



INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero
Automotriz

Autor: Franco Javier Vega Freire

Tutor: Ing. Adolfo Peña Pinargote, MSc.

Aplicación del Proceso de Pintura Electrostática en
Accesorios y Chapas Metálicas de Uso Automotriz

Certificación de Autoría

Yo, Franco Javier Vega Freire, con CI: No. 0704862267, 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.

Vega Freire Franco Javier

C.I: 0704862267

Aprobación del Tutor

Yo, Adolfo Peña Pinargote certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su seguridad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Adolfo Peña Pinargote, MSc.

C.I: 1204668766

Director del Proyecto

Dedicatoria

Dedico este proyecto de titulación a mis abuelos, María Inés Valencia Villacis y José Miguel Freire Escobar por ser un ejemplo constante de esfuerzos, sabiduría y amor incondicional. Su apoyo, consejos y valores han sido un pilar fundamental a lo largo de mi formación personal y académica. Este logro también les pertenece, como muestra de gratitud por todo lo que han sembrado en mi vida.

Franco Javier.

Agradecimientos

Agradezco de manera especial a mi madre Daysy Freire y a mi padre Victor Vega por su amor incondicional, sacrificio constante y fortaleza en los momentos más difíciles. A mi hermano Hugo Vega por su compañía, respaldo y confianza permanente a lo largo de este proceso. A mi mejor amigo Adrián Landazuri por su apoyo, motivación y etapas claves de este camino. A todos, mis más sinceros agradecimientos por ser parte esencial de este logro.

Franco Javier.

Índice General

Dedicatoria.....	v
Agradecimientos	vi
Índice General.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Resumen	xi
Abstract.....	xii
Capítulo I	1
Problema de la Investigación.....	1
1.1. Tema de Investigación	1
1.2. Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema	1
1.2.1. Planteamiento del Problema	2
1.2.2. Formulación del Problema.....	3
1.3. Sistematización del Problema	3
1.4. Objetivos de la Investigación	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Justificación e Importancia de la Investigación	4
1.5.1. Justificación Teórica.....	4
1.5.2. Justificación Metodológica.....	5
1.5.3. Justificación Práctica	5
1.5.4. Delimitación Temporal.....	6
1.5.5. Delimitación Geográfica.....	6
1.5.6. Delimitación del Contenido.....	6
1.6. Alcance.....	7

Capítulo II.....	8
Marco de Referencia.....	8
2.1 Proceso de Pintado en los Automóviles	8
2.2 Variantes de Pinturas aplicables en los Automóviles.....	9
2.3 Elementos de la Pintura de Uso Automotriz	10
2.4 Proceso de Pintura Electrostática	12
2.5 El Principio Electrostático de la Pintura en Polvo	13
2.6 Componentes de la Pintura en Polvo o Electrostática.....	14
2.7 Tipos de Polvos Para Pintura Electrostática.....	15
2.8 Equipos Utilizados en la Aplicación de la Pintura Electrostática	15
2.9 Proceso para la Aplicación del Recubrimiento en Polvo	16
2.10 El Efecto de Jaula de Faraday.....	17
2.11 Principales Ventajas de la Pintura Electrostática	18
2.12 Desafíos y Desventajas	19
2.13 Aplicaciones de la Pintura en Polvo o Electrostática	20
Capítulo III.....	21
Metodología	21
3.1 Tipos de Mantenimientos Automotrices	21
3.2 Tipos de Mantenimiento de la Pintura Automotriz	21
3.2.1 Mantenimiento Predictivo en la Pintura Automotriz.....	21
3.2.2 Mantenimiento Prescriptivo de la Pintura del Automóvil	22
3.2.3 Mantenimiento De la Pintura Automotriz	22
3.2.4 Mantenimiento Preventivo de la Pintura Automotriz.....	22
3.2.5 Mantenimiento Correctivo de la Pintura del Automóvil	23
3.3 Métodos Aplicados en la Investigación	23

3.4	Tipos de Estudios Aplicados en la Investigación.....	24
3.4.1	<i>Investigación Descriptiva</i>	24
3.4.2	<i>Investigación Bibliográfica</i>	24
3.4.3	<i>Investigación de Campo</i>	24
3.5	Descripción del Proceso Evaluativo.....	24
3.5.1	<i>Guantes de Protección</i>	25
3.5.2	<i>Calzado de Seguridad</i>	25
3.5.3	<i>Mascarilla o Respiradores</i>	26
3.5.4	<i>Protección Auditiva</i>	26
3.5.5	<i>Uso del Madil o del Overol</i>	27
	Capítulo IV.....	35
	Análisis de Resultados	35
4.1	Análisis de Datos Obtenidos.....	35
	Conclusiones	38
	Recomendaciones	40
	Bibliografía	41

Índice de Figuras

Figura 1 Componentes de la Pintura Automotriz	10
Figura 2 Pigmentos en la Pintura Automotriz	12
Figura 3 Pintura en Polvo o Electrostática	13
Figura 4 Impresión Hidrográfica.....	14
Figura 5 Pistolas de Carga por Corona	16
Figura 6 Pistolas de Carga por Fricción.....	17
Figura 7 Horno de Pintura Electrostática	18
Figura 8 Efecto de Jaula de Faraday.....	19
Figura 9 Guantes de Protección	25
Figura 10 Zapatos de Protección Industrial	26
Figura 11 protección Respiratoria.....	27
Figura 12 Protección Auditiva.....	27
Figura 13 Mandil y Overol Utilizado por Pintores Automotrices	28
Figura 14 Elemento a ser Pintado	29
Figura 15 Horno de Pintura.....	29
Figura 16 Equipo de Pintura Electrostática	30
Figura 17 Ubicación de la Pintura en el Recipiente de la Pistola	31
Figura 18 Ubicación de la Masa o Tierra para Cerrar el Circuito	32
Figura 19 Proceso de Pintado con Pintura Electrostática	32
Figura 20 Llave de Tipo Francesa a ser Pintada	33
Figura 21 Ubicación de los Elementos Pintados en el Horno de Pintura	33
Figura 22 Acabado Final de los Elementos Pintados.....	34
Figura 23 Resultado Final de la Aplicación de Pintura Electrostática.....	36
Figura 24 Aspecto de Terciopelo	37

Resumen

Este documento describe el procedimiento para aplicar pintura en polvo electrostática en aplicaciones automotrices. Para implementar esta técnica innovadora de pintura, se empleó un sistema neumático que genera la presión necesaria para el proceso. Asimismo, se utilizó equipo de pintura electrostática accionado por pedal, el cual funciona con corriente alterna y cuenta con recipientes de capacidad específica para el material. Es fundamental destacar que la aplicación de este tipo de pintura debe realizarse considerando las medidas de seguridad para quienes ejecutan esta labor. Por esta razón, es indispensable el uso de EPP (equipo de protección personal), poniendo especial atención en la protección de las vías respiratorias mediante el uso obligatorio de mascarilla. Este tipo de pintura resulta especialmente útil para proteger las láminas metálicas automotrices, particularmente en la prevención de moho, oxidación y el deterioro posterior por corrosión. Cabe mencionar que el acabado que proporciona esta pintura es de excelente calidad, logrando un brillo óptimo en el producto terminado. Este aspecto cobra gran relevancia considerando que actualmente no solo se buscan productos duraderos y de buena calidad, sino también se valora el aspecto visual y la sensación al tacto. Finalmente, es importante señalar que el proceso de aplicación de pintura electrostática requiere considerablemente menos tiempo que el sistema de pintura tradicional. En conclusión, la pintura en polvo electrostática puede aplicarse exitosamente en láminas metálicas automotrices, obteniendo un acabado de excelente calidad y resistencia superior.

Palabras Clave: Pintura Electrostática, Chapa Metálica, Pintura Tradicional, Acabado, Presión.

Abstract

This document describes the procedure for applying electrostatic powder paint in automotive applications. To implement this innovative painting technique, a pneumatic system was used to generate the pressure required for the process. Pedal-operated electrostatic painting equipment was also used, which operates on alternating current and has containers with a specific capacity for the material. It is essential to note that the application of this type of paint must be carried out with safety measures in mind for those performing this task. For this reason, the use of PPE (personal protective equipment) is essential, with special attention paid to the protection of the respiratory tract through the mandatory use of a mask. This type of paint is especially useful for protecting automotive metal sheets, particularly in preventing mold, rust, and subsequent deterioration due to corrosion. It is worth mentioning that this paint provides an excellent quality finish, achieving optimal shine in the finished product. This aspect is particularly relevant considering that today's consumers are not only looking for durable, high-quality product, but also value visual appeal and feel. Finally, it is important to note that the electrostatic painting process requires considerably less time than traditional painting systems. In conclusion, electrostatic powder coating can be successfully applied to automotive metal sheets, achieving an excellent quality finish and superior resistance.

Keywords: Electrostatic Painting, Sheet Metal, Traditional Painting, Pressure.

Capítulo I

Problema de la Investigación

1.1. Tema de Investigación

Aplicación del proceso de pintura electrostática en accesorios y chapas metálicas de uso automotriz.

1.2. Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

En la actualidad la forma de restauración y apariencia de piezas metálicas de uso automotriz se puede realizar con diferentes tipos de pinturas, estos métodos de forma frecuente pueden ser muy complicados, además que requieren mucho tiempo de dedicación en labores previas como el proceso de limpieza, enderezado, masillado, lijado de la chapa metálica, entre otras acciones a tomar. La pintura debe ser aplicada sobre la superficie de la chapa con pistolas neumáticas y en la actualidad se están utilizando las pistolas eléctricas, y para dar mejor apariencia del acabado se utilizan los hornos de pintura para el curado final.

Una alternativa viable en los procesos de pintura automotriz es el método de la pintura electrostática, que resulta novedoso para nuestro medio de la industria automotriz. Este proceso es más versátil en cuanto al tiempo de aplicación y puede alcanzar más áreas de cubrimiento. Esta tecnología es muy atractiva para los dueños de vehículos, quienes buscan métodos modernos y novedosos para personalizar sus autos con colores únicos.

El crecimiento de ventas de vehículos de forma específica en la provincia del Guayas va en aumento y ha llegado hasta los 1.4 millones de unidades vendidas, es por este motivo que, si lo enfocamos en el área de mantenimiento automotriz, la aplicación de la pintura electrostática se ve en un mercado favorable y prometedor como fuente de negocio, ya que presenta algunas ventajas en relación al sistema de pintura tradicional.

1.2.1. Planteamiento del Problema

En la actualidad en los talleres de pintura automotriz se aplican de manera frecuente y cotidiana sistemas relacionados a pinturas tradicionales como el proceso de pintado con pistolas con neumáticas para el embellecimiento de piezas y partes metálicas, convirtiéndose en un sistema estandarizado y efectividad comprobada, pero a pesar de esta aún demuestra algunos problemas e inconvenientes como la necesidad de mantener una presión constante y la limpieza de los equipos utilizados como por ejemplo la pistola y un sistema de filtrado de aire para evitar la contaminación de la pintura.

Cuando se aplica el proceso para restaurar, mejorar o dar un embellecimiento de la pintura automotriz se debe realizar la combinación de varios aspectos como la enderezada (si fuera necesario), el masillado, el lijado que son acciones previas antes de aplicar la pintura, por este motivo es de suma importancia ofrecer un servicio de alta calidad y demuestre competitividad; esto no solo garantiza la rentabilidad del negocio, sino que también construye su prestigio. Además, un factor crucial para lograr estos objetivos es contar con mano de obra calificada y certificada.

Es primordial realizar una conexión de forma directa entre la calidad de la pintura y el acabado final del vehículo; esta relación es clave para fortalecer el vínculo de confianza entre los clientes y el taller; por lo tanto, adoptar nuevos métodos o procesos que prevengan errores, reduzcan el tiempo de trabajo y los costos, es crucial para que los centros de pintura automotriz mantengan su competitividad en el mercado.

Por lo antes expresado se destaca la necesidad de implementar tecnologías novedosas y agradables con evidentes mejoras en los procesos de aplicación del proceso de pintura electrostática con resultados más estéticos y perdurables en chapas de uso automotriz.

1.2.2. Formulación del Problema

¿Cómo se puede aplicar el proceso pintura electrostática en accesorios metálicos automotrices?

1.3. Sistematización del Problema

- ¿Se podrá aplicar el proceso pintura electrostática en accesorios metálicos automotrices?
- ¿Se podrá recopilar información acerca del proceso pintura electrostática en accesorios metálicos automotrices?
- ¿Cómo se puede realizar la evaluación de los procesos pintura electrostática en accesorios metálicos automotrices?
- ¿Cómo podremos comparar el aspecto de dureza del proceso pintura electrostática en accesorios metálicos automotrices?

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

- Aplicar el proceso de pintura electrostática en accesorios y chapas metálicas de uso automotriz.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Particularizar información relacionada con el proceso de aplicación de pintura electrostática en accesorios y chapas metálicas de uso automotriz.
- Efectuar el proceso de aplicación de la pintura electrostática en accesorios y chapas metálicas de uso automotriz.
- Comparar por medio de información directa el tiempo de aplicación de la pintura tradicional versus el proceso de pintura electrostática en accesorios metálicos automotrices.

1.5. Justificación e Importancia de la Investigación

El trabajo de investigación a realizar en lo referente al proceso de aplicación de pintura electrostática en accesorios y chapas metálicas de uso automotriz, y para alcanzar los objetivos por parte de fuentes investigativas la misma que presenta respuestas a la perspectiva metodológica, teórica y práctica como se expresa a continuación:

1.5.1. Justificación Teórica

Actualmente, el deterioro de la pintura de uso automotriz se presenta como un problema generalizado que afecta la presencia y estética, sobre todo en elementos y piezas de uso automotriz. Por ello, se implementará el uso de pintura electrostática en accesorios y chapas metálicas, lo cual se considera una tecnología novedosa en nuestro entorno. Sus características ecológicas la hacen una opción cada vez más frecuente; esto se considera como un avance en la aplicación de los mantenimientos de tipo preventivo y correctivo que se relacionan con la pintura automotriz, con lo cual se mejora la protección de las chapas metálicas. Por ello, se sustenta de forma teórica en la búsqueda y revisión exhaustiva de fuentes bibliográficas, fichas técnicas y artículos científicos que han abordado estudios similares o relacionados con el tema.

Es de suma importancia aplicar protección en las chapas metálicas de uso automotriz, sobre todo en las reparaciones de chapas metálicas automotrices, para alcanzar una reparación de calidad y garantizar un buen resultado del trabajo. Para lograrlo, es fundamental aplicar elementos de tipo anticorrosivo que prevengan el deterioro prematuro de la chapa. Debido a que la mayoría de las piezas de la carrocería están hechas de acero, las medidas de protección tradicionales se centran en evitar el contacto directo del metal con el aire y el agua, los principales causantes de la corrosión, (Jiménez, 2018).

El proceso de aplicación de pintura no consiste solo en aplicar un color o capa de pintura; esto implica realizar una cuidadosa y prolija mezcla de pigmentos, reductores y

endurecedores, que luego se vierte en una pistola pulverizadora para su aplicación. Debido a la complejidad y la precisión requeridas, la aplicación de pintura automotriz debe realizarse con gran seriedad y profesionalismo, (Parks, 2019).

1.5.2. Justificación Metodológica

La presente investigación se justifica con la aplicación de la metodología práctica y se toma como base el estudio de la aplicación del proceso de aplicación de pintura electrostática en accesorios y chapas metálicas de uso automotriz, se fundamenta en la obtención de información técnica del elemento en estudio para así poder determinar las condiciones apropiadas para la aplicación de la pintura y el equipo antes descrito.

La Investigación presentada se fundamentó en estudios previos que se relacionan con la aplicación de pinturas automotrices y sobre todo en la aplicación de pintura electrostática, sobre todo en aquellos que proveen información relevante y aplicable al tema de estudio; al realizar esta revisión de los antecedentes es primordial para delimitar el alcance del análisis de los resultados obtenidos al aplicar la pintura y el equipo seleccionado.

1.5.3. Justificación Práctica

La aplicación de pintura electrostática en accesorios y chapas metálicas de uso automotriz es de gran importancia para la industria de este sector, esto es debido a que se optimizan los tiempos comparados con los procesos tradicionales de pintado de vehículos. Esto favorece no sólo a los talleres mecánicos dedicados al área de la pintura, si no también, abarca a los grandes talleres como concesionarios y ensambladoras.

Se espera que los resultados de este proyecto promuevan la adopción de nuevas tecnologías en cuanto a la aplicación de pinturas en el sector automotriz. Se espera alcanzar la reactivación de la economía en el área de la pintura automotriz, enfocado esto, en el nivel local, regional y nacional. Por otro lado, se espera lograr mayor competitividad en el ambiente de la pintura automotriz, lo que tiene gran relevancia para el impulso de la matriz productiva.

1.5.4. Delimitación Temporal

De acuerdo con lo previsto, como planificación en el desarrollo de la aplicación del proceso de pintura electrostática en accesorios y chapas metálicas de uso automotriz, tanto de la fase de aprobación, desarrollo teórico y práctico el presente estudio se establece que se llevará a cabo desde el mes de octubre de 2024 y de manera tentativa se pretende que su finalización o defensa de proyecto se llevará a cabo en el mes de febrero de 2025.

1.5.5. Delimitación Geográfica

El presente trabajo investigativo, se lo llevará a cabo en el Establecimiento Taller Checopart's ubicado en el país de Ecuador, provincia del Guayas, cantón Guayaquil, en las calles Tulcán y Clemente Ballen.

1.5.6. Delimitación del Contenido

En la primera parte, se plasma el planteamiento del problema, además de la formulación y sistematización de este, en conjunto con la descripción de los objetivos, el general como los específicos, también, la exposición de la justificación teórica, práctica y metodológica, con sus respectivas delimitaciones.

Luego se describe la revisión literaria a través de un marco teórico básico, en donde se presenten conceptos sobre las principales variables, en referencia a la implementación proceso de pintura electrostática en accesorios y chapas metálicas de uso automotriz.

Al final se expone la metodología aplicada en la investigación, indicando los métodos empleados para la elaboración del estudio de campo, cuyo desarrollo será experimental, además de presentar la problemática, en donde se exponen las técnicas a aplicar en el desarrollo del proyecto, la muestra del estudio, complementando con el cronograma y el presupuesto de este; se destaca que el presente estudio se lo establece con una sección de cuatro capítulos detallado en el presente documento.

1.6. Alcance

El proyecto de investigación presentado con el tema: aplicación del proceso de pintura electrostática en accesorios y chapas metálicas de uso automotriz, tiene como alcance el poder establecer un tipo de metodología que permita realizar una aplicación apropiada de la pintura electrostática con la utilización del equipo apropiado y poder embellecer de forma ideal la carrocería de los vehículos.

Además, en la parte correspondiente a lo conceptual del presente estudio se inició con la búsqueda de fuentes de información relativa a la aplicación de la pintura de tipo electrostática en accesorios y chapas metálicas de uso automotriz.

Como resultado de la presente investigación, se logró establecer si el tipo de pintura electrostático es el más indicado o no para ser aplicado en nuestro medio, así como si la técnica aplicada y si el uso del equipo establecido es el más apropiado para la ejecución de el referido tipo de pintura en accesorios y chapas metálicas de uso automotriz.

Capítulo II

Marco de Referencia

Para alcanzar un apropiado y correcto entendimiento se debe realizar aclaraciones de diferentes conceptos que se desarrollarán en el presente trabajo investigativo, los cuales servirán de fundamento para cada una de las secciones que se expondrán en forma detallada en el presente trabajo.

2.1 Proceso de Pintado en los Automóviles

En el sector automotriz el proceso de pintura se utiliza para establecer la función de embellecer el aspecto del vehículo y dar la protección del caso a las chapas metálicas, al momento de aplicar pintura se crea una barrera que evita el proceso de formación de óxido; y la corrosión, en cuyo caso se produce el desprendimiento del metal y la afectación del acabado superficial. Adicionalmente se destaca que a más del color también se puede apreciar el brillo, (epsservicioautomotriz, 2023).

El contexto actual de los talleres automotrices es muy variado ofreciendo una gran variedad de productos y servicios enfocados al embellecimiento del aspecto superficial del automóvil, y sobre todo su enfoque de protección hacia la oxidación y la corrosión, es por este motivo muy común que se utilizan pinturas específicas como las anticorrosivas y la pintura electrostática.

Se destaca que el proceso de pintado es una práctica global, que se inicia tanto en las fábricas de automóviles como en talleres especializados con la aplicación de pinturas automotrices; además se la puede utilizar para aplicar restauraciones en la apariencia original del vehículo o para personalizar su diseño, aunque su función principal sigue siendo proteger las chapas metálicas de la oxidación, (pruebaderuta, 2023).

En otro criterio relatado por (kavak, 2022), en donde establece que en la industria del sector automotriz, de forma general las innovaciones tecnológicas se han incrementado en todo

sentido y la pintura no es la excepción se recurre a la novedad de la pintura en polvo, que actualmente destaca la valoración de la protección duradera y además de la variedad de los acabados, también varían desde los procesos tradicionales como los sólidos y los tipos metalizados que siempre le darán una visión diferente a los vehículos, incluso se debe resaltar las pinturas de orden ecológico como lo es la base agua donde se resalta la ausencia de uso de solventes convirtiéndolas en productos amigables para el medio ambiente.

2.2 Variantes de Pinturas Aplicables en los Automóviles

Pintura sólida; conocida como pintura en polvo generalmente viene en colores como el blanco, rojo, azul y negro, aunque en la actualidad ya existen colores más diversos que se pueden aplicar, no es una pintura de fácil acceso por el costo de inversión, pero soporta arañazos, golpes y rayones de forma muy buena y los puede disimular sin ningún tipo de problemas.

Pintura perlada; se destacan por poseer una variedad de colores muy llamativos que pueden hacer juegos con diferentes tipos de texturas visuales, colores, luces y sombras; esta condición se lo alcanza por medio de la reflectancia de la luz vista desde diferentes ángulos, y esto proporciona una gama de colores manteniendo como base el tono principal.

Pintura metálica; es una aplicación más moderna que se utiliza en vehículos con colores de tipo metálico, generalmente se componen de escamas de aluminio en donde se refleja la luz sin tomar en cuenta el ángulo de visión, posee un excelente brillo, pero más elegante que el tipo perlado.

Pintura tipo mate; es un sistema muy poco utilizado, aunque está ganando terreno y esta con tendencia al alza, inicialmente era de uso exclusivo para vehículos de alta gama y en la actualidad se está popularizando en el mercado cotidiano, la desventaja de este proceso es el costo de la pintura, y costo de mantenimiento, pues al realizar una reparación mínima requerirá una intervención muy costosa.

2.3 Elementos de la Pintura de Uso Automotriz

Los elementos más comunes que componen la pintura de uso automotriz y que se aprecian en la figura 1, son los siguientes: disolvente, aditivo, resina y pigmentos.

El disolvente es una sustancia líquida que se encarga de disolver a otras sustancias de tipo homogénea con la finalidad de alcanzar una solución diferente a la original; esto se aplica en el proceso de fabricación de la pintura para uso automotriz. Por otra parte, el disolvente se utiliza para disolver las resinas y los pigmentos para alcanzar la mezcla ideal de la pintura.

Para alcanzar la viscosidad adecuada de la mezcla de ingredientes, se aplica el diluyente, que es una mezcla de varios solventes. Es necesario aclarar que los solventes y diluyentes se evaporan de forma natural al momento del secado de la pintura.

Figura 1

Componentes de la Pintura Automotriz



Fuente: (elchapista, 2025).

El aditivo que se utiliza, es una sustancia de origen químico, que se agrega en pequeños porcentajes para conseguir efectos duraderos de la pintura como por ejemplo los espesantes que facilitan la aplicación en las superficies que son de tipo horizontal, de esta forma se evita

el desperdicio de pintura; también se destacan los secantes que mejoran el agarre de la pintura facilitando el secado de la misma; los matizantes que ayudan en el brillo de las pinturas; absorbedores de UV, estos elementos se encargan de proteger a la pintura de los efectos de la radiación ultravioleta y de esta forma se evita la degradación de la pintura, (Loctite-Teroson, 2025).

Las resinas posibilitan que los diferentes elementos que posee la pintura puedan adherirse a la carrocería de forma apropiada, adicionalmente cumplen con la función aportar a la pintura o barniz la capacidad de formar una película continua y adherente al soporte. La transformación que sufre el barniz, del estado fluido al sólido se denomina el proceso de formación de la película que puede realizarse de modos diferentes, como por ejemplo las resinas nitro celulósicas que se las obtienen por reacción del ácido nítrico y del ácido sulfúrico sobre algodón o materiales celulósicos de origen vegetal; las resinas gliceroftálicas o sintéticas que se las obtienen por reacción del anhídrido o del ácidoftálico con aceites y con ácidos grasos y glicerina.

Según el tipo de aceite o ácido graso se obtienen: las resinas acrílicas, logradas por polimerización de monómeros como: el ácido acrílico, el butilmetacrilato, el metilmetacrilato, entre otras y por último tenemos las resinas de tipo epoxi que se obtiene por la reacción del bisfenol con epíclorhidrina, y se emplean en combinación con poliamidas, obteniendo un elevado poder anticorrosivo y una excelente resistencia a las exigencias mecánicas.

Los pigmentos, son los elementos químicos que se encargan de proveer el aspecto de la coloración y la textura de la pintura, (ver figura 2). Una característica de los pigmentos es que deben poseer gran resistencia a la luz y a los agentes externos o ambientales para mantener su textura y color original; existen varios tipos de pigmentos que se aplican para diferentes aspectos de la pintura.

Figura 2*Pigmentos en la Pintura Automotriz*

Fuente: (elchapista, 2025).

Pigmentos para cubrición; son generalmente de tono azul de prusia, negro de tonalidad de óxido de titanio entre otros, se los agrega a la pintura para darle color y una opacidad determinada para alcanzar un fondo de apariencia cromática.

Los pigmentos de efectos se los adiciona a la pintura para conseguir distintos efectos luminosos y colorimétricos, dependiendo del tipo de luz y ángulo de visión del espectador, se puede apreciar de mejor forma el efecto perlado de las pinturas y el efecto de camaleón.

Pigmentos de carga, son los que dan cuerpo a la pintura y le otorgan un espesor, generalmente trabajan mejor en conjunto con las masillas de uso automotriz y estos mejoran la tonalidad del relleno, están constituidos de talco y/o caolín.

Pigmentos de tipo anticorrosivo, estos contienen minio de plomo, cinc y en algunos casos el magnesio, se los utiliza para evitar los efectos de la oxidación y la corrosión.

2.4 Proceso de Pintura Electroestática

La pintura de tipo electrostática es conocida también como pintura de recubrimiento en polvo (ver figura 3), que se aplica como un método de acabado en seco que ha revolucionado la industria del recubrimiento de metales. Este tipo de

pintura se diferencia de las pinturas tradicionales que son de forma líquida porque utilizan solventes, en que se aplica un polvo finamente molido y cargado electrostáticamente sobre una superficie metálica para luego ser calentada en un horno para fundir y curar el recubrimiento en las chapas metálicas.

Figura 3

Pintura en Polvo o Electroestática



Fuente: (Laminasyaceros, 2025).

Es un método novedoso que se utiliza ampliamente por su durabilidad, eficiencia y menor impacto ambiental; se debe destacar que el desarrollo de este método se inició en la década de 1940 en Alemania, especialmente para el uso de tipo industrial por su dureza, luego se popularizó en la década de 1960 y actualmente es el método utilizado con mayor preferencia, por su amplia gama de uso y versatilidad en piezas automotrices, electrodomésticos y mobiliario metálico entre otros.

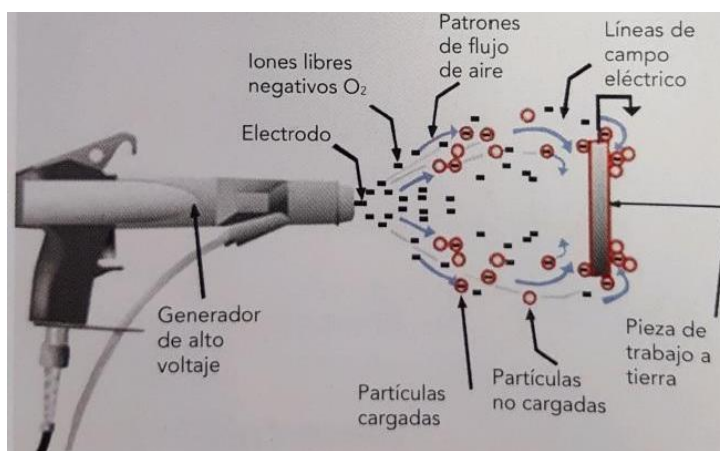
2.5 El Principio Electroestático de la Pintura en Polvo

Su proceso se fundamenta en los principios de la física y en particular de la electricidad estática. Para su ejecución se utilizando un equipo especializado (ver figura 4), el cual consta de una pistola en donde se genera las cargas de partículas negativas en el polvo; la pieza metálica que se va cubrir con el polvo, es la conductora y es conectada a tierra, lo que genera

una carga de tipo positiva; como resultado se produce una atracción natural entre cargas opuestas, es decir, entre el polvo que está cargado de forma negativa y la pieza con carga positiva, lo que asegura que el polvo se adhiera uniformemente a la superficie. Esta adherencia es tan efectiva y concisa que permite cubrir áreas de difícil acceso y mantener el polvo en su lugar antes del curado.

Figura 4

Impresión Hidrográfica



Fuente: (zonadepinturas, 2022)

2.6 Componentes de la Pintura en Polvo o Electrostática

Los componentes del recubrimiento en polvo que son una mezcla de partículas finamente molidas se los detalla a continuación:

Las resinas: son polímeros termoestables o termoplásticos que forman la base del recubrimiento. Las más comunes son las resinas epoxi, poliéster, acrílicas y poliuretanos.

Los pigmentos: son los encargados de proporcionar el color y la opacidad al acabado.

Las cargas o agentes de relleno: son las que modifican las propiedades físicas del recubrimiento.

Los aditivos: son componentes químicos que mejoran el flujo del polvo, la textura de la superficie, la resistencia a los rayos UV, entre otras características.

2.7 Tipos de Polvos Para Pintura Electrostática

Los polvos que se utilizan en la pintura electrostática se clasifican principalmente en dos categorías y se caracterizan por su comportamiento frente a las inclemencias del calor. Entre ellos tenemos los siguientes:

Los polvos termoestables son los más comunes y se caracterizan por contener resinas que al ser sometidas al proceso de curado en el horno experimentan una reacción química conocida como la reticulación. Esta reacción genera un polímero más grande y rígido, que una vez finalizado este proceso no se puede volver a fundir, es por esto que dichos polvos se caracterizan por poseer una excelente resistencia a los químicos y al calor; los polvos de poliéster son ideales para exteriores, ofreciendo gran resistencia a los rayos UV, mientras que los de epoxi son excelentes para interiores, destacándose por su dureza y resistencia a la corrosión.

Los polvos termoplásticos son compuestos formados por polímeros que se funden al calentarse y se solidifican al enfriarse, sin sufrir cambios químicos; también ofrecen una buena resistencia al impacto, la oxidación y a la corrosión, pero presentan una menor dureza y resistencia a la abrasión los hacen menos utilizados que los termoestables; el nylon y el cloruro de polivinilo (PVC) son ejemplos de este tipo de polvos.

2.8 Equipos Utilizados en la Aplicación de la Pintura Electrostática

Para este proceso de aplicación de la pintura en polvo se utiliza la pistola electrostática y se resalta que existen dos tipos principales:

Pistolas de carga por corona o conocida como corona charging, ver (figura 5), estas son las más comunes, esta pistola utiliza se compone de un electrodo de alta tensión para generar un campo eléctrico que ioniza el aire circundante, las partículas de polvo, al pasar por este campo, adquieren una carga negativa y son atraídas hacia la pieza con conexión a tierra, (Pittsburghsprayequip, 2025)

Figura 5*Pistolas de Carga por Corona*

Fuente: (Autosyautopartes, 2024)

Pistolas de carga por fricción o de tipo tribo – charging, estas pistolas se cateterizan porque no requieren una fuente de energía externa, debido a que generan la carga en el polvo por fricción, al pasar las partículas a alta velocidad por un tubo de teflón, se resalta su eficiencia, aunque su transferencia puede ser menor, suelen ser preferidas para recubrimientos con geometrías complejas, ya que la carga es más uniforme y se evita el "efecto jaula de Faraday", (ver figura 6).

2.9 Proceso para la Aplicación del Recubrimiento en Polvo

Para este caso se debe tener en cuenta tres etapas principales para la correcta aplicación de la pintura en polvo, las cuales se detallan de la siguiente forma:

La preparación de la superficie es el paso más crítico para asegurar un acabado duradero, es importante que la superficie metálica debe estar completamente limpia, libre de óxido, grasa, suciedad y cualquier otro contaminante, para ello se utilizan procesos de limpieza química, como la fosfatación, y limpieza mecánica, como el chorreado de arena, para preparar el metal.

Figura 6

Pistolas de Carga por Fricción



Fuente: (Autosyautopartes, 2024)

La aplicación del polvo, en esta etapa, el polvo se aplica sobre la pieza limpia y con conexión a tierra mediante la pistola electrostática. El polvo se adhiere de forma temporal a la superficie debido a la fuerza electrostática.

El curado en horno (ver figura 7), se debe realizar una vez que la chapa metálica esta recubierta, la pieza se debe trasladar al horno de curado y con el calor del mismo se logra que el polvo se funda y se convierta en una capa líquida y uniforme, al momento del calentamiento, se produce una reticulación de los polímeros, en el caso de utilizar polvos termoestables, que forma una capa sólida y duradera, fuertemente adherida a la superficie metálica. La temperatura y el tiempo de curado dependen del tipo de polvo utilizado.

2.10 El Efecto de Jaula de Faraday

En el momento del curado o secado de la pintura en el horno se debe considerar evitar el efecto Faraday, que es un método que se genera porque en las cavidades o esquinas de la

pieza donde el campo eléctrico es débil o inexistente, las partículas de polvo cargadas tienden a ser repelidas en estas áreas, lo que puede resultar en una cobertura incompleta (ver figura 8). Los pintores deben ajustar la técnica de rociado, el voltaje y el tipo de pistola para mitigar este efecto y asegurar una cobertura uniforme.

Figura 7

Horno de Pintura Electrostática



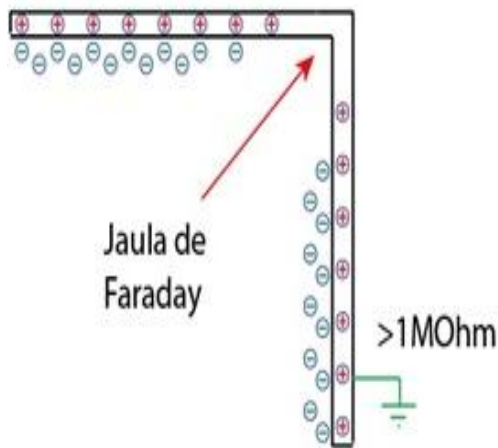
Fuente: (Proinna, 2025)

2.11 Principales Ventajas de la Pintura Electrostática

Las principales ventajas que presenta este método a más de su popularidad se deben a sus múltiples beneficios que posee entre los cuales se destacan los siguientes:

Mayor efecto de durabilidad, el acabado es más resistente a la corrosión, abrasión, químicos y astillamientos que las pinturas líquidas convencionales.

Presenta mayor resistencia, la capa de pintura es más gruesa y resistente a impactos.

Figura 8*Efecto de Jaula de Faraday*

Fuente: (Powdertronic, 2025)

Presenta características ecológicas, esto principalmente por no utilizar solventes, esto hace que no emita compuestos orgánicos volátiles (COV), lo que la hace más amigable con el medio ambiente y segura para los trabajadores.

Mejor efecto de eficiencia de transferencia, el exceso de polvo puede ser recuperado y reutilizado, lo que reduce el desperdicio y los costos de material.

Mejor calidad en el acabado proporciona un acabado uniforme y sin goteos ni marcas de escurrido.

2.12 Desafíos y Desventajas

Es un proceso que pesar de sus grandes ventajas también presenta algunas desventajas y/o limitaciones, entre las principales se destacan las siguientes:

Los costos iniciales son más elevados en el equipo de aplicación, a más del horno para el proceso de curado y también de la cabina de recuperación puede ser elevada.

El proceso de curado mediante calor se limita a materiales que pueden resistir altas temperaturas que generalmente están entre los 160°C y los 200°C, como es el caso de los metales. lo que excluye materiales sensibles al calor como los plásticos y la madera.

El espesor de la capa aplicada es muy complicado alcanzar capas finas al momento de aplicar el polvo en la chapa metálica, situación que puede ser un limitante para ciertas aplicaciones de alta precisión.

Cambio de color, generar un cambio de color puede ser un proceso que consume tiempo si no se dispone de equipos de cabina de recuperación avanzados, ya que se debe limpiar completamente el sistema para evitar la contaminación del nuevo color.

2.13 Aplicaciones de la Pintura en Polvo o Electrostática

La versatilidad que presenta este tipo de pintura electrostática ha logrado que se convierta en una opción preferida para una amplia gama de sectores, entre ellos los siguientes:

En la industria automotriz se la puede aplicar en piezas de motor, chasis, resortes, racks para equipaje.

En electrodomésticos como lavadoras, refrigeradores, estufas y microondas.

En la parte de la arquitectura y construcción se la utiliza en ventanas, marcos de puertas, fachadas de aluminio.

En los mobiliarios metálicos como por ejemplo las sillas, mesas, estanterías para interiores y exteriores.

Industria General: Maquinaria industrial, gabinetes eléctricos, equipos agrícolas y tuberías.

Capítulo III

Metodología

3.1 Tipos de Mantenimientos Automotrices

Los diferentes tipos de mantenimientos en el automóvil se los aplica para garantizar que todos los componentes del vehículo funciones de forma correcta, estas acciones se las puede aplicar en todos y cada uno de los componentes del vehículo como por ejemplo los siguientes; en el motor; el sistema de frenos, la dirección, la suspensión, el arranque, el encendido, la carga, la transmisión y la iluminación; también, se incluye el mantenimiento del sistema de alimentación de combustible y todos los cuidados necesarios para la conservación de la pintura del automóvil, (Prodwaregroup, 2023).

El llevar un registro del funcionamiento del vehículo es muy importante para establecer un control de la labor realizada, esto incluye el kilometraje recorrido, los caudales de operación, el voltaje, la temperatura alcanzada por los componentes, entre otros valores que permiten realizar un seguimiento adecuado.

Es importante resaltar que lo correspondiente a la operación del vehículo debe realizarse con mayor frecuencia. Para ello, se deben considerar varios factores como la temperatura ambiente, la humedad, las vibraciones a las que se somete el equipo y los desplazamientos que realiza durante su funcionamiento.

3.2 Tipos de Mantenimiento de la Pintura Automotriz

Adicional podemos definir varios aspectos o parámetros que se relacionan con los diferentes tipos de mantenimientos que son aplicables en la pintura del automóvil y a continuación se detallan:

3.2.1 *Mantenimiento Predictivo en la Pintura Automotriz*

Este tipo de mantenimiento puede predecir o anticiparse a posibles daños que se pueden presentar en la pintura automotriz, esto con la finalidad de evitarlos antes que se presenten; esta

acción se la puede aplicar partiendo de la recopilación de la información, las condiciones de operación y las intervenciones realizadas con anterioridad; así se podrá identificar fallas potenciales y se actúa conforme a un conjunto de medidas previamente establecidas, (Prodwaregroup, 2023).

3.2.2 *Mantenimiento Prescriptivo de la Pintura del Automóvil*

Es la secuencia del mantenimiento predictivo; el mismo toma como base el detalle y en la capacidad de poder identificar problemas que se pueden presentar en la pintura de los automóviles; este mantenimiento se caracteriza por reconocer los posibles desvíos respecto a los parámetros normales y sugiere aplicar acciones correctivas; es el tipo de mantenimiento más moderno en términos de tecnología, y en su aplicación se emplean recursos innovadores como la sonorización, la inteligencia artificial, la analítica predictiva, el aprendizaje automático, entre otros, (Prodwaregroup, 2023).

3.2.3 *Mantenimiento de la Pintura Automotriz*

Este mantenimiento surge desde la evaluación y observación directa del estado de la pintura que posee el automóvil, se debe aplicar la inspección de tipo visual más la combinación del uso de equipo apropiado y especializado en pintura automotriz; al tener este tipo de diagnóstico se puede realizar las acciones necesarias para aplicar las correcciones del caso, ya sean de tipo preventivas o correctivas de considerar la preparación del equipo especializado, de esta forma se podrá garantizar y anticipar las prevenciones antes que las intervenciones en el mantenimiento; estas acciones pueden programarse o ejecutarse en tiempo real mediante el uso de dispositivos electrónicos que detectan irregularidades y transmiten la falla a través de señales, lo que permite iniciar un protocolo de mantenimiento específico según cada caso particular, (Prodwaregroup, 2023).

3.2.4 *Mantenimiento Preventivo de la Pintura Automotriz*

Se diferencia de los anteriores por certificar un apropiado servicio en la preservación de la pintura que se utiliza en los automóviles; se lo aplica por medio de la organización y aplicación de acciones aplicadas al mantenimiento, además que están dirigidas a la prevención de los problemas que se pudieran presentar; al establecer este tipo de mantenimiento se podrá prolongar la vida útil del aspecto de la pintura del automóvil.

3.2.5 *Mantenimiento Correctivo de la Pintura del Automóvil*

Este mantenimiento hace referencia a distintas acciones que están dirigidas a corregir diversos problemas que se pudieran presentar en la pintura de los vehículos; este mantenimiento de forma específica se debe aplicar cuando ya se han presentado problemas y están llevando al deterioro pronunciado de la pintura del automóvil; en muchos casos en este proceso se deben realizar cambios de piezas o elementos, para ello se realizan los desmontajes necesarios para realizar el proceso de pintura, además de la calibración y reparación, al aplicar una secuencia adecuada de mantenimiento es posible reducir al mínimo el tiempo de paralización del vehículo

3.3 Métodos Aplicados en la Investigación

Por medio de la aplicación del método deductivo se parte hacia el análisis generalizado de la problemática presentada, desde allí se prosigue a la examinación de forma específica a los resultados obtenidos, siempre se utilizó la observación de forma directa hacia los resultados obtenidos, la investigación se desarrolló por medio de la modalidad de campo, se analizó datos de forma cualitativa, se emplearon herramientas que permiten obtener y analizar datos numéricos y porcentuales; también se consideró la información relevante sobre la optimización del proceso de pintado de chapas metálicas automotrices mediante el uso de pintura electrostática.

También se resalta la posibilidad de la medición de los beneficios que están enfocados en el cliente y asimismo con miras hacia el taller de pintura automotriz, por medio de la

optimización de los procesos de pintura y en especial enfocada a la pintura electrostática, que es el método estudiado en el presente proyecto.

3.4 Tipos de Estudios Aplicados en la Investigación

Los tipos de investigación que se aplicaron en el estudio son: investigación descriptiva, bibliográfica y de campo.

3.4.1 Investigación Descriptiva

Esta investigación se la utiliza porque permite la descripción detallada de la situación y la problemática relacionada con el tema de la pintura de tipo electrostática o pintura en polvo, los posibles problemas y fallas en la precisión de la dureza en el pintado de vehículo y el tiempo perdido en los reprocesos de pintura automotriz.

3.4.2 Investigación Bibliográfica

Mediante la investigación bibliográfica fue posible recabar información de libros, enciclopedias, revistas, guías y portales de internet que se relacionan con la temática en estudio, referentes a la optimización del proceso de pintado de vehículos mediante la aplicación de la pintura electrostática.

3.4.3 Investigación de Campo

La investigación de campo se aplicó para la optimización del proceso de pintado de vehículos por medio de la aplicación de la pintura electrostática, la misma que permitió la aplicación de un experimento para probar el objetivo principal del trabajo investigativo.

3.5 Descripción del proceso de aplicación de la pintura electrostática

A continuación se realiza el detalle de la aplicación del proceso de la pintura electrostática en chapas metálicas automotrices para lo cual se debe considerar la seguridad industrial de las personas que aplican este tipo de pintura, debido a que es un sistema de pintura en polvo y genera mucha contaminación ambiental y es muy perjudicial para el sistema respiratorio de las personas, por tal motivo se recomienda el uso obligatorio de mascarilla o

protección respiratoria para evitar problemas de salud.

Para ello se desarrolla la descripción de cada uno los elementos de protección para el personal o también conocidos como los EPP:

3.5.1 Guantes de Protección

Es importante que las personas que se dedican a la aplicación de este tipo de pintura utilizar guantes de protección con la finalidad de evitar el contacto directo con la piel y evitar la absorción por medio de la piel, (ver figura 9).

Figura 9

Guantes de Protección



Fuente: (Axalta, 2023)

3.5.2 Calzado de Seguridad

Para la aplicación de cualquier tipo de pintura automotriz se debe utilizar la protección adecuada de los pies, por ello es indispensable utilizar zapatos que brinden seguridad apropiada, por ejemplo, estar protegidos ante caída de cualquier objeto o evitar cualquier tipo de resbalamiento, es decir que sean con las puntas de acero y tengan suelas antideslizantes, (ver figura 10).

Figura 10*Zapatos de Protección Industrial*

Fuente: (Botasdeseguridadimpermeables, 2025)

3.5.3 Mascarilla o Respiradores

Las mascarillas o protección respiratoria se las utiliza con la finalidad de evitar que se la absorción por medio de la respiración e ingresen al sistema respiratorio, estos pueden ser partículas de polvo, pintura, restos de masilla y la adsorción de solventes y pinturas gasificada que son elementos muy perjudiciales para la salud, para el caso particular de la pintura en polvo de tipo electrostática se debe tomar con mayor énfasis la protección respiratoria debido a que este tipo de pintura es muy contaminante y sobre todo causa micho problemas en el sistema respiratorio, además se tiene registros que este tipo de pintura puede generar problemas de tipo cancerígenos, es por ello que se debe aplicar la protección adecuada, (ver figura 11).

3.5.4 Protección Auditiva

La protección de tipo auditiva, (ver figura 12), se la debe utilizar en todo proceso donde la persona este expuesta a ruidos que sean perjudiciales a la salud, y que estén por encima de los 85 dBA (decibeles), generalmente en un taller de pintura se llega a superar este nivel de ruido sobre todo por el uso de herramientas de tipo neumáticas y el uso del compresor de aire y otros aspectos como el golpe por enderezar las chapas metálicas.

Figura 11*protección Respiratoria*

Fuente: (Clubdelpintoraxalta, 2025)

Figura 12*Protección Auditiva*

Fuente: (Segusa, 2024)

3.5.5 Uso del Mandil o del Overol

Para estar protegidos de forma integral se recomienda el uso de overol o del mandil al momento de aplicar cualquier tipo de pintura de uso automotriz, el uso del overol se lo aplica más cuando se trabaja de forma integral en una cabina de pintura, debido a que brinda protección de todo el cuerpo y evita que se adsorban impurezas por medio de la piel, como opción alternativa se puede utilizar el mandil que se lo puede utilizar cuando se trabaja en lugares más

abiertos o ventilados por lo general brinda un ambiente más cómodo para trabajar y presenta seguridad para el cuerpo del trabajador, (ver figura 13).

Figura 13

Mandil y Overol Utilizado por Pintores Automotrices



Fuente: (Jacsaautocare, 2025)

Para realizar la aplicación del proceso de pintura electrostática se debe seguir los siguientes pasos.

1. Se debe tener la pieza seleccionada para realizar la aplicación de la pintura en polvo o conocida como electrostática, es importante señalar que el elemento a ser pintado debe estar completamente limpio, es decir no debe existir ningún tipo de residuos de pintura o de cualquier otro material como polvo o impurezas, se puede aplicar un paño con diluyente para limpiar cualquier residuo, y luego asegurarse que quede totalmente limpio y seco.
2. Además, se debe resaltar que el elemento a ser pintado no debe presentar ningún tipo brillo, es decir el elemento debe ser tipo mate, ver figura 14, esto con la finalidad que el proceso de pintura se logre aplicar de forma apropiada y segura, de esta forma se alcanzará un acabado final de buena calidad, en caso de tener algún

tipo de brillo se debe aplicar un lijado con lija número 800, 900 y luego la 1000.

3. Es importante destacar la recomendación sobre el precalentamiento del horno unos 20 minutos antes para se inicie en sistema de precalentado, (ver figura 15), se recomienda que la temperatura este cercana al rango de 30° y 40° centígrados, esto con la finalidad de mejorar el acabado final del elemento a ser pintado.

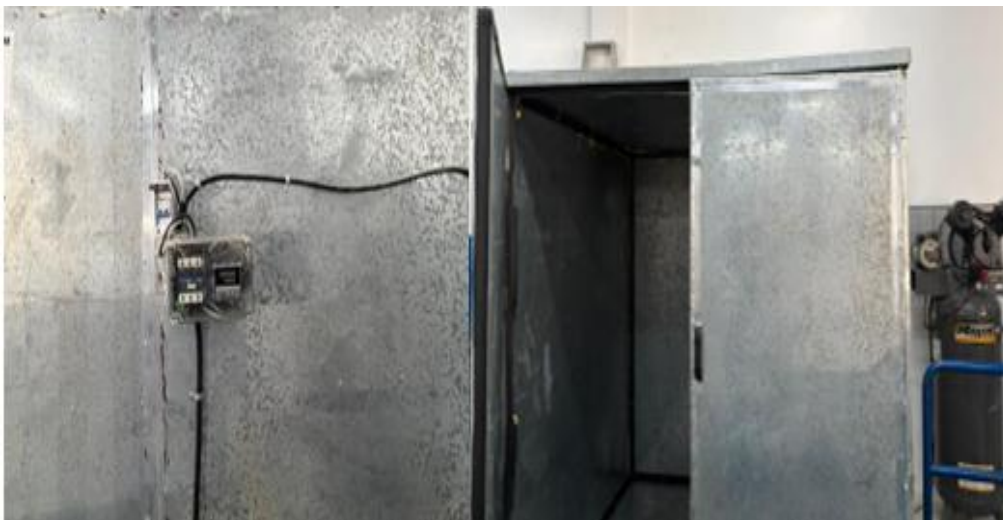
Figura 14

Elemento a ser Pintado



Figura 15

Horno de Pintura



4. Luego se debe asegurar de tener todo el equipo en óptimas condiciones para ser

utilizado, (ver figura 16), el equipo consta de la pistola, el pedal para la transmisión de la corriente o que sierre el circuito, además de los recipientes para depósito de la pintura, en este caso se utilizó pintura de color negro, es importante señalar que el equipo trabaja con corriente alterna de 110 voltios.

Figura 16

Equipo de Pintura Electrostática



5. Se utilizó papel de tipo periódico para ubicarlo en el parte inferior donde estamos aplicando la pintura, está acción se recomienda con la finalidad de poder recoger toda la pintura que se cae y no logra adherir a la pieza metálica. Se debe recordar que este tipo de pintura es de costo elevado y por ello no se debe desperdiciar la misma de modo que al caer sobre el papel de tipo periódico, se la puede cernir y luego ser utilizada nuevamente. No debemos olvidar el utilizar sobre todo la mascarilla de protección respiratoria para no inhalar la pintura y evitar problemas respiratorios.
6. Luego se ubicó el elemento de tal manera que se pueda realizar la aplicación de la pintura en todo su contorno, es importante señalar que se debe ubicar la toma de

tierra al elemento a ser pintado, se puede utilizar un elemento adicional que sea transmisor de corriente como un alambre que sea de tipo galvanizado para que se pueda transmitir la corriente.

7. Luego se procedió al llenado de la pintura en polvo en recipiente correspondiente, (ver figura 17), para este caso se escogió dos colores de pintura negro y blanco por separado para pintar piezas separadas como se mostrará más adelante.

Figura 17

Ubicación de la Pintura en el Recipiente de la Pistola



8. Se procedió a ubicar el elemento o pieza a ser pintada de tal forma que facilitara el proceso de pintado. No debemos olvidar que se debe tener la conexión a tierra con la pieza para que cierre el circuito y se produzca la adherencia de la pintura de forma correcta, como se recomendó en pasos anteriores de preferencia se debe utilizar alambre que no sea galvanizado para lograr la trasmisión correcta de la corriente o el cierre adecuado del circuito, (ver figura 18).
9. A continuación, fue aplicada la pintura, sin olvidar conectar la toma de aire comprimido. El aire procedente del compresor debe estar en una presión nominal de 30 PSI, además al momento de aplicar la pintura se debe presionar el pedal con el pie para establecer el cierre del circuito. Cabe resaltar que al momento de aplicar

la pintura se debe realizar de tal forma que al aplicarla lo debemos hacer formando círculos, realizando entre tres o cuatro círculos en cada pasada antes de seguir avanzando, luego se llega hasta el final del elemento y se repite el proceso unas tres o cuatro veces (ver figura 19).

Figura 18

Ubicación de la Masa o Tierra para Cerrar el Circuito



Figura 19

Proceso de Pintado con Pintura Electrostática



10. Adicionalmente se realizó el pintado de otras piezas para comprobar y verificar la eficiencia del sistema de pintura electrostática. Se decidió realizar en dos elementos metálicos de uso automotriz como la llave de tipo francesa y una llave mixta de medida 13/16 pulgadas, ambas no presentaban ningún tipo de pulimento, es decir,

estaban en forma mate, (ver figura 20).

Figura 20

Llave de Tipo Francesa a ser Pintada



11. Cuando se terminó de aplicar el proceso de la pintura de tipo electrostática en todas la piezas o elementos seleccionados se procedió a ubicarlas en el horno de pintura que previamente fue precalentado entre los 30⁰ y 45⁰ centígrados. Para este caso se recomienda ubicarlos en la parte superior del horno y para ello se utilizó un alambre donde se las colgó, (ver figura 21).

Figura 21

Ubicación de los Elementos Pintados en el Horno de Pintura



12. Para alcanzar un acabado final apropiado y de alta calidad se dejaron los elementos en el horno de pintura hasta que la temperatura llegara a los 220⁰ centígrados aproximadamente, asegurando el sellado de la pintura de forma hermética, esto con la finalidad de aprovechar al máximo todo el calor generado en el interior del horno.
13. Cuando se ha alcanzó la temperatura deseada se procedió al apagado del horno, seguido lo cual, empezó a bajar la temperatura; generalmente se recomienda esperar aproximadamente 30 minutos antes de proceder a la apertura del horno, se debe tomar las precauciones del caso al momento de abrir las puertas del horno debido a que en su interior existe una alta temperatura y podría causar daños o quemaduras al momento de su apertura, también se debe tomar las precauciones del caso al momento de tomar piezas metálicas porque aún están con temperatura elevada y podrían causar quemaduras.
14. Finalmente se logró aplicar la pintura de tipo electrostática en las piezas metálicas de uso automotriz, y se obtuvo un acabado final adecuado en las piezas que se utilizaron para hacer la demostración deseada, (ver figura 22).

Figura 22

Acabado Final de los Elementos Pintados



Capítulo IV

Análisis de Resultados

Para detallar el análisis de los resultados obtenidos en el proceso de la aplicación de la pintura electrostática en chapas metálicas de uso automotriz se detallan los detalles obtenidos en la investigación, los resultados se los ilustra por medio de imágenes y detalle de los resultados. Por medio de análisis se puede detallar la base fundamental para validar o refutar las hipótesis planteadas inicialmente y con ello poder establecer las conclusiones y recomendaciones finales.

Los resultados presentados sirven para establecer el detalle del proceso de aplicación de la pintura electrostática, y luego realizar la evaluación de su desempeño, para ello tomamos como base todos los aspectos técnicos y prácticos aplicados, también se debe resaltar las recomendaciones realizadas en el proceso que se detallan en el capítulo 3 como por ejemplo el tiempo y calentura del precalentamiento del horno antes de someter las piezas a altas temperaturas, la limpieza de las piezas entre otras.

4.1 Análisis de Datos Obtenidos

Para el análisis de los resultados se debe empezar por lo más básico que la limpieza de los elementos a ser pintados, la preparación de los equipos y la pintura, la técnica utilizada en la aplicación de la pintura de tipo electrostática y el medio o el entorno de trabajo, la protección personal del pintor, por ello se las detalla a continuación:

4.2 Análisis de Resultados en la Aplicación de la Pintura Electrostática

1. Se realizó la aplicación de la pintura de tipo electrostática en chapas metálicas de uso automotriz obteniendo un resultado muy favorable, esperado y planteado en las hipótesis, este resultado es muy favorable, sobre el tema de protección de la parte metálica, además se resalta que se realizó la aplicación en varias chapas metálicas y se pudo visualizar su aspecto como se muestra en la figura 23.

Figura 23

Resultado Final de la Aplicación de Pintura Electrostática



2. Al momento de realizar la aplicación de la pintura electrostática se logró establecer la diferencia en relación con la aplicación de la pintura tradicional, sobre todo la que se utiliza con solvente.
3. También se estableció la diferencia de tiempo en la aplicación de la pintura electrostática en relación al método de pintura tradicional, por ejemplo el tiempo que se tardó en la aplicación de la pintura detallada en este proyecto en la que se demoró treinta minutos, mientras que por medio de las investigaciones de forma directa al aplicar la pintura tradicional se tardaría aproximadamente una hora con treinta minutos, es decir, que en relación al tiempo de aplicación, este favorece a la pintura electrostática; si nos regimos por este aspecto, es mejor aplicar la pintura electrostática debido a las bondades que presta para la protección de las chapas automotrices.

4. Como dato adicional podemos destacar que al momento de ubicar una de las piezas en la parte superior del horno que estaba pintada con la pintura electrostática y al momento de cerrar sufrió una caída y por ende no se logró alcanzar el acabado final con igual aspecto que las otras piezas, esto debido a que estuvo menor tiempo y exposición al calor; sin embargo, se logró obtener un acabado que en el medio es conocido como el tipo terciopelo, el cual es un nuevo método de aplicación de la pintura electrostática. Este nuevo método se utiliza más en los interiores de los vehículos para dar el aspecto de tela impresa en el metal (ver figura 24).

Figura 24

Aspecto de Terciopelo



Conclusiones

- La aplicación del proceso de pintura de tipo electrostática aplicada en chapas y accesorios de uso metálico automotriz demostró que es un método o técnica viable y efectiva, se logró la adherencia de forma apropiada, esto se da por el principio de atracción electrostática entre partículas cargadas negativamente y el sustrato metálico que se conecta a tierra, el método aplicado permitió alcanzar acabados que brindan y presenta uniformidad en todo su aspecto, siendo adaptable a diferentes chapas metálicas de uso automotriz.
- La recopilación y sistematización de información técnica sobre la pintura electrostática permitió establecer una base teórica sólida que fundamenta su aplicación en componentes automotrices. Este proceso de particularización de la información evidenció que la tecnología electrostática constituye un sistema integral que va más allá de ser una simple alternativa a los métodos convencionales, requiriendo conocimientos técnicos especializados sobre principios de atracción electrostática, preparación de superficies metálicas y parámetros de curado para garantizar su correcta implementación.
- La ejecución práctica del proceso de pintura electrostática en chapas y accesorios metálicos automotrices confirmó la viabilidad y efectividad del método. Se logró una adherencia óptima mediante el principio de atracción entre partículas cargadas negativamente y el sustrato metálico conectado a tierra. El proceso de curado en horno a 220°C durante aproximadamente 30 minutos resultó determinante para alcanzar acabados uniformes con las propiedades mecánicas y de resistencia química requeridas, demostrando la adaptabilidad del sistema a diferentes componentes metálicos automotrices.

- La comparación directa entre ambos métodos reveló que el proceso de pintura electrostática requiere únicamente 30 minutos, frente a las aproximadamente una hora y treinta minutos del método tradicional, representando una reducción del 67% en el tiempo de aplicación. Esta ventaja temporal se complementa con mejoras significativas en la calidad del acabado final, mayor uniformidad en la aplicación, superior resistencia y dureza de la capa aplicada, consolidando a la pintura electrostática como una alternativa más eficiente y de mayor calidad para el tratamiento de superficies metálicas automotrices.

Recomendaciones

- Se recomienda tener el cuidado necesario al momento de aplicar la pintura de tipo electrostática, enfocado en la limpieza de la pieza o elemento, además tomar las precauciones del caso de tener el horno precalentado a 30°C. Adicionalmente se debe capacitar de forma constante al personal involucrado en nuevas técnicas de aplicación de pintura de uso automotriz.
- Sería conveniente realizar inversión en mejorar los sistemas de automatización como el sistema de aire comprimido y el sistema de apagado y encendido del horno cuando alcance la máxima temperatura; implementar programas de mantenimiento preventivo de los equipos, incluyendo la limpieza regular de las pistolas electrostáticas, verificación de conexiones a tierra y calibración periódica de los sistemas de control de voltaje.
- Se recomienda además, realizar un análisis de costo-beneficio integral que considere no solo el tiempo de aplicación, sino también los costos asociados con consumo de material, consumo energético, manejo de residuos, cumplimiento normativo ambiental y costos de mano de obra.
- Para maximizar la ventaja temporal del proceso electrostático, se sugiere optimizar el flujo de trabajo mediante la implementación de sistemas de transporte por riel o cadena que permitan el movimiento continuo de las piezas desde la preparación superficial hasta el curado, minimizando los tiempos de manipulación.
- Adicionalmente, se recomienda considerar la inversión en sistemas de recuperación de polvo no aplicado, que pueden recircular hasta el 95% del material, convirtiendo la eficiencia temporal en ahorro económico tangible

Bibliografía

- Academy. (2023). Obtenido de <https://academy.sinnek.com/ventajas-pintura-al-agua-para-coche/>
- Asboc.es. (2024). Obtenido de <http://www.asboc.es/2020/07/uso-de-mascarillas-en-el-taller-como.html>
- AUTODOCCLUB. (2023). *Fuente:* . Obtenido de Fuente: : <https://club.autodoc.es/magazin/inyectores-como-funcionan-y-a-que-averias-estan-expuestos>
- Autosyautopartes. (2024). Obtenido de <https://www.autosyautopartes.com/hidrografia-automotriz-como-funciona/>
- Axalta. (2023). Obtenido de https://www.axalta.com/blog_mx/es_ES/repintado-automotriz/proceso-repintado/como-aplicar-correctamente-pintura-base-agua-en-un-auto.html
- Botasdeseguridadimpermeables. (2025). Obtenido de <https://botasdeseguridadimpermeables.com/calzado-de-seguridad-en-la-industria>
- Cañada, M., & Royo, R. (2016). *Termografía Infrarroja. Nivel II*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Clubdelpintoraxalta. (2025). Obtenido de <https://www.clubdelpintoraxalta.com/wp-content/uploads/2022/07/mascaras-pistolas-para-pintar-autos-p.jpg>
- Coluccio, E. (16 de Julio de 2023). *Concepto*. Obtenido de <https://concepto.de/transferencia-de-calor/>
- Conservatucoche. (2023). *Conservatucoche*. Obtenido de Conservatucoche: <https://www.conservatucoche.com/es/motor/que-es-el-filtro-combustible-29.html>
- Directindustry. (2024). Obtenido de <https://guide.directindustry.com/es/que-calzado-de-seguridad-elegir/>

elchapista. (2025). Obtenido de https://www.elchapista.com/pintura_para_coches.html

Epsservicioautomotriz. (2023). Obtenido de <https://www.epsservicioautomotriz.com/single-post/todo-lo-que-debes-saber-sobre-la-pintura-de-tu-auto>

Foropinturacoches. (2023). Obtenido de <http://foropinturacoches.com/proceso-de-difuminado-para-pintado-de-coches/>

González, C. D. (2011). *Motores*. Paraninfo.

Incropera, F., & DeWitt, D. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor*. México: Prearson Prentice Hall.

Jacsautocare. (2025). Obtenido de <https://www.jacsautocare.com/images/pintura-automotriz-por-piezas-de-vehiculos.jpg>

Jiménez, J., Navarro, J., Morales, T., Casado, E., & García, J. (2018). *Preparación de Superficies*. Paraninfo.

Kavak. (2022). Obtenido de <https://www.kavak.com/mx/blog/pintura-automotriz-todo-lo-que-debes-saber-sobre>

Laminasyaceros. (2025). Obtenido de <https://blog.laminasyaceros.com/blog/pintura-electrost%C3%A1tica>

Leroymerlin. (2023). Obtenido de [https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/consejos/que-es-pintura-al-agua.html#:~:text=El%20diluyente%20es%20el%20elemento,que%](https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/consejos/que-es-pintura-al-agua.html#:~:text=El%20diluyente%20es%20el%20elemento,que%20)

Loctite-Teroson. (2025). Obtenido de <https://blog.reparacion-vehiculos.es/composicion-de-la-pintura-de-carroceria>

Mitsubishi-motors. (2021). Obtenido de <https://www.mitsubishi-motors.com.pe/blog/que-es-carroceria-auto/>

Motor.es. (2022). Obtenido de <https://www.motor.es/que-es-carroceria>

Motorpasion. (2021). Obtenido de <https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/sabes-que-tipo-carroceria-lleva-tu-coche-te-explicamos-facil-ejemplos>

- Niño, E., Monterrosa, E., Romero, J., & Nicolas, R. (2019). *Manual de Reparaciones de Automóviles*. Lexus.
- Parks, D. (2019). *Manual de areparación de Carrocería y Pintura Automotriz*. Limusa.
- Pérez, B. M. (2011). *Sistemas Auxiliares del Motor*. Paraninfo.
- Perfectprime. (2023). Obtenido de Perfectprime: <https://perfectprime.com/>
- Pittsburghsprayequip. (2025). Obtenido de <https://pittsburghsprayequip.com/blogs/pittsburgh-spray-equipment-company/selecting-powder-coating-gun-tribo-vs-corona-style?srltid>
- Powdertronic. (2025). Obtenido de <https://powdertronic.com/importancia-de-la-tierra-fisica-para-la-pintura-electrostatica/>
- Prodwaregroup. (2023). Obtenido de <https://blog.prodwaregroup.com/es/perfiles/niveles-mantenimiento-pasar-postura-reactiva-proactiva/>
- Proinna. (2025). Obtenido de <https://proinna.wordpress.com/>
- Pruebaderuta. (2023). Obtenido de <https://www.pruebaderuta.com/pintura-automotriz-conceptos-generales.php>
- Quadisrecambios.es. (2022). Obtenido de <https://www.quadisrecambios.es/blog/recambios-originales/carroceria/proceso-pintado-coche-nuevo/>
- recambiosindalo. (2013). *recambiosindalo*. Obtenido de recambiosindalo: <https://www.recambiosindalo.com/>
- ro-des. (2023). *ro-des*. Obtenido de ro-des: <https://www.ro-des.com/mecanica/como-identificar-averia-bomba-gasolina/>
- Roto. (2023). Obtenido de <https://roto.com.mx/por-que-usar-la-pintura-automotriz-base-agua/>
- Santiago, S. (2023). *Santiago, Soluciones*. Obtenido de Santiago, Soluciones: <https://santiagosolucion.com/inyectores-fallas-comunes-y-como-detectarlas/>
- Segusa. (2024). Obtenido de <https://i0.wp.com/www.segusa.com.mx/wp-content/uploads/2023/07/protectores-auditivos-1.jpg?resize=1140%2C641&ssl=1>

spectrapremium. (2023). Obtenido de spectrapremium:
<https://www.spectrapremium.com/es/oem/automotive/steel-fuel-tanks>

Talleres, B. (2022). *Buscando Talleres*. Obtenido de Buscando Talleres:
<https://buscadordetalleres.com/blog/diferentes-tipos-de-sistemas-de-refrigeracion/>

TOPDON. (2023). Obtenido: [https://m.topdon.com/diagnostic_detail.html?name=Phoenix%](https://m.topdon.com/diagnostic_detail.html?name=Phoenix%20)

zonadepinturas. (2022). Obtenido de <https://www.zonadepinturas.com/mas-a-fondo/pinturas-y-recubrimientos/7282-pintura-en-polvo-reciclada.html>

