimitación geográfica**

El presente proyecto está direccionado de manera global para el Ecuador, tomando en cuenta un factor determinante como lo es la situación geográfica y climática que influye directamente en el proceso de metalizado de superficies plásticas.

El estudio se realizará puntualmente en la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, en los talleres de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil, en la Facultad de Ingeniería Automotriz, ubicada en Av. Las Aguas y calle 15ª NO.



### **1.12. Delimitación del contenido**

La presente investigación está fundamentada en base a libros, revistas, periódicos nacionales, artículos científicos, proyectos de titulación en donde se indica la información necesaria para el estudio del proceso de cromado en plástico para embellecimiento de autopartes del vehículo.

### **1.13. Hipótesis**

El estudio de proceso de recubrimientos metálicos sobre plástico dentro de la industria manufacturera automotriz en el Ecuador es importante ya que algunos elementos de embellecimiento lo requieren, para lo cual los ingenieros automotrices estarán capacitados de conocer su proceso y así determinar su calidad mejorando así su desempeño en el campo de la industria automotriz.

### **1.14. Variables de hipótesis**

### **1.15. Variable independiente**

Cromado en plásticos

### **1.16. Variable dependiente**

Materiales de aplicación, Elementos automotrices en plástico a ser cromados

### 1.17. Operacionalización de variables

Las operacionalizaciones de variables se muestran en la tabla. 1:

Tabla 1. *Operacionalización de variables dependiente e independiente de la investigación.*

<b>Variable</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>
Cromado en plásticos	Independiente	Proceso	100% Aplicado
Materiales de aplicación, Elementos automotrices en plástico a ser cromados	Dependiente	Elementos que intervienen	100% Adquirida

## **CAPÍTULO II: MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. Marco teórico**

La pintura tipo cromo brinda un acabado de apariencia metálica a cualquier tipo de material. Es una reacción química basada en la reacción Redox de Tollens, que 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 compuesto orgánico conocidos como 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 en solución básica es el agente oxidante utilizado. Si hay un aldehído presente, éste se oxida a la sal del ácido. Al mismo tiempo, se produce Plata Metálica 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. 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 acabado de lujo, previo a la aplicación de una capa base, luego la pintura tipo cromo y finalmente una capa protectora. Esta orden secuencial de procesos garantiza un acabado de buena calidad, aspecto y duración.

### **2.2. Marco conceptual**

Por medio de diversos estudios realizados dentro el proceso de cromado sobre superficies plásticas se ha revisado los parámetros necesarios para determinar los mecanismos que intervienen durante la metalización de un polímero; esto es, determinar cómo es que se desarrolla el metalizado por inmersión, pasando por el estudio de la adhesión entre el metal y

el polímero, las características fundamentales de los polímeros y terminando con los efectos de los parámetros de inyección sobre el metalizado.

En principio, se considera al metalizado de plásticos como un material compuesto del tipo laminar, donde las capas se apilan y se unen entre sí; para la generación de propiedades que originalmente no existían en cada elemento individual. Cuando se aplican cargas en los laminados, los esfuerzos resultantes en las láminas son proporcionales a sus módulos elásticos y de corte, aunque los esfuerzos internos también se pueden desarrollar en direcciones en las que no esté aplicada la carga directa. Esos esfuerzos son el resultado de las contracciones o expansiones diferenciales de las láminas, los que causan esfuerzos cortantes que pueden romper el enlace de las superficies de contacto entre los dos materiales y causar la falla del compuesto.

Según (MasPOCH, 2019), indica que, “en resumen, los compuestos, sean laminados o de cualquier otra índole, siempre presentarán la zona matricial, en este caso llamado sustrato, los elementos de refuerzo o cargas, en este caso capa metálica y la adherencia necesaria para que el compuesto responda a condiciones externas como resistencia, medio ambiente, consideraciones térmicas, dieléctricas, etc. de manera conjunta”.

Según (Suchentrunk, 1993), señala que “las propiedades de un plástico recubierto con metal se determinan definitivamente por las características de las uniones adhesivas entre los componentes, por ello, en la siguiente sección se presentarán los mecanismos que llevan a la adhesión de los componentes”.

### **2.3. Plásticos utilizados en la industria automotriz**

En la industria automotriz la distribución de los tipos de plásticos (polímeros) son según el material base y de acuerdo a este criterio se tiene lo siguiente:

De acuerdo con los estudios en cuanto al porcentajes utilizado en promedio el producto más consumido es el polipropileno con una participación del 30% en peso, seguido del caucho usado en neumáticos, continuando con los polímeros técnicos y los elastómeros.

Los polímeros brindan una buena resistencia química, excelentes propiedades mecánicas y eléctricas, además de mayor resistencia al calor que el polietileno y la aceptación como material de relleno como o es el talco, las fibras o el negro de humo.

La mezcla de esto con caucho etileno propileno dieno es una de las más utilizadas para la elaboración de parachoques, guardabarros, carcasas de sistemas de calefacción, recipientes de fluidos, alerones, spoilers, tapacubos y aislantes para cables. Los distintos tipos de poliuretanos, termoplásticos y reticulados, son utilizados en los sistemas de absorción de energía, juntas spoilers y cantoneras o como aislantes térmicos y acústicos.

El PVC es utilizado como revestimiento aislante de conductores eléctricos por su bajo precio y su resistencia a la combustión así mismo es utilizado en tubos flexibles, recubrimientos y juntas, sin embargo, su alto nivel contaminante hace que poco a poco se limite su uso.

Los polietilenos poseen excelentes propiedades eléctricas, buena resistencia al agua y a la humedad. Su bajo costo y sencillez en su elaboración, así como su posibilidad de mezclar con otros materiales para mejorar sus propiedades, ha permitido que su uso sea muy exigido como por ejemplo en elaboración de aislantes para conductores eléctricos, depósitos de combustibles, juntas, cajas de baterías, entre otros.

En cuanto a los polímeros transparentes son utilizados en elaboración de faros y cajas transparentes donde su peso, resistencia al impacto y posibilidad de formas geométricas ha desplazado al uso del vidrio. El policarbonato también es utilizado en piezas como paragolpes delanteros o posteriores, alerones, spoilers o componentes eléctricos sometidos a altas temperaturas.

El acrilonitrilo butadieno estireno o ABS, es un material rígido, duro y tenaz el mismo que es utilizado en elaboración de rejillas, carcasas, guanteras, apoyabrazos o tapacubos. La poliamina es de gran resistencia a la fatiga, la abrasión y al impacto siendo utilizada en tapacubos, rejillas, carcasas y ventiladores.

#### **2.4. Cromado**

Es una técnica de depositar mediante galvanoplastia una fina capa de cromo sobre un objeto de otro metal o plástico. La capa de cromo puede ser simplemente decorativa, proporcionar resistencia frente a la corrosión facilita la limpieza del elemento o incrementar la dureza superficial.

## CAPÍTULO III: SUSTENTACIÓN TEÓRICA

### 3.1. Recubrimientos metálicos en plásticos

En la industria automotriz la utilización de polímeros y plásticos cada vez va en aumento, lo mismo que han hecho desplazar a otros materiales como lo son el metal, madera o cuero. Por lo que desde hace algunos años la industria ha buscado mejorar las características de otros materiales, tal es el caso de los que contienen como base polímeros, como se muestra en la figura 1, así mismo se han realizado pruebas fundamentadas en experiencias sobre todo en lo concerniente a producción de plásticos, lo que indica que el plástico brinda mejores propiedades para que este sea recubierto por una capa de cromado es el ABS.



*Figura 1. Material utilizado para inyección de plásticos (Tkno, 2019)*

Con los estudios que se han llevado referente al uso de ABS y Polipropileno bajo ensayos de corrosión acelerada permite establecer que son muy amplias las fronteras de uso de estos materiales, siendo los resultados muy prometedores sobre todo por las aplicaciones que se vienen dando día a día en la industria en general, pero una de las propiedades que más se

toma en cuenta es la adhesión metal con plástico de entre 5 y 15psi según (Valverde, 1991), siendo este un proceso simple y de operación continua. El plástico ABS, es un material adecuado para la producción en serie completamente automatizada, si se lo compara con el zinc fundido a presión y este es uno de los motivos por lo que el proceso de diseño del ABS reduce su costo considerablemente.

Otro motivo a tomar en cuenta al momento de trabajar con este material es que las piezas a ser fabricadas son limpias y poseen mejor acabado en comparación a la utilización a piezas elaboradas con metales como se muestra en la figura 2.



*Figura 2. Piezas automotrices plásticas cromadas (Chering yi hsing, 2019)*

En cuanto a las piezas elaboradas para la industria automotriz y de estas sobre todo para aquellas que van direccionadas a la parte exterior de los vehículos o también conocidas como adornos exteriores, se deben considerar los siguientes aspectos:



- El ABS tiene una alta tendencia a captar humedad, la absorción de humedad va acompañada de hinchazones puntuales o localizadas, la misma que puede afectar las propiedades mecánicas de la parte plástica recubierta.
- Para piezas o elementos grandes fabricados con ABS como es el caso de tapacubos, parrillas, y otros, que son difíciles de moldear sin esfuerzos residuales, Piezas de ABS con esfuerzos pueden ser debido a surcos, levantados o reventados de la capa metálica bajo variaciones extremas cuando se encuentran en servicio.
- Es de suma importancia superar los requerimientos térmicos exigidos por los compuestos de níquel. La presencia de cobre en la composición del recubrimiento de níquel siempre resulta en productos de corrosión coloreada cuando las partes son expuestas a la intemperie y la composición del electro plateado contenga poros microscópicos o micro fisuras de cromo.

### **3.2. El plástico ABS**

Su nombre se basa en acrilonitrilo butadieno estireno o conocido por sus siglas ABS, pertenece a la única familia de polímeros ingenieriles, que en definitiva es un plástico muy resistente al impacto muy utilizado en automoción y otros usos tanto industriales como domésticos.

Los elementos que contiene este material permiten que obtenga características especiales como lo son:

- Acrilonitrilo, este elemento brinda estabilidad, resistencia química y resistencia al envejecimiento.
- Butadieno, juega un papel muy importante en la resistencia al esfuerzo mecánico.
- Estireno, añade brillo y rigidez

Por este motivo el plástico ABS, es el más popular de todos los plásticos plateados, así como su bajo costo, facilidad para su moldeo y platear. El ABS se hace conductor por pintura, recubrimiento sin corriente, metalizado al vacío y recubrimiento por arco-llama. La característica que toman en cuenta los diseñadores es que retarda la llama, tiene resistencia al calor, transparencia, acabado superficial de gran brillo y puede ser usado como espuma.

Otra de la versatilidad que brinda el plástico ABS es que se usa como paletizado, coloreado especialmente con colores vivos, estándar y en forma de polvo para ser aleado con otros polímeros como lo son el PVC.

Generalmente existen tres tecnologías de producción, como lo son:

- Emulsión
- Suspensión
- Polimerización masiva

Si se combinan estos tres métodos es posible obtener un producto con un balance correcto de propiedades.

Otras de las ventajas que brinda el ABS es que es un aislante eléctrico lo que permite aumentas sus aplicaciones secundarias de aislamiento, también puede ser procesado a través de todas las técnicas conocidas para termoplásticos y es ligeramente higroscópico y se seca en un lapso de 2 a 4 horas en un rango de temperatura de 82 a 93 grados centígrados según (Valverde, 1991), pero teniendo en cuenta que se debe desunificar el aire seco.

Por lo general la principal aplicación de ABS ha sido en tuberías, cañerías de drenajes, ventilación y desagües.

En el área de conductores y componentes eléctricos su aplicación es amplia. La línea automotriz y doméstica ocupa un 30% del consumo de ABS. Una de sus aplicaciones se muestra en la figura 3.



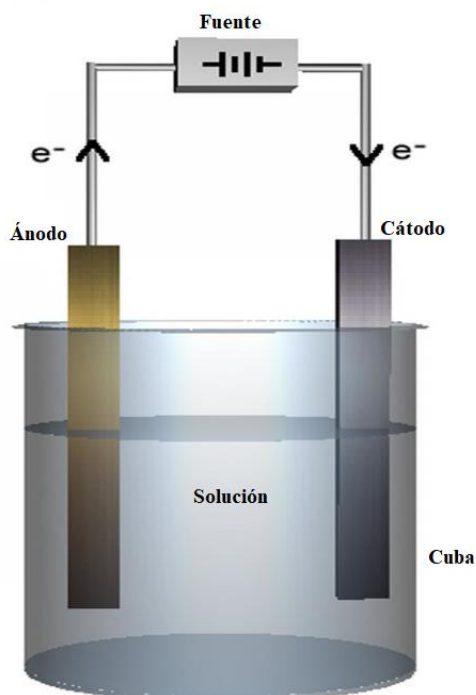
*Figura 3. Molduras plásticas automotrices*

Incorporando aditivos halogenados o mezclados con PVC se logra características retardadoras de llama. Los aditivos halogenados pueden ser bromuros, cloruros o una mezcla de ellos.

### **3.3. Condiciones experimentales**

Para el proceso de cromado sobre superficies plásticas, este se encuentra afectado por algunos factores que deben tomarse en cuenta dentro del trabajo experimental como lo son:

- Agitación de las soluciones. - Este fenómeno produce un suministro fresco de sales o de iones metálicos al cátodo, desplaza las burbujas gaseosas que pueden generar cráteres, también mezcla la solución e impide la estratificación de soluciones más pesadas que van en el fondo del recipiente o cuba, como se muestra en la figura 4.



*Figura 4. Cuba electrolítica*

El resultado final de la agitación es el que permite utilizar una densidad de corriente más alta, con el fin de producir un depósito con una estructura correcta, sin perturbaciones mayores, además contribuye a una mayor difusión de los iones metálicos, facilitando la homogenización del baño. La agitación se puede producir por varios métodos como: bombas, chorro de aire, agitador mecánico, movimientos relativos horizontales, verticales o rotación del cátodo o ánodo. Cuando se tiene agitación rápida, se presenta el problema de desprendimiento de partículas del ánodo y se suspenden las partículas del fondo de la cuba, produciendo depósitos porosos y rugosos. En esos casos se suelen emplear bolsas anódicas.

- Temperatura. - El incremento de temperatura aumenta el tamaño de los cristales. Es así que en depósitos de cobre estos cambios estructurales de los cristales provocan disminución de la resistencia a la tensión, debido a que el depósito es más blando y genera menor resistencia a la abrasión. El aumento de temperatura durante el baño de níquel afecta directamente a la dureza de la superficie, así como en el brillo. Cuando el

aumento de temperatura no va de acuerdo con el aumento de la densidad de corriente elevada son beneficiosas dentro de cierto rango, caso contrario se va a producir un aumento del tamaño de los cristales como consecuencia de la disminución de la polarización; es decir, la densidad de corriente elevada contrarresta el efecto de las altas temperaturas. La elevación de temperatura brinda mayor solubilidad y disociación de la sal metálica, lo que a su vez provee de una conductividad más alta de la solución, así mismo aumenta la movilidad de los iones metálicos y disminución de la viscosidad de la solución, de esta manera la capa catódica se reaprovisiona más rápidamente. Otra ventaja del trabajar con una temperatura elevada es que hay generalmente menos absorción de hidrógeno por los depósitos y menos tendencia de producir fisuras.

- Densidad de corriente. – Para alcanzar las condiciones idóneas y sobre todo un depósito uniforme, se requiere que la densidad de corriente sea constante. Al aumentar la densidad de corriente hasta un determinado límite, se aumenta la velocidad de electrodeposición, aumentando de esta manera la tasa de producción, pero se debe tomar en cuenta que al momento de aumentar la densidad de corriente o esta excede el valor límite de trabajo, esto quiere decir, la densidad crítica, esto refleja una significativa tendencia en la producción de depósito rugoso, fragilidad y una mala adhesión sobre la superficie. Un aumento posterior de la densidad de corriente en cambio proporcionará otras irregularidades como lo son depósitos esponjosos o quemados, como resultado de una generación excesiva de hidrógeno que se fija sobre la superficie a recubrir, dificultando de esa manera la adherencia de la película metálica.

Además, no se produce en el ánodo desprendimiento de metal produciéndose la pasivación del ánodo, lo que origina una disminución de la concentración del baño. Si pasara lo contrario, esto sería producto de una densidad de corriente extremadamente

débil y retardaría el proceso de recubrimiento y además lo haría en forma irregular, perdiendo así uniformidad y brillo.

- Concentración de soluciones. - En virtud que los metales pueden adherirse solamente a partir de sus propias sales, las concentraciones elevadas favorecen el proceso y dentro de la utilización de soluciones fuertes se tiene las siguientes ventajas: Conductividad mayor, alta densidad de corriente, elevación de la eficiencia del baño.

Por otra parte, también se presentan desventajas como las siguientes: Costo elevado en preparación de los baños, tendencia de cristalización sobre paredes del recipiente y los electrodos, descenso de eficiencia anódica. Pero en la práctica se usan concentraciones intermedias, pero actualmente se utilizan soluciones intermedias, pero con una concentración elevada. En definitiva, según (Valverde, 1991), “la mejor solución electrolítica será aquella que posea pocos iones a depositar y muchas moléculas no disociadas dispuestas a disociarse rápidamente, liberando de esta manera iones metálicos que sustituyen a los que desaparecen de la película líquida catódica durante una electrólisis”. En definitiva, mientras más pequeña sea la concentración de los iones metálicos dentro de los parámetros, tanto más fino será el depósito ya que se incrementa la polarización catódica y uniformidad, aumentando la difusión, mejorando la potencia del depósito.

Cuando la densidad de corriente es elevada, permite utilizar soluciones con mayor concentración, al igual que con temperaturas elevadas. También el uso de concentraciones con mayor conductividad de corriente permite obtener superficies más brillantes y disminuye la rugosidad, pero cabe recalcar que se debe monitorear el valor de pH que para su neutralidad es de un valor de siete, pero si aumenta se vuelve alcalino y si disminuye serán ácidos, como se muestra en la figura 5.

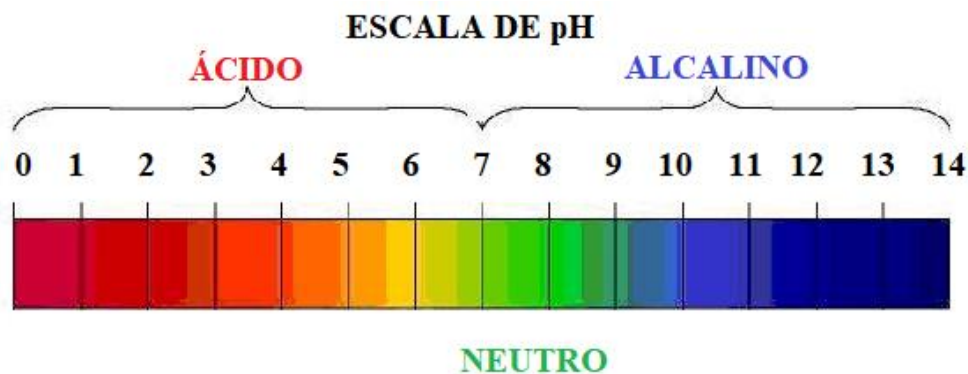


Figura 5. Tabla de escala de pH

- Disposición de las piezas en la cuba. - buscando la homogenización del recubrimiento sobre la superficie a tratar, se debe tener mucho cuidado al momento de colocar las piezas en el baño de esta manera toca ver la mejor forma de colocar para tal efecto.

Su ubicación debe ser en forma de que la pieza quede completamente sumergida a la solución y de no tener contacto con algún otro elemento o las paredes del recipiente. Para el caso de las piezas huecas, debes ser colocadas de tal manera que por ningún motivo vaya a retener algún tipo de burbuja de aire o gas electrolito.

En el caso que la pieza a cromar cuente con partes con dificultad o salientes estas deben tener cuidado al momento del proceso, tratando que el recubrimiento sea homogéneo.

### 3.4. Ciclo de procesos

Existen dos ciclos que son: El cromado y el metalizado.

- Metalizado. - Este consiste en el depósito de una capa de metal sobre la superficie ya que el plástico como lo es en el caso de la industria automotriz no es un conductor de corriente. Este ciclo también se lo denomina pre - plateado o plateado sin corriente y

consta de cinco básicos como lo son: acondicionador, precipitador, catalizador, acelerador y niquelado sin corriente.

Posteriormente a cada uno de estos pasos se debe aplicar un enjuague para evitar la contaminación de los baños.

- Cromado. - A este ciclo también se lo suele conocer como electroplateado, porque se utiliza corriente continua. Así mismo este ciclo se asemeja al que se suele utilizar con los metales, la diferencia está en las variantes de parámetros como temperatura, tiempo de inmersión, cantidad de amperios y concentración de las soluciones.

Este tipo de ciclo consta de tres procesos básicos que lo son: Cobreado, niquelado y cromado.

### **3.5. Ciclo de metalizado en plásticos ABS**

### **3.6. Generalidades**

El proceso de metalizado sobre una superficie plástica desempeña un papel muy importante sobre todo por el tipo de acabado final que adquiere la pieza como se muestra en la figura 6, pero de este depende principalmente las fallas de la pieza, por lo tanto, se debe tener mucho cuidado al momento de ser aplicado cada uno de los procesos o métodos a utilizarse.





*Figura 6.* Aspecto visual de cromado

Ahora básicamente el proceso es el siguiente:

El material que va a ser sometido al proceso de plateado en su totalidad debe ser inmerso en una solución denominada acondicionadora o de ataque de la superficie plástica con el fin de eliminar el butano y generar porosidad en la superficie, pero cabe recalcar que esta porosidad no es visible a simple vista. También se debe considerar el porcentaje de acrílico que posee el plástico en el ataque. Una vez realizado este proceso y aplicado su respectivo enjuague de la pieza se procede continuar con el siguiente baño denominado precipitador el mismo que consta en quitar las impurezas que puedan haber quedado durante el proceso anterior. Posteriormente se continua con el siguiente baño denominado catalizador o premetalizado, el mismo que consta en añadir una capa de paladio lo que permitirá que se adhiera el metalizado definitivo de níquel, luego se procede a un nuevo enjuague para continuar con el acelerador el mismo que elimina todo el estaño que contenga para que de esta manera se adhiera en cambio el metalizado final, posteriormente se enjuaga nuevamente la pieza para pasar al niquelado sin corriente, que es el metalizado final de níquel y de esta manera el plástico se ha convertido en plástico.

### 3.7. Acondicionador

Existen algunos tipos de soluciones, pero una de estas es la de ácido crómico o una combinación con ácido sulfúrico. Aunque las composiciones químicas pueden generarse variaciones según la elevación de temperatura, para contrarrestar este efecto lo que se realiza es añadir espumas mantenedoras para de esta manera aumentar la tensión superficial del baño. Ahora un factor que se debe tomar muy en cuenta en la actividad del baño es remover el butadieno de la probeta plástica.

Lo que se logra con el acondicionador es hacer que la superficie del plástico se haga porosa para que de esta manera el propósito es que se deposite el catalizador a base de paladio.

Este proceso inicia en los tanques de ácido crómico y sulfúrico generando una reacción exotérmica por lo que es muy peligrosa por lo que se debe tener el mayor cuidado en cuanto a protección personal, basándose en este cuidado es que las cubas que se utilizan en este punto son forradas de fibra de vidrio. Estos dos ácidos son los que remueven el butadieno, también posee mínimas cantidades de ácido fosfórico el cual cumple la función de limpiar la pieza de cualquier impureza metálica que pueda tener.

Pero es indispensable añadir pequeñas cantidades de ácido fluobórico, dependiendo de la cantidad de acrílicos que contenga el plástico. También es necesario tener en cuenta que no todos los plásticos tienen la misma cantidad de acrílico.

Posteriormente o después que las piezas salen del acondicionador deben pasar por tres procedimientos de enjuague para así extraer toda la presencia de cromo que tenga la pieza y el cromo que haya absorbido el plástico, luego de ser aplicado este conjunto de baños de enjuague se procede a sumergir la pieza en un baño denominado precipitador.

### 3.8. Precipitador

Con este baño se logra que se precipite todo el cromo que tengan las piezas, pero se debe tomar en cuenta que la temperatura este en el borde de los 49°C para que se active la solución.

### 3.9. Catalizador

Básicamente es una combinación de paladio y estaño, cuyo tiempo de este proceso es de dos a tres minutos. En definitiva, lo que ocurre en este proceso es que el estaño con el paladio se codeposita trabajando así en conjunto. La composición embellecedora de paladio necesita de cloruro de estaño para mantenerse con el paladio en una solución y esta precipitación solo dura un periodo. En cuanto al control de la acidez del catalizador es un factor importante por que gobierna la actividad del baño, una mayor acidez afecta al niquelado sin corriente como lo son:

- Velocidad de deposición. - Bajo este parámetro se consigue: velocidad química del baño embellecedor, temperaturas altas del baño que aumentan la velocidad de depósito y viceversa, a mayor porosidad en la superficie del plástico mejora el acabado en las fases de premetalizado y metalizado.
- Control de calidad y operación. - En este proceso se logra mantener la temperatura del baño, y donde que esta es elevada se presentan las siguientes características: Excesiva pérdida de amonio, Cambio inmediato del pH, Burbujeo y cambio químico inmediato. Las piezas sumergidas deben ser sumergidas por veinte segundos en níquel, también se debe conseguir el mínimo burbujeo y así mismo otro factor importante es utilizar hidróxido de amonio para levantar el pH en un rango ideal para este trabajo que es de 8.7 a 9.

### 3.10. Ciclo de cromado en plásticos

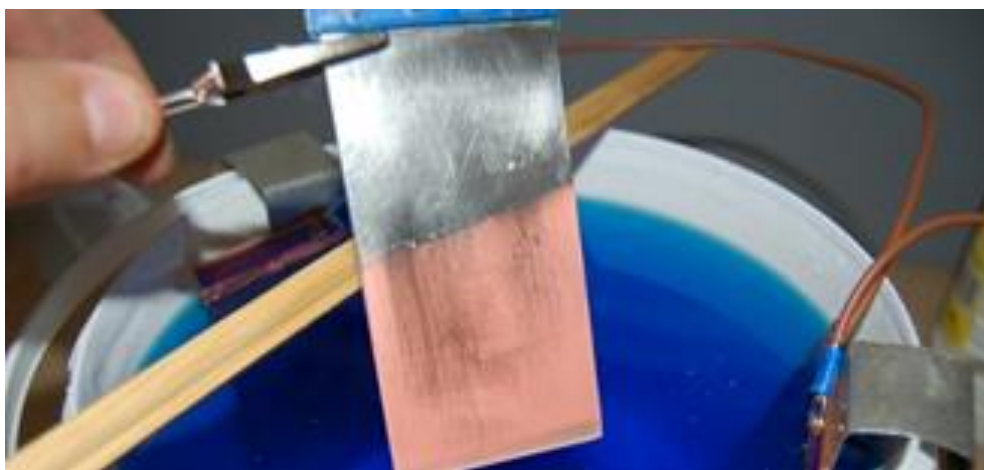
Este ciclo de electrodeposición presenta ciertas ventajas como lo son: La facilidad de manejo para procesos industriales en serie y la uniformidad del cromado. Así mismo presenta ciertas desventajas como lo son: la capa de metalizado es delgada, por lo que la pieza es más delicada, no soporta elevación de corrientes ya que esto provoca que el metalizado se levante, los contactos pueden ocasionar chispas o sulfatación y esto provocaría falta de contacto eléctrico entre raquetas y el metalizado. Existe un baño entre los dos ciclos denominado níquel agitado, el cual cumple la función de permitir el uso de los distintos tipos de níquel. El níquel agitado, es una solución formulada de acuerdo al níquel que se va a utilizar como lo es el sulfato de níquel, cloruro de níquel y ácido bórico en cantidades diversas. Este tipo de soluciones son utilizadas sin agentes aditivos ya que podrían generar esfuerzos de fluencia y depósitos dúctiles.

La función principal del níquel agitado es la de minimizar o prevenir estallidos al momento de depositar esta capa sobre el metalizado y así mejorar el flujo de corriente en la plástica superficie recubierta y de esta manera preparar las condiciones para el siguiente paso que es uno en los cuales va a intervenir una corriente un poco alta. Esto desperfecto ocurre cuando la capa es demasiado delgada para soportar la circulación de una corriente elevada, generando su rotura. En lo concerniente a los contactos, estos deben ser buenos así como sus conexiones en el sistema, así mismo se debe tomar en cuenta que este proceso trabaja a un rango de temperatura de 52 a 55°C

El níquel agitado es de uso exclusivo para aplicaciones decorativas y que no estén expuestos a medios altamente corrosivos, así como también no trabaja a valores altos de corriente. Los tipos de procesos que este lleva son los siguientes: cobreado, niquelado y cromado.

### 3.11. Proceso de cobreado

Este proceso es a base de sulfato de cobre y ácido sulfúrico y es el baño más utilizado comúnmente ya que se consigue una buena afinidad para el proceso de cobreado en plástico, su rango de corriente es de 3228 a 6456Amp/dm<sup>2</sup> el cual se considera alto si se lo compara con la baja cantidad de corriente utilizada durante el proceso de niquelado. El tiempo que se utiliza para la aplicación de este proceso es de 18 minutos para obtener un depósito de 12.7 a 17.8 micras de metal a 3228Amp/dm<sup>2</sup> y a 1.5V aproximadamente. En cambio, el cobre electrostático es utilizado para superficies plásticas más suaves y en algunos casos para cubrir irregularidades de la superficie como se muestra en la figura 7. La temperatura de trabajo es de 27°C



*Figura 7.* Irregularidades en proceso de cromado

### 3.12. Proceso de niquelado

Este proceso también es conocido como niquelado brillante y se utiliza la misma base química como en el caso de formulación de níquel agitado, pero las concentraciones si varían y sus propiedades de adición de agentes son usadas para abrillantar y nivelar el metal de níquel, como se muestra en la figura 8. Este depósito es más duro y a su vez quebradizo, por lo que no

se recomienda para cubrir imperfecciones de la superficie plástica, este baño trabaja a un rango de temperatura de 26 a 27°C, la función básica de este depósito de níquel brillo es para que la pieza adquiera un color profundamente brillante en los procesos subsecuentes como lo es el cromado, dorado latón y bronce. Para el cromado, el níquel brillo es fundamental debido a su receptibilidad para el cromo. Así mismo el oro, latón y bronce requiere de níquel brillo como intermediario ya que este actúa como una barrera, entonces el plateado resplandeciente no disuelve el cobreado ni pierde su distintivo de color y así retarda la mancha si la pieza está o no laqueada.



*Figura 8.* Aspecto visual provocado por agentes de brillo superficial en cromado

### **3.13. Proceso de cromado**

En este proceso la formulación que es utilizada como base al ácido crómico es para sustituir el metal cromo y el sulfato que como contiene químicos cataliza la actividad del baño. Por este motivo el catalizador de cromo es comúnmente pre mezclado con ácido crómico y se lo adquiere como un embellecedor. La mayor ventaja de usar este embellecedor es la alta

eficiencia operativa obtenida de ajustes automáticos del sulfato crómico. La temperatura de trabajo es de 46°C. Básicamente mantiene el color blanco azulado indefinidamente.

Esta capa de cromo es muy dura y posee una excelente durabilidad para las partes que la requieren como las que van a estar en la intemperie, como se muestra en la figura 9, Existen otras técnicas de cromado electrolítico que también satisfacen las necesidades de manufactureras automotrices, las cuales requieren de alta eficiencia y durabilidad en cuanto a tiempo de un metal electroplateado, especialmente si es un plástico ABS.



*Figura 9. Cromado en partes automotrices*

También existen factores que van a afectar a la calidad de la electrodeposición los mismos que se debe considerar ya que afectan a la calidad final como lo son:

- Diseño del molde e inyección del moldeo del ABS
- Ciclo de pre plateado
- Ciclo del electroplateado

La importancia del diseño de la pieza moldeada según el tipo de plástico es preferible utilizar moldes metálicos puesto que su longevidad en operación es eficiente y obtener así muy buenos acabados en la pieza plástica moldeada. Así también el acabado por plateado permite no solamente a mejorar la apariencia estética de la pieza, sino que también se eliminan imperfecciones de la superficie plástica. Por lo tanto, los factores más importantes de la pieza plástica moldeada son los siguientes:

- Tamaño de la pieza. - Es necesario evitar superficies grandes y planas, intentando tener superficies plásticas curvadas, para así evitar la distorsión térmica, que podría aparecer en los baños con temperaturas de hasta 66°C.
- Material. - Es preferible no moldear piezas de reciclado por motivos que causan interferencias con los ciclos de pre plateado. Por este motivo es aconsejable utilizar un porcentaje del 25% o menos de material triturado reciclado y un 75% de material virgen que para nuestro estudio es ABS, para obtener resultados satisfactorios. En el moldeo se debe tener en cuenta el área donde va a ser sujeta, de manera que no se pique la superficie plástica.
- Acabado superficial. - La formulación de las resinas ABS que serán utilizadas para el proceso de electroplateado ha sido compuesta específicamente para ser homogéneamente dispersadas con una determinada cantidad de butadieno (caucho) en la combinación de ABS, pero esta mezcla apropiada resulta necesaria, puesto que el butadieno puede ser removido uniformemente por la oxidación, durante el ciclo de pre plateado en el tanque de acondicionamiento. El brillo de niquelado sin corriente y cobreado dependerá de la porosidad de plástico, para obtener de esta manera un correcto acabado superficial.



- Espesor. - Cuando se diseña un nuevo elemento plástico a ser electro plateado, lo que se intenta es proporcionar el mínimo espesor de pares que por lo general es de 0.9mm, ya que si este espesor es menor se presentan problemas de distorsión.

Para lo concerniente al ciclo de pre plateado es necesario mantener parámetros operacionales y control químico en los baños ya que cualquier variación estaría afectando directamente al metalizado y por ende al ciclo de electroplateado.

Por este motivo el ciclo de electroplateado consta de los siguientes procesos:

- Cobreado. - Para esto se debe mantener los parámetros recomendados por normas establecidas y considerar las cantidades que puedan tener, filtrando con carbón activado de acuerdo a los contaminantes que existen en la solución.
- Niquelado. - En este proceso los efectos son más graves que en el caso del cobreado ya que se presentan muchos factores que intervienen para mantener de esta manera la calidad de la electrodeposición, como son:
  - o Sulfato de níquel.
  - o Cloruro de níquel.
  - o Ácido bórico
  - o Efecto de la temperatura en depósitos duros de níquel.
  - o Efecto de pH y temperatura de esfuerzo del níquel.
  - o Defecto de la densidad de corriente en depósito con esfuerzo en el níquel.
  - o Efecto de la densidad de corriente en depósitos duros de níquel.
  - o Aislamiento de los ánodos en el proceso de cromado.

### **3.14. Selección del plástico**

El plástico que se debe seleccionar para el proceso de cromado sobre este tipo de superficie debe cumplir las siguientes condiciones:

- Utilización en la industria automotriz
- Facilidad en su adquisición
- Bajo costo
- Facilidad de moldeo
- Presentar facilidades en la limpieza y preparación
- Presentar facilidades en la electrodeposición
- Presentar facilidades en el control de la calidad

Bajo las condiciones expuestas se concluye se puede determinar que el plástico más idóneo para el proceso de este estudio es el plástico ABS, en láminas con un espesor de 0.9mm cuyas dimensiones aproximadas son de 20mm por 20mm, para un trabajo óptimo.

### **3.15. Proceso de aplicación de pintura cromada sobre superficies plásticas**

Con la pintura Cromada, se puede conseguir un acabado efecto cromo espejo sobre cualquier tipo de material o piezas como nunca antes se había logrado. Esta tecnología ha sido usada desde hace algunos años alrededor del mundo para reemplazar métodos de cromado electrolítico, logrando así convertirse en el método más eficiente para decorado de objetos, además siendo amigable con el ambiente y el operario.

La pintura Cromada no es como las pinturas convencionales, se la puede describir como un conjunto de químicos que aplicados en un orden determinado consigue un acabado efecto cromo sobre cualquier material sólido que puede ser rígido o flexible.

Pintura Cromada logra el mismo acabado sin importar el sustrato en el que se aplique, los materiales sobre los cuales se pueden aplicar, por ejemplo: plástico (fibra de vidrio, acrílico, policarbonato), madera, metal (aluminio, latón, hierro, acero, etc), caucho, concreto, etc. El uso de sistemas convencionales para cromado o cualquier otro método de enchapado de metales sobre superficies es limitado y costoso. El sistema de aplicación de Pintura Cromada está siendo utilizado en diversas aplicaciones para dar acabado metálico con efecto cromado a diversos materiales en diferentes industrias de manera eficiente.

### 3.16. Infraestructura necesaria para aplicación de la pintura cromada

Para el proceso de aplicación de Pintura Cromada se recomienda un ambiente de trabajo ventilado, con paredes y techos de color blanco e iluminación blanca con temperatura de color de 5500K a 6500K como se muestra en la figura 10. De igual manera se recomienda un equipo de protección personal en todo momento del proceso.

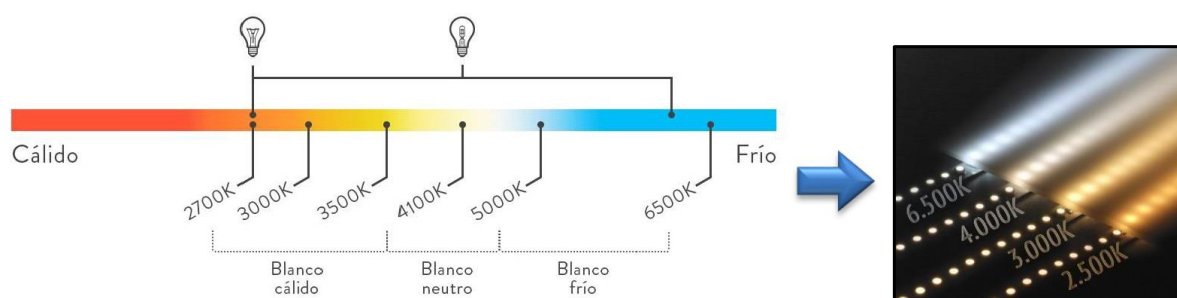


Figura 10. Rangos de iluminación

*\*Importante:* No se recomienda pintar a la intemperie usando luz natural, el sol directo puede alterar el funcionamiento de los químicos en el proceso de cromado y pueden confundir la visión del pintor al colocar la capa protectora.

### 3.17. Equipo de Protección

La o las personas que encargadas de aplicar cualquiera de las 3 capas del proceso requieren proteger su salud en todo momento, para lo cual se recomienda el uso de 1 mascarilla para gases orgánicos con protección A2P3R para capa base y protectora, y protección A1P3R para capa de Pintura Cromada. Además de la mascarilla se recomienda uso de guantes de caucho, gafas y protector cuerpo completo como se muestra en la figura 11.



*Figura 11.* Equipo de protección personal

### 3.18. Red y sistema de filtrado de aire

La red de aire a presión debe armarse como se ve en la figura 12.

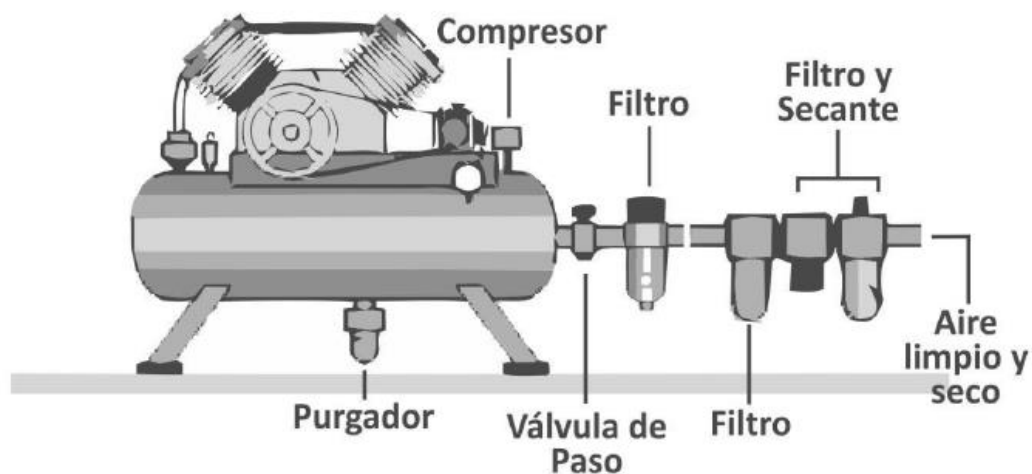


Figura 12. Red de aire comprimido

La red completa para pintura base consta de un compresor de aire, filtros de bronce sinterizado y un secante de aire a solvente, como se muestra en la figura 13. Para capa de pintura base de sílice.



Figura 13. Módulo de filtrado de aire

### 3.19. Proceso de aplicación de pintura cromada

La tecnología de Pintura Cromada se basa en oxidación reducción de metal para depositarlo sobre una superficie previamente preparada. Permitiendo dar apariencia metálica a cualquier tipo de material seleccionado.

### 3.20. Capas del proceso

Este tipo de pintura requiere de la aplicación de 3 capas esenciales para lograr el acabado efecto cromo deseado, las capas se muestran en la figura 14:

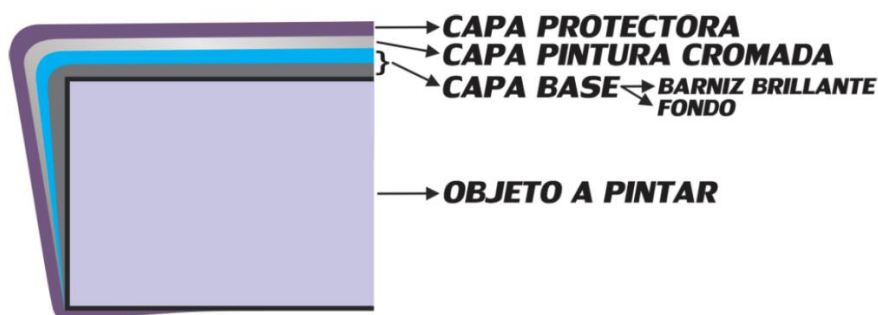


Figura 14. Capas de recubrimiento en proceso de cromado

### 3.21. Objeto a pintar

El material del cual está hecho el objeto a pintar es indistinto, este debe estar liso y libre de suciedad, en caso de tener rayas o fallas estas deberán ser corregidas mediante lijado o masillado de lo contrario serán visibles en el acabado final.

### **3.22. Capa base**

Esta capa es la primera que se coloca directamente sobre el objeto a pintar, la primera parte de la capa base, o fondo poliuretano de color gris oscuro es un fondo de grado automotriz, conocido también como nitrocelulosa, puede ser de color blanco, gris o negro. Después de aplicado el fondo se pule con lija muy suave para retirar imperfecciones que puedan aparecer en el proceso de aplicación del fondo, para esto se suele usar lija 600 en adelante. La segunda parte de la capa base es el barnizado. Sobre el fondo se coloca barniz de poliuretano de Ultra Altos Sólidos, este barniz es transparente y al secar deja un acabado brillante sobre todo el objeto, además al tener con contenido alto de sólidos ayuda bajar la tensión superficial de la capa base lo que favorecerá a la colocación del compuesto R adelante en el proceso. La capa de barniz debe dejarse secar por lo menos 24 horas al ambiente antes de continuar con el siguiente paso del proceso.

Es muy importante tener en cuenta que el brillo de la capa base significará el brillo de la capa cromada, si la capa base es opaca, pues el cromado lo será también, si la capa base es brillante pues el cromado será brillante y esto se traduce a un acabado efecto espejo.

Para algunos materiales como plásticos extruidos o metales se puede usar promotores de adherencia previo al fondo, de esta manera se asegura la resistencia del acabado final.

### **3.23. Capa de pintura cromada**

Este proceso de 10 pasos crea la capa metálica efecto cromo o espejo sobre el objeto. Se aplica directo sobre la capa brillante. Los pasos específicos a seguir son:

1. Lavado con agua y jabón
2. Flameado con flama azul de GLP

3. Aplicación del Activador
4. Lavado con Agua des ionizada
5. Aplicación de la Capa de Pintura Cromada, usando la pistola doble boquilla
6. Lavado con Agua des ionizada
7. Aplicación del Sellador
8. Lavado con Agua des ionizada
9. Secado con aire a presión.

Para conseguir el acabado óptimo sobre el objeto a pintar es necesario que se sigan las instrucciones de uso, instrucciones muy sencillas que de ser seguidas al pie de la letra permitirán al operario del sistema conseguir acabados perfectos. Esta parte del proceso es completamente hecha con los químicos que se incluyen en el paquete o kit, todos se mezclan con agua des ionizada para su aplicación, para lo cual no necesita conseguir ningún otro químico adicional.

### **3.24. Capa protectora**

En esta capa se vuelve a utilizar barniz de poliuretano, en este caso transparente, este tipo de barniz se usa para proteger el acabado cromado y permitir al objeto ser manipulado. En esta capa también se define el color del acabado, si es color cromo o si se usa uno de los tintes para obtener un color específico con efecto cromo.

### **3.25. Capa barniz**

La capa debe ser de Barniz de Poliuretano, que ayuda a tener una base para la Pintura Cromada con el brillo suficiente para dar apariencia húmeda al cromado en el proceso posterior. Este barniz es un compuesto basado en 3 elementos: Barniz Transparente o de Color, Catalizador y Disolvente de Poliuretano. Las proporciones deben ser dadas por el fabricante.



El compuesto resultante de la mezcla de las partes se aplica mediante la pistola atomizadora estándar con aire a presión. El barniz de poliuretano es de alta duración, calidad y muy resistente a ataques químicos y mecánicos.

El acabado de Pintura Cromada será tan reflectivo como un espejo si es que la capa base es brillante. Por otro lado, si se desea conseguir un efecto metálico mate, la capa base deberá ser opaca o mate. La capa base puede ser usada sobre cualquier tipo de superficies.

*Importante:* Pintura Cromada puede aplicarse sin capa base si se trata de una superficie como vidrio o plástico brillante. La capa base deberá ser usada en todas las otras superficies.

Cualquier imperfección que tenga la capa base se trasladará a la capa posterior de pintura cromada.

### **3.26. Recomendación de marcas**

El barniz debe ser correctamente escogido. El indicado es cualquier barniz de Poliuretano de Ultra Altos Sólidos.

El objetivo al elegir este tipo de barniz es reducir la tensión superficial para que los siguientes pasos del proceso se faciliten. Prefiera barnices de los siguientes: Sherwin Williams Lazzudur, MIPA C75 O PPG IXELL 70000.

### **3.27. Acerca del agua que se debe usar**

Para el proceso de mezcla de químicos se necesitará agua des ionizada, que es simplemente agua purificada. Es decir, agua sometida a un proceso de purificación de electrolitos por un método llamado osmosis inversa.

### **3.28. ¿Por qué utilizar Agua Des ionizada?**

El proceso químico de cromado requiere una calidad de agua adecuada de tal manera que se evite contaminar con iones no deseados el medio en el cual se deposita el metal en la superficie del objeto. El agua que está libre de iones en un grado correcto se denomina agua des ionizada.

### **3.29. ¿Cómo medir la conductividad del agua?**

Para medir la conductancia o su inverso la resistividad del agua existen los conductímetros de una sensibilidad adecuada.

### **3.30. Proporciones de Mezcla por Componente**

Para preparar los insumos de Pintura Cromada se debe comenzar con estimar el área del objeto que se va a pintar, luego, según el tamaño de este y el tipo de pulverizador que está usando se deberá calcular un desperdicio adicional de producto atomizado que no va a caer sobre el objeto.

El valor de desperdicio ya está calculado en la figura 15 que se muestra a continuación, sin embargo, para objetos de menos de 0,15m<sup>2</sup> el desperdicio aumenta de un 25% a un 50%, por lo tanto, se deberá preparar un extra para cubrir el desperdicio en caso de objetos tan pequeños. Para objetos de área mayor a 0,15m<sup>2</sup> los valores son tal y como se muestran en la figura a continuación.

ÁREA A PINTAR (m <sup>2</sup> )	COMPUESTO C			COMPUESTO G		COMPUESTO R		AGUA DES IONIZADA	SELLADOR	
	C1 (g)	C2 (ml)	A.D. (ml)	G (ml)	A.D. (ml)	R (ml)	A.D. (ml)	A.D. (ml)	SELLADOR	A.D. (ml)
0,3	1,20	18	282	7	293	18	282	600	5	60
0,5	2,00	30	470	12	488	30	470	1000	8	100
0,8	3,20	48	752	19	781	48	752	1600	13	160
1	4,00	60	940	24	976	60	940	2000	16	200
1,2	4,80	72	1128	29	1171	72	1128	2400	19	240
1,5	6,00	90	1410	36	1464	90	1410	3000	24	300
1,8	7,20	108	1692	43	1757	108	1692	3600	29	360
2	8,00	120	1880	48	1952	120	1880	4000	32	400

\* A.D.= Agua Des Ionizada.

Figura 15. Dosificación de compuestos para mezclas

### 3.31. Mezcla de los Componentes Químicos

Se recomienda preparar solo la cantidad de compuestos que se va a utilizar inmediatamente, es preferible no preparar materiales para ser utilizados pasados varios días.

Antes de mezclar los químicos debe tener en cuenta las siguientes normas para una correcta preparación:

- Tener un recipiente con capacidad de entre 500 y 2000ml, con marcas de medición cada 10ml. Este envase va a ser usado exclusivamente para medir agua desionizada.
- Tener listas jeringas rotuladas y de uso exclusivo para cada uno de los componentes (se incluyen en ciertos paquetes como kits o sistemas).
- Se debe tener 1 tanque de uso exclusivo para cada compuesto: C, G, R y Agua Desionizada.

- Los tanques donde se van a mezclar los químicos deben permitir que el preparador pueda agitarlos de manera que los químicos y el agua se mezclen uniformemente. En caso de mezclarlo con un utensilio, este debe ser de material plástico o vidrio.
- Se requiere un matraz o un vaso para la mezcla del compuesto C, puede estar hecho de plástico o cristal y debe tener una capacidad de 250 a 500ml.

Como norma general en el proceso de mezcla de los químicos para formar los Compuestos, se va a sacar en primer lugar la cantidad de agua necesaria en el recipiente de uso exclusivo para agua desionizada.

Es importante siempre en primer lugar, verter en el tanque la cantidad de Agua Desionizada que corresponde a la preparación del Compuesto que se está preparado. Sobre el agua se agregan los Componentes.

### **3.32. Compuesto C**

En un matraz o vaso de cristal o plástico: colocar el “Componente C1” y luego adicionar aproximadamente la cuarta parte del Agua Desionizada. Disolver el “Componente C1” en el Agua Desionizada. Luego adicionar el “Componente C2”. Esto causará que la mezcla se torne color café, pero, mientras se agrega la cantidad completa de “Componente C2” la mezcla se volverá transparente nuevamente. Mezclar bien en el matraz o vaso y luego colocar en el tanque para “Compuesto C” con el resto de Agua Desionizada. Agitar durante 20 segundos.

Este compuesto puede ocasionar manchas en piel, uñas y ojos cuando este en contacto. Manipular con guantes de caucho y gafas protectoras. En caso de ingesta no inducir al vómito, tomar abundante agua, consulte a su médico inmediatamente. En caso de contacto con la piel u ojos, se debe lavar con abundante agua de inmediato.

### **3.33. Compuesto G**

Colocar el Agua Desionizada en el tanque para “Compuesto G”, luego adicionar el “Componente G”. Agitar durante 20 segundos.

### **3.34. Compuesto R**

Colocar el Agua Desionizada en el tanque para “Compuesto R”, luego adicionar el “Componente R”. Agitar durante 20 segundos.

El “Componente R” en estado concentrado no debe entrar en contacto con agua jamás. Verificar que la aguja esté libre de agua al momento de tomarlo del envase para la mezcla.

### **3.35. Sellador**

Colocar el Agua Desionizada en un atomizador manual para “Sellador”, luego adicionar el “Sellador”. Agitar durante 20 segundos.

### **3.36. Agua desionizada**

Colocar el agua desionizada en el tanque para destinado para agua desionizada.

Evitar contaminar los químicos que sobran, tapar correctamente y guardarlos en lugares ventilados, libres de luz solar directa y fuera del alcance de los niños.

### 3.37. Área en objetos comunes

En la figura 16 se puede observar la comparativa que se tiene en cuanto al área superficial de algunos componentes utilizados en el área automotriz.

Objeto		Área (m <sup>2</sup> )
Casco de Motocicleta		0,4
Rin 14"		0,3
Retrovisor de auto		0,15

Figura 16. Ejemplos de áreas en autopartes del vehículo

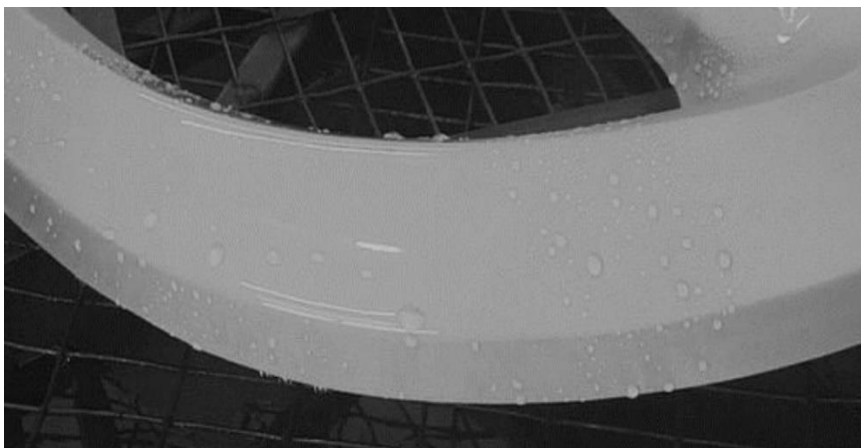
### 3.38. La técnica y pasos para el proceso de cromado

- a. Previo a empezar el proceso el objeto debe haber sido lavado con agua y jabón para retirar cualquier impureza o rastro de grasa, luego debe lavarse con agua des ionizada y por último debe secarse totalmente con aire a presión.
- b. Usar la flama de un soplete alimentado con GLP (Gas Licuado de Petróleo) y flamear la superficie del objeto a pintar. El flameado puede ser de baja o alta intensidad, siempre controlando el no permanecer el tiempo para quemar la capa base o el objeto. Debe aplicarse el fuego hasta que haya desaparecido la tensión superficial del objeto a pintar, esto se lo puede comprobar regando agua común sobre la superficie, si el agua se expande de manera uniforme, quiere decir que la superficie esta húmeda y sin zonas

secas, esto indicará que la tensión superficial ha desaparecido y se puede pasar al siguiente paso.

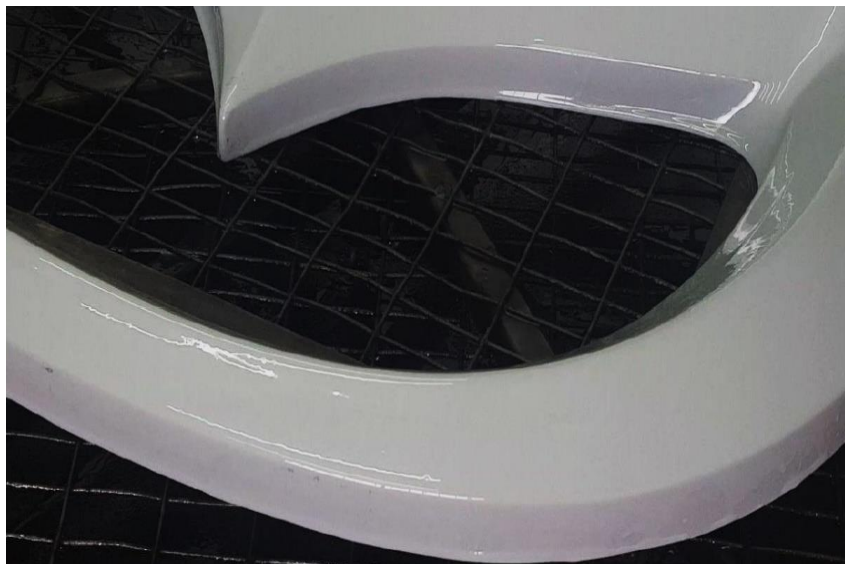
*Cuidado:* no se debe sobre exponer la superficie al fuego ya que esto puede causar que se dañe el acabado de la capa base y hasta el objeto que se va a pintar, el flameado puede ser a baja o alta intensidad siempre controlando el tiempo de exposición de manera que el barniz de la capa base no se quemé.

El agua se mantiene en gotas y existen partes secas por lo tanto el objeto fue incorrectamente humectado, no se ha logrado romper la tensión superficial, se debe secar y volver a flamear hasta que se muestre la tensión superficial mínima, como se muestra en la figura 17.



*Figura 17.* Presencia de humedad en superficie

El agua se extiende uniformemente por la superficie y no se pueden ver partes secas por lo tanto el objeto está correctamente humectado, la tensión superficial está al mínimo tras varias pasadas de flama azul, como se muestra en la figura 18.



*Figura 18.* Disminución de tensión superficial

- c. Bañar al objeto en varias capas consecutivas con toda la ración “Compuesto R” preparado para el área que se pintará y asegurarse que el objeto quede totalmente humectado. El objeto deberá quedar húmedo uniformemente. La presencia de gotas y espacio seco significa que la tensión superficial no se logró vencer en el paso 2, en este caso interrumpir la aplicación del “Compuesto R” repetir todo el proceso.
- d. Inmediatamente después lavar con agua des ionizada todo el objeto. Este lavado realizarlo con la pistola a una distancia de 10 a 20cm de la superficie del objeto. Debe ser un lavado a profundidad, cualquier rastro de “Compuesto R” puede causar manchas color amarillo en el acabado.
- e. Inmediatamente después aplicar el “Compuesto C” y “Compuesto G” simultáneamente sobre el objeto a pintar utilizando la pistola doble boquilla o el spray manual doble cabeza, la pistola o spray debe aplicarse a una distancia de 5 a 10cm de la superficie del objeto. Realizar este proceso uniformemente hasta conseguir el tono cromado que se desea en todo el objeto.



Para mejorar el rendimiento de la pintura, intercalar la aplicación de 10 segundos del “Compuesto C” y Compuesto G” con un tiempo de espera de 10 segundos, en este tiempo los químicos se aprovechan al máximo. Se recomienda lavar con agua desionizada zonas donde se puede apreciar gran acumulación de químicos residuales. Si el objeto es de tamaño medio o grande deberá ayudarse de una o más personas que apliquen agua des ionizada continuamente sobre toda la superficie del objeto, esto con el afán de tener siempre la superficie húmeda y con la tensión superficial al mínimo. Es importante saber que cuando se aplique el “Compuesto C” y “Compuesto G” la superficie debe estar mojada, si durante el tiempo de aplicación se empiezan a quedar secos algunas zonas se pueden causar manchas en el acabado. Continuar el proceso hasta conseguir el tono deseado. No sobrepasarse en la cantidad aplicación del “Compuesto C” y “Compuesto G” una vez alcanzado el tono cromado, solo va a causar desperdicio de químicos.

Es muy importante que la pistola doble haya sido calibrada correctamente en cuanto a la cantidad de químicos y el tamaño del objeto que se está pintando. Aplicar el caudal recomendado en el inciso anterior de Verificación del Sistema o Kit que esté usando, ya que, un caudal excesivo puede causar que el cromado tome un tono amarillento. Cuando se aplica con Pistola Atomizadora Doble Boquilla: Durante la aplicación del “Compuesto C” y “Compuesto G” es crucial verificar que las válvulas de regulación de caudal de los compuestos estén abiertas de manera que se aplique igual cantidad de cada compuesto a la superficie del objeto a pintar.

Si el suministro de químicos a las pistolas es por gravedad: Verificar que las botellas contengan la misma cantidad de cada compuesto y que los respiraderos de los tanques permitan el acceso de aire para permitir a los químicos bajar libremente hasta las pistolas.

- f. Lavar el objeto con agua des ionizada. Este es un lavado a profundidad.
- g. Aplicar el sellador. Se aplica usando un atomizador manual.

Colocar una capa sobre todo el objeto y esperar de 15 a 30 segundos.

- h. Lavar el objeto con agua des ionizada. Este es un lavado leve y con la pistola alejada de 30 a 50cm de la superficie del objeto.
- i. Secar el objeto con aire a presión hasta retirar todo rastro de agua o humedad.

Después de este proceso se recomienda secado con aire con una pistola de calor. Cuidado con quemar el barniz, el objetivo es no es más que evaporar cualquier rastro de agua.

*Importante:* Evitar tocar el objeto con las manos o guantes en cualquier instante del proceso, esto podría causar defectos en el acabado.

### **3.39. Medidas de Seguridad**

Asegurarse de contar con todos los elementos de seguridad:

- Guantes de caucho
- Mascarilla de gases orgánicos
- Gafas protectoras.

### 3.40. Diagrama de procesos de la aplicación de pintura cromada

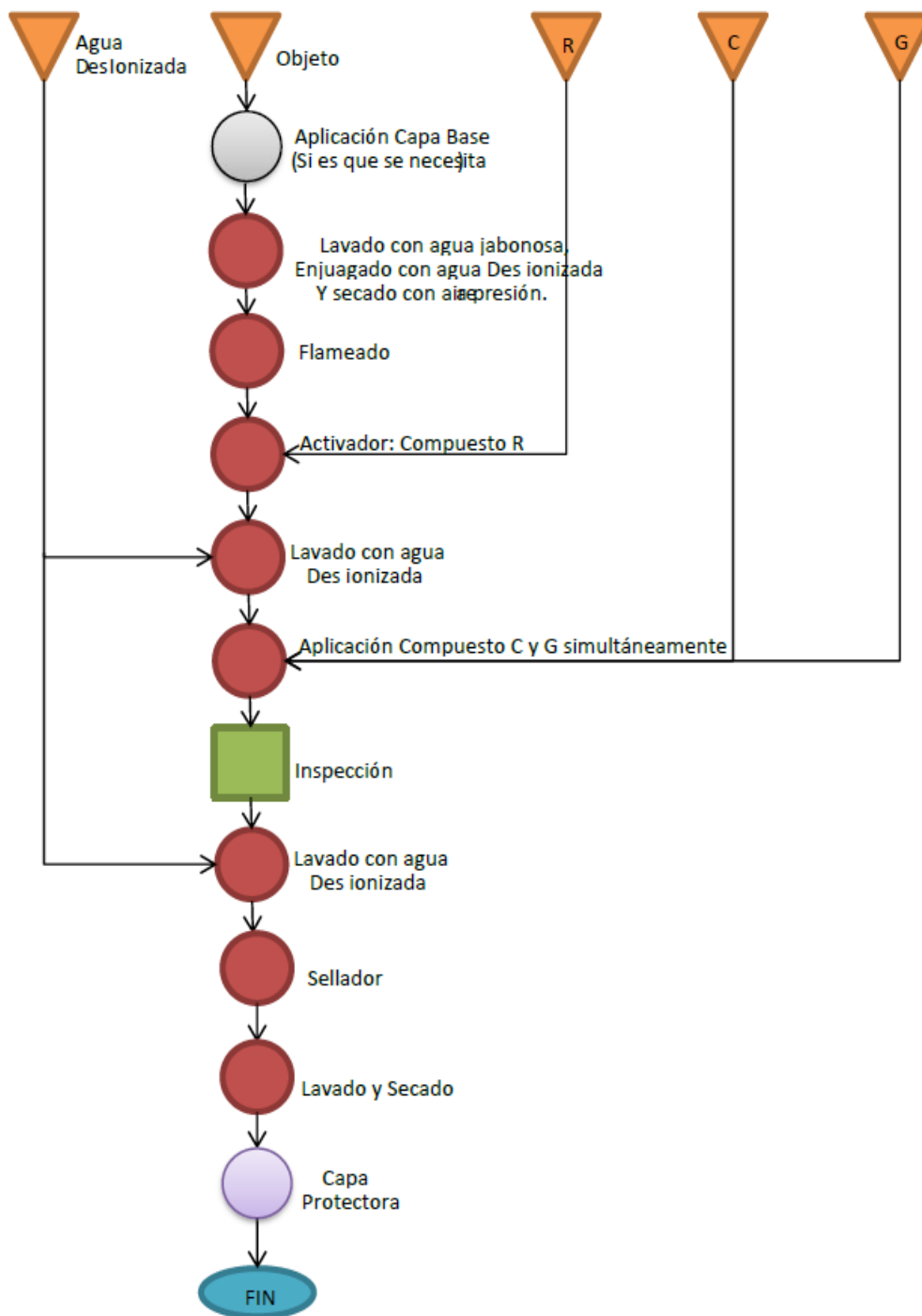


Figura 19. Diagrama del proceso de cromado por pintura cromada

### **3.41. Capa protectora**

La capa protectora es Barniz de Poliuretano, que va a proteger al acabado final, se debe aplicar en un tiempo de 2 horas o más después del cromado, lo ideal es un máximo de 4 horas.

Además, el color final del acabado se va a definir en esta capa.

El barniz de esta capa es un compuesto basado en 3 elementos: Barniz Transparente, Catalizador y Disolvente de Poliuretano. Las proporciones deben ser dadas por el fabricante.

El compuesto resultante de la mezcla de las partes se aplica mediante la pistola atomizadora estándar con aire a presión. El barniz de poliuretano es de alta duración, calidad y muy resistente a ataques químicos y mecánicos.

### **3.42. Acabado en Color Cromo**

El color efecto cromo es el más difícil de obtener desde el punto de vista de la técnica de aplicado del barniz.

Cuando se aplica barniz de poliuretano al objeto cromado, este produce un efecto visual que cambia el color del cromado a un color amarillo, pero esto se puede corregir. El color dorado producido por el contacto del barniz con el cromado se neutraliza usando un tinte. Este tinte tiene por nombre en el mercado de TINTE VIOLETA.

Para conseguir el efecto cromo, el barniz usado para la capa protectora se deberá mezclar con TINTE VIOLETA - PSB25X4AVX1 en una proporción del 3% al 5% del peso de la mezcla de barniz. Si no se usa esta mezcla, el objeto adquiere un tono amarillento tras finalizar la aplicación de la capa protectora.

Un ejemplo de uso del tinte violeta para color cromo es el siguiente: Si se usa 50gr de barniz de poliuretano ya mezclado, es decir barniz, catalizador y disolvente, este se deberá mezclar con 2gr de tinte de color violeta que equivale al 4% de la mezcla total.

El poliuretano con tinte violeta se debe aplicar en las capas suficientes para que neutralice el color amarillo producido, pero no sobrepasarse para no producir que el cromado se vea color violeta, solo se debe de aplicar hasta que se alcance el tono cromado requerido. Por esta razón es de vital importancia el ambiente de trabajo detallado.

Agitar el tinte violeta antes de usar. Si este se ha secado o se nota muy espeso diluir con una pequeña cantidad de disolvente de poliuretano de tal manera que quede 3 partes del tinte seco o espeso y 2 partes de disolvente de poliuretano.

### **3.43. Acabado en Colores Diferentes al Cromo**

Si se desea dar colores metálicos al acabado del objeto, como por ejemplo dorado, bronce, cobre, rojo, azul, verde, violeta, etc., se deberá usar los tintes base.

Los tintes se mezclan conjuntamente con el barniz de la “Capa Protectora”, en una concentración entre un 0,5% y 10% del peso total de la mezcla preparada de “Capa Protectora”.

A partir de los colores base se puede obtener cualquier color que se desee excepto el color negro que se vende por separado.

En la figura 20: “Mezcla de colores básicos.” se explica la manera de mezclar los tintes para obtener diferentes colores efecto cromo. La forma en cómo se estructuran los colores es mezclando los 3 colores base que se muestran en el centro. Por ejemplo, si se requiere un color Anaranjado, se deberá mezclar los tintes base Amarillo y Rojo hasta obtener el tono anaranjado deseado, mientras más amarillo el anaranjado será más claro, mientras más rojo el anaranjado será más oscuro. La mezcla de los 3 colores base dará como resultado el color café.



Figura 20. Pantógrafo

### 3.44. Aplicación

Antes de aplicar el barniz de la capa protectora, aplicar aire caliente nuevamente a la superficie cromada, esto ayuda a retirar cualquier rastro de humedad que haya quedado por el ambiente.

El proceso de barnizado se debe realizar por capas: la primera y segunda capa son capas secas, es decir se aplica un atomizado con la válvula de caudal de la pistola casi cerrada y la pistola a una distancia de 50cm del objeto. Estas 2 capas tienen un tiempo entre ellas de 10 minutos.

La tercera y capas posteriores se aplican tras 30 minutos de la segunda capa seca. Desde la tercera en adelante son capas húmedas, es decir brillantes. El objetivo es darle brillo al acabado. Se aplican con la pistola a una distancia corta, típicamente de 10cm (puede variar según la pistola, boquilla, humedad, barniz y catalizador).

Si el acabado deseado es color cromo se podrá notar al inicio de la colocación de la capa protectora que el cromado se torna amarillento, esto se eliminará colocando la capa de barniz con el espesor suficiente para que el tinte violeta que está mezclado con el barniz anule el color amarillo y muestre el color cromo.

*Cuidado:* de sobrepasarse con la aplicación del barniz con tinte violeta, el objeto ira tomando cada vez un tono más violeta y el daño será irreparable.

### **3.45. Regulación pistolas**

1. Leer el documento de instrucciones de uso de cada sistema antes de empezar, en ese documento se detalla cómo empezar a usarlo, mantenimiento, funcionamiento, limpieza.
2. Verificar que el filtro de aire se encuentre funcional y mantenga el aire libre de agua y aceite.
3. Pistolas Simples:
  - a. Limpiar con agua des ionizada las pistolas después de usar.
  - b. Cerrar las llaves de paso de los químicos en cada pistola inmediatamente después de usar.
  - c. Ajustar el abanico de pulverización de cada pistola de acuerdo a la forma del objeto a pintar.
  - d. Calibrar el caudal de las pistolas simples en un rango de 70 a 100 ml en 20 segundos.
  - e. Ajustar la presión de aplicación en un rango de 10 a 20PSI.
4. Pistola Doble:
  - a. Limpiar con agua des ionizada las pistolas después de usar.
  - b. Llenar con agua des ionizada para el ajuste del abanico de pulverización, fijar el abanico de la pistola de manera que los 2 químicos se encuentren en el aire y se unan formando un solo abanico direccionado.

- c. Calibrar el caudal de ambas boquillas de 30 a 50ml en 20 segundos en cada una para objetos pequeños y medianos, de 50 a 100ml en 20 segundos en cada una para objetos grandes (tamaño mayor a 1 metro cuadrado). El caudal debe ser igual en ambas boquillas. La calibración se puede hacer con agua des ionizada. La calibración de la pistola es crucial para conseguir que el proceso se realice satisfactoriamente, en caso de no calibrar la pistola el resultado del acabado mostrará fallas. Aplicar un caudal excesivo a un objeto resultará en un cromado amarillento.
5. Verificar que todos los tanques estén debidamente asegurados y con la cantidad de químicos necesaria para cromar el objeto deseado.
6. Identificar cada pistola y a que químico corresponda para no cometer errores durante la aplicación.
7. Verificar que el objeto a pintar este correctamente sujeto y las zonas que se van a pintar sean de fácil acceso, ya que una vez que se empiece con el proceso el objeto no se deberá tocar.
8. Verificar que se utilicen guantes, mascarilla y gafas de seguridad.
9. La distancia de aplicación de las pistolas de Agua y R es de 10 a 20cm de la superficie del objeto a la boquilla de la pistola y de la pistola doble de C y G es de 10cm de la superficie del objeto a la boquilla de la pistola.

### **3.46. Preparación de la superficie plástica**

Según (Dominguez, 2018) dice: “Los problemas principales al momento de preparar una superficie en plásticos son principalmente de adherencia y de elasticidad, para lo cual se



debe emplear limpiadores especiales para plásticos y limpiadores antiestáticos. Para completar el proceso de adherencia es necesario emplear imprimación adherente apropiada para plásticos antes de aplicar un recubrimiento y en el caso de los productos elastificantes, estos deben ir con las porciones adecuadas de catalizador según lo establecido por el fabricante”.

### **3.47. Preparación de superficies plásticas previo a la aplicación de un recubrimiento**

El proceso general referente a la preparación de una superficie plástica de una pieza antes de aplicar un recubrimiento, al igual que el de pintado de piezas de chapa, se divide en pintura de preparación y pintura de acabado. Las pinturas de preparación o fondo tienen como objetivo favorecer la adherencia entre el sustrato y el revestimiento del recubrimiento, nivelar la superficie y preparar la misma para la aplicación del recubrimiento de acabado. En función del estado en el que se encuentren las piezas de plástico, los procesos de preparación presentan algunas diferencias, distinguiendo los siguientes estados:

### **3.48. Pieza nueva pre imprimada**

Se trata de piezas nuevas a las que se les ha aplicado en origen una capa de imprimación-aparejo. Su proceso de pintura de preparación es el siguiente:

1. Limpieza, soplado y desengrasado. Para eliminar el polvo y suciedad que han podido acumular las piezas durante su almacenamiento y transporte, se realiza un soplado y desengrasado de la pieza con disolvente de limpieza y papel o trapos exentos de deshilados. Como disolvente desengrasante puede emplearse uno básico general, ya que se está trabajando sobre una superficie pintada como se muestra en la figura 21.



*Figura 21.* Preparación de superficie plástica

2. Matizado de la imprimación-aparejo. Con el objetivo de favorecer la adherencia de la siguiente capa de pintura, se realiza un matizado con abrasivo tridimensional o esponjas abrasivas.
3. Limpieza, soplado y desengrasado.
4. Enmascarado de las zonas precisas. Si la pieza precisa un recubrimiento parcial debiendo proteger algún elemento o parte del mismo que no deba ser recubierta, éste se cubrirá con cintas carroceros y papel o plástico de enmascarado.
5. Aplicación del recubrimiento de acabado. En principio, el recubrimiento de acabado se puede aplicar directamente sobre la imprimación-aparejo de origen tras su matizado, siempre y cuando no se precise un fondo de tonalidad distinta a la de esta imprimación para conseguir una buena cubrición y tonalidad con la pintura de acabado. En este caso, se aplicaría un aparejo con elastificante o uno específico para plásticos de la tonalidad adecuada y mediante un proceso húmedo sobre húmedo.

### **3.49. Pieza nueva sin imprimir**

Se trata de piezas nuevas que se suministran con el plástico en bruto (pieza no imprimada). Su proceso es el siguiente:

1. Limpieza, soplado y desengrasado. Para eliminar el polvo y suciedad que han podido acumular las piezas durante su almacenamiento y transporte, se realiza un soplado y desengrasado de la pieza con disolvente específico para plásticos, ya que su composición química no deteriora los materiales plásticos y suelen incorporar aditivos antiestáticos. Una correcta limpieza es fundamental para garantizar la adherencia con el sustrato plástico. Por lo que, en algunos casos, dependiendo de los desmoldeantes o aditivos empleados, es recomendable llevar a cabo después un temperado de la pieza, sometiéndola a una hora de secado a unos 60°C, aprovechando, por ejemplo, cuando en la cabina se esté secando otra pieza o vehículo. Este calentamiento favorece la salida de desmoldeantes internos y oclusiones de aire que pueden originar problemas de adherencia y de acabado. Después, se vuelve a realizar la limpieza con disolvente específico para plásticos y se espera hasta su completa evaporación.
2. Matizado del plástico. En la superficie del plástico a pintar se realiza un matizado con abrasivo tridimensional o esponjas abrasivas para favorecer la adherencia.
3. Limpieza, soplado y desengrasado. Con disolvente específico para plásticos y papel o trapos exentos de deshilados.
4. Enmascarado de las zonas precisas.
5. Aplicación de imprimación de anclaje. Se aplica la imprimación de anclaje o promotor de adherencia sobre la superficie de plástico que deba ser pintada. En algunos plásticos, como el polietileno (PE) o polipropileno (PP), debido a su baja tensión superficial, se dice que es necesario realizar un flameado, con llama oxidante rica en oxígeno, antes de su pintado, sin embargo, puede que este proceso no se realice correctamente, provocando deterioros en el material, por lo que, en general, se aconseja la aplicación de la imprimación.

6. Aplicación del aparejo. Se aplica aparejo acrílico 2K al que se le ha añadido aditivo elastificante según la flexibilidad de la pieza, o una imprimación-aparejo 2K específica para plásticos con la que, generalmente, no es precisa la aplicación previa de imprimación de anclaje ni la adición de elastificante. Al tratarse de piezas nuevas se realiza una aplicación húmedo sobre húmedo que permita agilizar el proceso.
7. Aplicación de la pintura de acabado como se muestra en la figura 22.



*Figura 22.* Aplicación de aditivos atomizados

### **3.50. Piezas dañadas superficialmente o sin daños**

Piezas que precisan un repintado debido a pequeños arañazos, pérdida de brillo, difuminado, etc., en las que el proceso de preparación o aplicación de fondos es mínimo. En el caso de piezas sin daños, es decir, pintado por difuminado o recuperación del brillo (piezas pintadas), el proceso es el siguiente:

1. Limpieza general. Eliminación, mediante agua y jabón, del polvo y barro que pueda llevar la pieza.
2. Limpieza, soplado y desengrasado. Soplado y desengrasado de la pieza con disolvente de limpieza y papel o trapos exentos de deshilados. En principio, el disolvente de limpieza no es necesario que sea específico para plásticos ya que se aplica sobre pintura y no sobre plástico en bruto.
3. Matizado de la superficie a repintar. Se realiza un matizado que proporcione la rugosidad adecuada para la aplicación de la pintura de acabado. Éste se realiza con abrasivo tridimensional, esponjas abrasivas o con lijas de granulometría P400 si el acabado es monocapa o P500 – P600 para acabados bicapa como se muestra en la figura 23.



*Figura 23. Metalizado sobre superficie plástica*

4. Limpieza, soplado y desengrasado.
5. Enmascarado de las zonas precisas.
6. Aplicación de la pintura de acabado.

En el caso de tratarse de piezas con arañazos, el proceso dependerá de su profundidad, pudiendo precisar los mismos pasos que los descritos para piezas sin daño, es decir, únicamente la aplicación de pintura de acabado cuando son muy superficiales, o precisando la aplicación de aparejo elasticado para nivelar la superficie cuando son más profundos. En piezas con arañazos muy profundos, o cuando la pieza presenta varios repintados anteriores, el proceso será similar al de una pieza de plástico reparada, precisando también la aplicación de masilla para plásticos.

### **3.51. Piezas reparadas**

Piezas que precisan ser repintadas tras un proceso de reparación que implica necesariamente un repintado, ya sea ésta una pieza de plástico pintada o sin pintar, restituyendo el acabado original de la pieza.

1. Limpieza general. Eliminación, mediante agua y jabón, del polvo y barro que pueda llevar la pieza.
2. Limpieza, soplado y desengrasado. Tras el proceso de reparación de la pieza de plástico, la superficie sobre la que se trabaja presenta zonas de plástico descubierto. De manera que tras el soplado, se realiza un desengrasado con disolvente específico para plásticos en estas zonas, pudiendo emplear un desengrasante básico general en el resto si la pieza va pintada. En el caso de piezas con acabado texturado, esta limpieza se realiza con ayuda de abrasivo tridimensional.
3. Lijado de bordes. Se realiza un lijado de bordes con lijas de granulometría P150-P220, abrasivo tridimensional o esponjas abrasivas como preparación para la aplicación de la masilla.

4. Limpieza, soplado y desengrasado. Nuevamente soplado y desengrasado con disolvente específico para plásticos y papel o trapos exentos de deshilados.
5. Aplicación de imprimación de anclaje como se muestra en la figura 24. Aplicación de imprimación de anclaje o promotor de adherencia en las zonas de plástico descubierto para favorecer la adherencia de la masilla sobre el sustrato de plástico. Algunos fabricantes indican que su masilla para plásticos no precisa la aplicación previa de esta imprimación pues la masilla por sí misma presenta adherencia sobre el plástico. En este caso no sería necesario este paso.



*Figura 24. Aplicación de anclaje*

6. Aplicación y lijado de la masilla con lija P180 como se muestra en la figura 25. Se aplica una masilla específica para plásticos o una masilla ligera que se adapte a la flexibilidad de la pieza. Tras el secado y endurecimiento de la masilla se procede a su lijado, con lijas de granulometría P180-P240, procurando no originar mucho calor en las zonas circundantes del plástico. En zonas de difícil acceso se emplea abrasivo tridimensional o esponja abrasiva. Es posible que se precise una segunda aplicación, en cuyo caso se repetirán los pasos 4, 5 y 6.



*Figura 25. Lijado de masilla en superficie plástica*

7. Matizado de la superficie a aparejar. Para garantizar la adherencia de la siguiente capa de pintura, el aparejo, se realiza un matizado de la superficie circundante de la masilla y del resto de la superficie sobre la que deba aplicarse el aparejo, empleando lijas de granulometría P240-P360, abrasivo tridimensional o esponjas abrasivas.
8. Limpieza, soplado y desengrasado.
9. Enmascarado de las zonas precisas.
10. Aplicación de imprimación de anclaje. En las zonas en las que se vaya a aplicar aparejo y haya quedado plástico al descubierto, se aplica imprimación de anclaje.
11. Aplicación del aparejo. Se aplica un aparejo 2K con aditivo elastificante de manera que la flexibilidad del recubrimiento se adapte a la de la pieza.
12. Lijado del aparejo. Tras el completo secado del aparejo, se realiza su lijado comenzando con lijas de granulometría P360 y a continuación con P400 para acabados monocapa o texturado y P500-P600 para acabados bicapa. Además del aparejo, se realiza un lijado de toda la superficie que deba recibir el recubrimiento con P400 (monocapa), P500-P600 (bicapa), abrasivos tridimensionales y esponjas abrasivas.



13. Limpieza, soplado y desengrasado.

14. Enmascarado de las zonas precisas.

15. Aplicación del acabado.

Estos procesos corresponden a recubrimiento de piezas flexibles. En el caso de piezas de plástico rígidas, como por ejemplo las de SMC o poliéster con fibra de vidrio, no se precisa la aplicación de imprimación de anclaje, ya que no tienen problemas de adherencia, ni la adición de elastificante o pinturas flexibles como masillas o aparejos, ya que se trata de plásticos rígidos. Su proceso se asemeja más al de pintado de piezas de chapa, excepto por no precisar imprimaciones anticorrosivas.

## CAPÍTULO IV: CONTROL DE LAS ETAPAS DEL PROCESO

### 4.1. Preparación de superficie plástica de uso automotriz

Luego de determinar que el mejor proceso para recubrimiento de superficies plásticas de aplicación automotriz es el denominado Pintura Cromada, se procede a continuación a describir paso por paso la secuencia de la parte práctica, pero considerando que la preparación de la superficie no es parte de este caso si no como se detalla en el capítulo anterior es un procedimiento muy aparte. Por lo tanto, la secuencia del proceso de pintura de cromado es el siguiente:

- a. Para evitar que no existan agentes contaminantes en la superficie plástica se procede a eliminar residuos de grasa con la ayuda de un desengrasante con agua y detergente común para superficies plásticas, como se muestra en la figura 26.



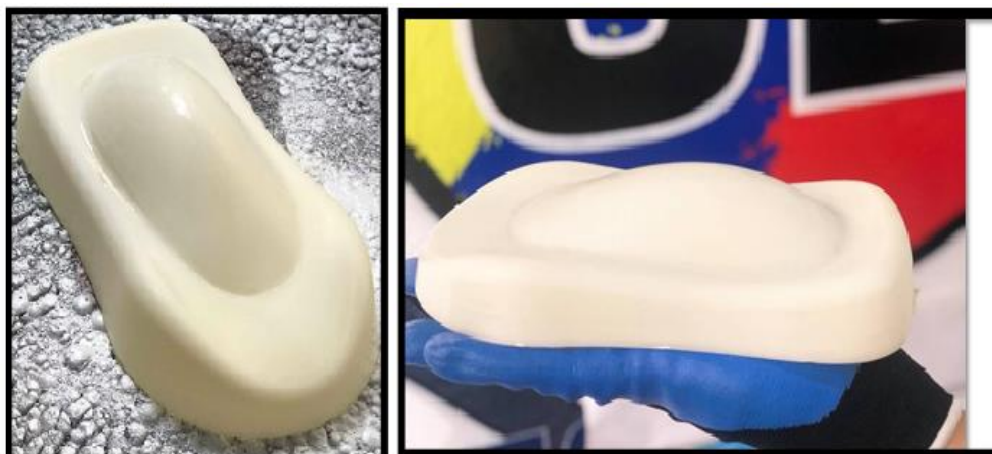
Figura 26. Eliminación de residuos sobre superficies plásticas

- b. Posteriormente se procede a lijar la superficie de la pieza con un abrasivo P1000 como se muestra en la figura 27, esto permitirá eliminar el brillo primitivo del elemento con la ayuda de agua.



*Figura 27. Lijado de superficie*

- c. Lo que se adquiere con el lijado de la pieza es eliminar el brillo original de la superficie ya que este no permite que penetre los elementos químicos y a su vez se coloca un adherente Maxytone M3-10 Plastic Primer, para mejorar el anclaje del cromado, como se muestra en la figura 28.



*Figura 28. Eliminación de brillo*

- d. Una vez lijada la superficie, se procede a poner el adherente plástico Maxytone M3-10 Plastic Primer, sobre la pieza y para este proceso existen dos procedimientos que dan el mismo resultado que es el de aplicación por spray o con compresor y pistola, se debe tomar en cuenta que si se suprime este paso, al momento de proceder con el cromado la pintura no se va adherir correctamente y procederá a descascararse y el cromado no penetrará en la

pieza por o que, el adherente ayuda a que el cromado se adhiera en la pieza y tenga una mejor impresión. En la figura 29, se puede apreciar claramente la consecuencia de una mala adhesión del recubrimiento producido por una incorrecta preparación de la superficie plástica y falta de adherente y el cromo no podrá introducirse en los poros.



*Figura 29.* Fallas de adhesión de cromado

En la figura 30 se muestra el tipo de adherente Maxytone M3-10 Plastic Primer, que se utilizó para el proceso de cromado por pintura en el presente estudio.



*Figura 30.* Adherente utilizado en el proceso

Según (MAXITONE, 2018) dice que “tiene las siguientes características: Imprimación transparente de secado rápido de un solo componente, utilizada para promover la adhesión del sistema de pintura a las piezas de plástico. Sustratos: piezas de plástico como polipropileno PP, plástico duro PA, polietileno PE”.

Luego de establecer las porciones recomendadas por el fabricante o preestablecida en la figura 15, se procede a atomizar el adherente sobre la superficie de manera uniforme como se muestra en la figura 31.



*Figura 31. Atomización del adherente*

- e. Después de haber aplicado el adherente se procede a colocar el fondo poliuretano teniendo en cuenta la proporción, la misma que va a depender del fabricante de dicho producto y sus especificaciones técnicas que son: 7 partes de volumen de Primer 710, una parte de volumen de endurecedor H71, 10% en volumen de diluyente Poliuretano / Poliéster (Para relleno), 20% en volumen de diluyente para Poliuretano / Poliéster (Para acabados), como se muestra en la figura 32 , también existen otras dos maneras de aplicar que es con compresor

o con spray que directamente se encuentra preestablecida, pero para este estudio se lo realizó con atomizador, así mismo se toma en cuenta que el tiempo de reposo que se debe llevar a cabo después de la aplicación del fondo se encuentra en un rango de 4 a 5 horas.



Figura 32. Fondo poliuretano

- f. Luego de aplicar el fondo poliuretano se procede a colocar el barniz poliuretano sólido como se muestra en la figura 33 y que toca tener en cuenta las porciones correctas que indiquen las especificaciones técnicas del fabricante, la función que cumple este barniz es la de dar un brillo especial a la pieza al momento de cromar formando de esta manera un efecto tipo espejo a la pieza, para este proceso se requiere de un tiempo de secado de 24 horas a la intemperie, esto ayudará a conseguir un proceso de cromado de alta calidad y una mayor eficiencia de trabajo.





Figura 33. Barniz poliuretano

Una vez que se encuentre lista la mezcla, 7 partes de volumen de Primer 710, una parte de volumen de endurecedor H71, 10% en volumen de diluyente Poliuretano / Poliéster (Para relleno), 20% en volumen de diluyente para Poliuretano / Poliéster (Para acabados), esta debe ser colocada en toda la superficie del elemento en recubrir con el ayude de un atomizador como se muestra en la figura 34.



Figura 34. Atomización de barniz poliuretano

Así mismo se puede utilizar para este proceso un barniz poliuretano que dentro de su presentación se encuentra en el mercado en forma de spray, como se muestra en la figura 35.



*Figura 35.* Barniz poliuretano en spray

En la siguiente figura 36 se muestra la aplicación de barniz poliuretano el mismo que debe cubrir toda la superficie de la pieza, así como su uniformidad en la capa colocada.



*Figura 36.* Pieza plástica con recubrimiento de barniz poliuretano



- g. Luego de ser aplicado el barniz se continua con el proceso dejando la pieza bajo un lapso de 20 minutos de secado antes de cromarla, como se muestra en la figura 37.



*Figura 37. Secado de barniz poliuretano*

#### **4.2. Preparación y medición de compuestos para pintado de cromado**

- h. Antes de continuar con el proceso de cromado se debe realizar el cálculo correspondiente al área que se va a cubrir dependiendo de la pieza y bajo esas condiciones aplicamos los cálculos correspondientes para obtener las porciones que nos indica la figura 15 y que los elementos físicos se muestran en la figura 38.



*Figura 38. Compuestos para pintura de cromado*

Así también se tiene que tener en cuenta cada uno de los recipientes que se van a utilizar para evitar contaminación en los compuestos como se muestra en la figura 39, los cuales con normalidad pueden ser de plástico o cristal.



Figura 39. Recipientes individuales para cada compuesto

Para la aplicación de los compuestos de cromado se utilizan atomizadores de capacidad de un litro, para cada compuesto como se muestra en la figura 40, tomando en cuenta su bajo costo por motivos que no es una aplicación industrial o en volúmenes grandes de producción.



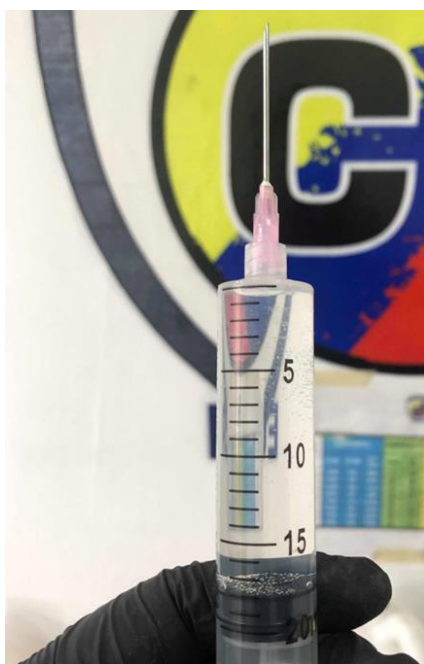
Figura 40. Atomizadores independientes para compuestos

Para el caso de medición de cantidades del producto especificado por la figura 15, esta es medida con la ayuda de una gramera digital de alta precisión como se indica en la figura 41.



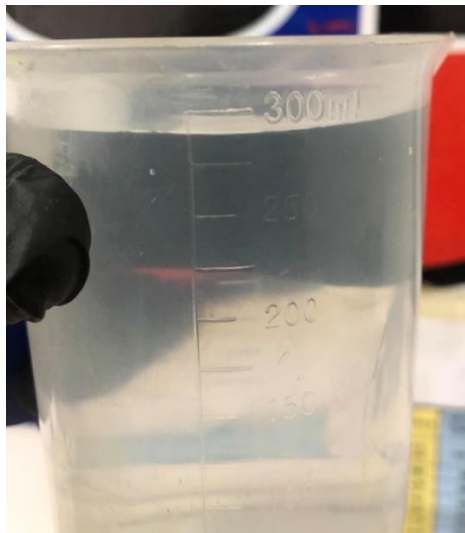
*Figura 41.* Gramera para pesaje de compuestos

A continuación, procedemos a medir lo preestablecido en la figura 15 y de acuerdo al tamaño de la pieza, el activador de plata con una jeringa en que contenga una escala en ml y luego de medirlo lo pondremos en el envase del compuesto C como se indica en la figura 42.



*Figura 42.* Medición de activador

Una vez obtenido las medidas del resto de componentes químicos se procede a medir el agua desionizada con un dosificador que tenga una escala en ml, como se muestra en la figura 43.



*Figura 43.* Medición de agua desionizada

Una vez que se tiene las medidas se procede a mezclarlas en un solo recipiente y de esta manera se obtiene el primer compuesto que se aplicará en la pieza a ser cromada como se muestra en la figura 44.



*Figura 44.* Mezcla de obtención de compuesto

El mismo procedimiento repetimos para la obtención de las mezclas faltantes como lo es el compuesto R, compuesto G, medida de agua desionizada, el sellador, teniendo nuevamente en cuenta que cada uno debe ser mezclado en recipientes individuales. También se tiene que tener cuidado de no utilizar agua mineralizada por motivos que esta contiene sales y minerales que afectan directamente al proceso de cromado, por este motivo se recalca la utilización de agua desionizada como se muestra en la figura 45, y que es común encontrarla en el mercado siendo también como agua destilada.



*Figura 45.* Agua desionizada

A continuación, se procede a colocar cada compuesto en su respectivo atomizador como se muestra en la figura 46.



*Figura 46.* Llenado de compuesto en atomizador

De esta manera se tienen listos los atomizadores por separado e identificados como se muestra en la figura 47, para ser colocado sobre la pieza a cromar.



Figura 47. Atomizadores con compuestos obtenidos

### 4.3. Aplicación de pintura de cromado en pieza automotriz

Luego de tener preparada la superficie a ser recubierta por el cromado y listos cada uno de los compuestos se procede a realizar el proceso de la siguiente manera:

- a. Con la ayuda de cualquier aditivo desengrasante se procede a eliminar cualquier presencia de grasa de la superficie a ser cubierta por el cromado y posteriormente realizar un lavado con jabón líquido y abundante agua como se muestra en la figura 48.



Figura 48. Lavado de primer capa de cromado



- b. Procedemos ha atomizar la suficiente cantidad el agua desionizada para así eliminar cualquier presencia de jabón líquido o agua mineralizada que pudiese haber quedado del paso anterior, como se muestra en la figura 49.



*Figura 49. Atomización de agua desionizada*

- c. Con la ayuda de un secador se procede a secar la pieza para eliminar cualquier presencia de agua ionizada del paso anterior como se muestra en la figura 50.



*Figura 50. Secado de residuos de agua desionizada*

- d. Ahora se procede aplicar un proceso de flameado que permite romper la tensión del barniz y así obtener en el proceso un mejor agarre del cromado, y para explicar sobre el flameado, no es más que con la presencia de fuego generada por una pistola dar calor a la superficie de la pieza a cromar, pero esto procedimiento debe estar bien realizado se podrá continuar con el siguiente paso, caso contrario se debe repetir el proceso de flameado con el tiempo necesario hasta que se caliente toda la superficie de manera uniforme, como se muestra en la figura 51.



*Figura 51.* Flameado de pieza

- e. Luego de esto procedemos aplicar el compuesto R lo que permitirá activar los poros del barniz para un mejor agarre, como se muestra en la figura 52.



*Figura 52.* Atomización de compuesto R



- f. Luego de aplicar el compuesto R retiramos los sobrantes con agua desionizada o destilada a través de lavada profunda, como se muestra en la figura 53.



*Figura 53.* Eliminación de residuos de compuesto R

- g. En este proceso se empieza a notar el color cromo que se obtiene mediante el choque del compuesto G y compuesto C, el cual se realiza en forma circular y uniformemente para no desperdiciar o mal gastar el compuesto químico.
- h. Luego del paso anterior se vuelve a lavar con agua desionizada, para así eliminar residuos de los componentes de cromo, como se muestra en la figura 54.



*Figura 54.* Eliminación de residuos de compuesto G y C

- i. Posteriormente se aplica el sellador de cromo el cual dará el efecto de cromado y lo que se logrará es la protección en el tiempo de secado del cromo como indica la figura 55, por un lapso de 20 minutos.



*Figura 55. Atomización de sellador*

- j. Proceder a lavar nuevamente la pieza con abundante agua desionizada o destilada para de esta manera eliminar residuos del sellador, como se muestra en la figura 56.



*Figura 56. Eliminación de residuos de sellador*

- k. Una vez lavada la pieza cromada se procede al secado para retirar residuos de agua y mejorar así su acabado superficial como se muestra en la figura 57, por un lapso de 20 minutos.



*Figura 57.* Obtención de pieza plástica cromada

- l. Finalmente se deja reposar por un tiempo de 30 minutos el objeto, para luego poner una capa protectora de barniz poliuretano, el cual garantizara una larga duración del objeto que en promedio está en un rango de 2 a 5 años dependiendo las condiciones de aplicación.

#### **4.4. Resultado del proceso**

Bajo los resultados obtenidos en el presente proyecto investigativo nos arroja de manera cualitativa la forma con que una superficie plástica y bajo el proceso adecuado esta puede ser cromada con una alta calidad del recubrimiento, para ser aplicada en la industria automotriz.

#### **4.5. Análisis e interpretación de resultados**

A través del presente estudio los resultados obtenidos de manera cualitativa, demuestran que la pintura tipo cromo se encuentra estructurada por tres capas de recubrimiento como lo es el fondo, barniz y por medio de los compuestos químicos propios del proceso la generación de una reacción química denominada redox de Tollens, que sobre todo es provocado por el complejo amoniacal de plata, que en definitiva es lo que genera el aspecto de cromado; la aplicación de este proceso requiere de un sistema neumático que por medio de un efecto Venturi y a una presión de 2 a 4 bar genera la atomización de los compuestos y una fuente calorífica menor a 50°C para las fases de secado o flameado sobre las superficies de las piezas.

La calidad de este tipo de recubrimiento sobre superficies plásticas se encuentra bajo la aplicación de cinco manos de capa protectora y como resultado se tiene un acabado tipo espejo con una reflexión de 80%, una adherencia al impacto del 100% y una resistencia al ataque químico sobre este tipo de superficie del 95%.

La metodología que se obtuvo con parámetros eficaces como caudal, temperatura de trabajo, presión, distancia de aplicación y relación de mezcla de los compuestos.

En definitiva, en un análisis global de lo investigado se determina que este proceso de cromado sobre superficies plásticas se genera a un costo económico en comparación a otros y con un acabado aceptable.

## CONCLUSIONES

Por medio del presente estudio se realizó la búsqueda del mejor proceso de cromado para el recubrimiento de superficies plásticas que se utilizan en la industria automotriz por lo que se concluyó que este era el denominado Pintura de Cromo, que consiste en trabajar con un conjunto de compuestos químicos y bajo una secuencia de aplicaciones para lograr el objetivo establecido.

También se logró conocer los porcentajes exactos como se indicó en la figura 15 del presente proyecto y las formas de mezclas que se llevan a cabo para cada una de las producciones de los compuestos que deben aplicarse en el proceso de cromado teniendo en cuenta dos factores principales como lo son las especificaciones del fabricante y el área del objeto a ser recubierto por el cromado.

Así mismo se aplicó el procedimiento de tratamiento de superficies plásticas y las condiciones con las que esta debe constar para posteriormente aplicar el proceso de cromado y poder llevar a cabo su demostración práctica.

## RECOMENDACIONES

Dentro del proceso de cromado existen algunas recomendaciones que son de suma importancia para que este sea de calidad como son las siguientes:

- Previamente contar con una correcta preparación de la superficie plástica a ser cromada y libre de impurezas y rastros de grasas.
- Asegurarse estrictamente en cada una de las especificaciones de los productos químicos a ser utilizados en el proceso ya que estos suelen tener mínimos cambios entre marcas que afectan directamente al proceso, así como tener en cuenta la exactitud en la medición de cada uno de los compuestos o productos.
- Tener presente el tiempo que se requiere entre fase y fase para que los compuestos trabajen de manera correcta para lograr el objetivo de cromado de superficies plásticas.
- Los envases y atomizadores deben ser independientes para cada uno de los compuestos caso contrario por cualquier presencia de contaminación el proceso sería afectado y no se alcanzaría el objetivo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Autocasion. (11 de Octubre de 2016). *Autocasion.com*. Obtenido de <https://www.google.com/search?sxsrf=ACYBGNQv1v8vN66fcS9LvL3z5JiFL-mvaQ%3A1570634502649&ei=BvudXdCdJ8yy5gKc14vYBA&q=autocasion+En+la+actualidad+el+porcentaje+de+pl%C3%A1sticos+utilizados+&oq=autocasion+En+la+actualidad+el+porcentaje+de+pl%C3%A1sticos+utili>
- Chering yi hsing. (2019). *Plastic plating*. Obtenido de Cherng Yi Hsing Plastic Plating Factory Co: [https://www.plastic-plating.com/es/category/Galvanoplastia-de-cromo-brillante/shiny\\_chrome.html](https://www.plastic-plating.com/es/category/Galvanoplastia-de-cromo-brillante/shiny_chrome.html)
- Company, T. U. (1974). *Proceso de cromado*. Michigan.
- Dominguez, E. (2018). *FPB - Preparación de superficies*. Madrid: Editex.
- Maspoch, M. L. (2019). Compuestos para la industria. *XIII Congreso nacional de materiales compuestos*.
- MAXITONE. (2018). MAXITONE Product instruction. *Yatupaint*, 26.
- Normalización, I. E. (1995). *Pintura y productos afines. Determinación del impacto directo e inverso*. Quito: NTE INEN 1006.
- Ruiz-Falcó, A. (2006). *Control Estadístico de Procesos*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- Santos, P. (2015). Pintado de piezas de plástico. *Hemeroteca*, 1-4.
- Santos, P. (2015). Pintado de piezas de plásticas. *Carrocería y pintura*, 66-69.
- Suchentrunk, R. (1993). *Metallizing of Plastics – A Handbook of theory and practice*. *ASM international*.
- Tkno. (2019). *Tkno I*. Obtenido de [www.tkno.mx](http://www.tkno.mx): <https://www.tkno.mx/polipropileno-para-inyeccion-de-plastico/>

Troya, J. (2009). *Construcción de un banco experimental didáctico para prácticas de laboratorio en protección de metales*. Guayaquil: ESPOL.

Valspar. (2019). 1-60 1k Plastic Primer. *Debeer refinish*, 1-2.

Valverde, R. (1991). Cromado en plástico ABS. 21-22.

Wellens, A. (2012). *Análisis de la capacidad de procesos industriales*. México: UNAM.