



INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Proyecto previo a la Obtención del Título de Ingeniero Automotriz

Autores: Carlos José Ibarra Rodríguez.

Sadai André Jara Béjar.

Tutor: Ing. Adolfo Peña Pinargote. Msc.

Implementación de un Horno para el Secado de Chapas Automotrices con Pintura Electroestática

Certificación de Autoría

Nosotros, Carlos José Ibarra Rodríguez y Sadai André Jara Béjar, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros 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.

Carlos José Ibarra Rodríguez

C.I: 0950877381

Sadai André Jara Béjar

C.I: 0925749392

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

Director del Proyecto

Dedicatoria

El presente proyecto es dedicado:

En primer lugar, a Dios por permitirme que todo esto se diera, por brindarme salud y vida.

También va dedicado a la maravillosa familia que tengo y a mis seres que ya no me acompañan en este mundo terrenal, que gracias a ellos he podido llegar hasta donde hoy me encuentro.

Carlos José Ibarra Rodríguez

Dedicatoria

El proyecto de titulación es dedicado:

A Dios sobre todas las cosas, por brindarme vida para llegar hasta este punto y esta meta de
convertirme en Ingeniero.

A mi madre es mi pilar fundamental en mi vida y mi familia por brindarme su apoyo.

Sadai André Jara Béjar.

Agradecimiento

El presente agradecimiento es dirigido para:

Principalmente a Dios por brindarme en regalo de la vida y de brindarme salud, prosperidad,
oportunidades y experiencias.

A mis padres que siempre me han apoyado en todo y han hecho hasta lo imposible para que
yo cumpla con mis metas.

A mis hermanas que son un pilar fundamental en mi vida y que me han demostrado que todo
con responsabilidad y esfuerzo se puede lograr.

A mis seres queridos que hoy no se encuentran conmigo, pero que desde más allá me brindan
su apoyo y cuidado.

A mis amistades sinceras, que cuando no doy más me brindan un último aliento de esfuerzo.

A mis compañeros, los cuales estuvieron en momentos en los que los necesite.

A mis familiares, que me supieron brindar un consejo.

A mi querido tutor el Ing. Peña quien se convirtió en un amigo y supo apoyarme durante la
carrera y el proyecto de titulación.

A mis docentes que me brindaron conocimiento para seguir creciendo como estudiante y
persona.

A las personas que en cierto punto no creyeron que lo lograría, les agradezco también a ellos,
porque me motivaron a no rendirme y demostrarles que si soy capaz.

Carlos José Ibarra Rodríguez.

Agradecimiento

Este agradecimiento va para:

A Dios en primer lugar, ya que gracias a el todo esto es posible.

A mi mamá, porque ella es la persona más importante en mi vida, y ya que me brinda su apoyo incondicional.

A mis hermanos que en ellos puedo confiar siempre, y cada vez me enseñan a cómo mejorar en la vida.

A mi novia, a la cual amo y si en algún momento siento que no puedo, ella me brinda un segundo aliento para no rendirme.

A mi compañero de tesis y amigo Carlos Ibarra, el cual se ha convertido en mi mano derecha en todo este proceso.

A mis docentes, los cuales me han brindado una amplia gama de conocimientos, los cuales me van a servir para toda la vida.

Al Ing. Adolfo Peña, el cual siempre supo apoyarnos y darnos un consejo.

A mis compañeros, por no únicamente ser compañeros de curso, sino por convertirse en amigos.

Sadai André Jara Béjar.

Índice de Contenido

Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vii
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tablas	xv
Índice de Anexo	xvi
Resumen.....	xvii
Abstract.....	xviii
Introducción.....	1
Capítulo I	2
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.3. Sistematización del Problema.....	3
1.4. Objetivos del Problema	3
1.4.1. <i>Objetivo Específico</i>	3
1.4.2. <i>Objetivos Generales</i>	3
1.5. Justificación y Delimitación de la Investigación.....	4
1.5.1. <i>Delimitación Temporal</i>	4
1.5.2. <i>Delimitación Geográfico</i>	4
Capítulo II.....	6
Marco Conceptual.....	6
2.1. Pintura Electroestática.....	6

2.2.	Pistola Electroestática	7
2.3.	Horno de Secado de Pintura.....	8
2.4.	Marco Teórico	9
2.4.1.	<i>Tipos de Acabados Resultantes</i>	9
2.4.2.	<i>Acabado Mate</i>	9
2.4.3.	<i>Acabado Perlado</i>	9
2.4.4.	<i>Acabado Metálico</i>	9
2.4.5.	<i>Acabado Bicapa</i>	9
2.4.6.	<i>Acabado Tricapa</i>	10
2.4.7.	<i>Pinturas Automotrices</i>	10
2.4.8.	<i>Temperatura</i>	10
2.4.9.	<i>Clima en Ecuador</i>	10
2.4.10.	<i>Consecuencias de los Efectos Climáticos en la Pintura de un Automóvil</i>	13
2.4.11.	<i>Contaminación del Aire por Partículas de Pintura</i>	15
2.5.	Procesos de Secado de Pintura Automotriz.....	16
2.5.1.	<i>Secado por Radiación Infrarroja</i>	16
2.5.2.	<i>Secado por Equipos Vénturi</i>	17
2.5.3.	<i>Secado por Radiación Ultravioleta</i>	17
2.5.4.	<i>Secado por Paneles Endotérmicos</i>	18
2.6.	Propiedades de la Pintura Electroestática.....	19
2.7.	Cuidados para la Pistola de Pintura Electroestática	20

Capítulo III.....	21
Desarrollo y Pruebas de Estudio.....	21
3.1. Preparación de la Pieza.....	21
3.2. Pintado de la Pieza con Secado a la Intemperie.....	22
3.3. Preparación del Horno para su Utilización.....	27
3.4. Pintado de la Pieza con Secado en Horno.....	28
3.5. Limpieza de los Residuos de Pintura.....	31
3.6. Análisis de Secado a la Intemperie.....	32
3.7. Comparación Entre el Secado a la Intemperie y el Secado en el Horno.....	34
3.8. Materiales.....	36
3.8.1. Láminas de Acero Galvanizado.....	36
3.8.2. Lana Fibra de Vidrio.....	36
3.8.3. Acero Negro.....	37
3.8.4. Remaches de Aluminio.....	37
3.8.5. Cinta de Espuma Aislante.....	37
3.9. Componentes Electrónicos.....	37
3.9.1. Contactor.....	37
3.9.2. Control de Temperatura.....	37
3.10. Dimensiones del Horno.....	38
3.11. Ergonomía.....	40
3.12. Diagrama Eléctrico.....	40

3.13.	Construcción del Horno	41
3.14.	Equipos de Protección Personal.....	42
3.15.	Equipo para Aplicación de Pintura Usado en la Realización del Proyecto	43
3.16.	Conexión Eléctrica del Horno.....	44
3.17.	Disponibilidad de Pintura Electroestática en la Ciudad de Guayaquil.	45
3.18.	Desventajas de la Pintura Electroestática	46
	Capítulo IV.....	47
	Resultados.....	47
4.1.	Beneficios al Usar el Horno de Secado.....	47
4.2.	Puntos Por Mejorar	47
4.3.	Costos de la Implementación.....	48
4.4.	Guía Informativa.....	49
4.5.	Guía Práctica.....	50
	Conclusiones.....	53
	Recomendaciones.....	54
	Bibliografía.....	56
	Anexos	62

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación del Taller</i>	5
Figura 2 <i>Pintura Electroestática</i>	6
Figura 3 <i>Pistola Electroestática</i>	7
Figura 4 <i>Horno de Secado</i>	8
Figura 5 <i>Mapa Topográfico del Ecuador</i>	11
Figura 6 <i>Época Húmeda</i>	12
Figura 7 <i>Época Seca</i>	12
Figura 8 <i>Puntos de Alfiler</i>	13
Figura 9 <i>Marcas de Empalme</i>	14
Figura 10 <i>Piel de Naranja</i>	14
Figura 11 <i>Secado por Radiación Infrarroja</i>	16
Figura 12 <i>Secado por Equipos Vénturi</i>	17
Figura 13 <i>Secado por Radiación Ultravioleta</i>	18
Figura 14 <i>Secado por Paneles Endotérmicos</i>	18
Figura 15 <i>Cilindros Metálicos Cubiertos con Pintura Electroestática</i>	19
Figura 16 <i>Preparación de la Pieza</i>	21
Figura 17 <i>Limpieza de la Pieza con Diluyente</i>	22
Figura 18 <i>Pintado de la Pieza</i>	23
Figura 19 <i>Marca de Pintura</i>	23
Figura 20 <i>Calentamiento de la Pieza</i>	24
Figura 21 <i>Acabado de la Pieza</i>	25

Figura 22 <i>Secado de la Segunda Pieza</i>	26
Figura 23 <i>Defectos del Acabado por la Lluvia</i>	26
Figura 24 <i>Introducción de la Pieza al Horno</i>	27
Figura 25 <i>Pintado de la Pieza que se Introducirá en el Horno</i>	29
Figura 26 <i>Introducción de la Pieza Pintada al Horno</i>	29
Figura 27 <i>Comparación de Acabados</i>	30
Figura 28 <i>Acabado del Parachoques con Secado al Horno</i>	31
Figura 29 <i>Recolección del Sobrante de Pintura</i>	32
Figura 29 <i>Acabado de la Pieza con Secado a la Intemperie</i>	33
Figura 31 <i>Acabado de la Segunda Pieza con Secado a la Intemperie</i>	34
Figura 32 <i>Comparación del Acabado del Capo</i>	35
Figura 33 <i>Comparación del Acabado de Parachoques</i>	35
Figura 34 <i>Estructura y Medidas del Horno con las Puertas Abiertas</i>	39
Figura 35 <i>Estructura y Medidas del Horno con las Puertas Cerradas</i>	39
Figura 36 <i>Diagrama Eléctrico</i>	41

Índice de Tablas

Tabla 1 Tabla Comparativa Entre un Acabado en Horno y Otro a la Intemperie.....	36
Tabla 2 Costos de Implementación.....	48

Índice de Anexo

Anexo 1: Armado Estructural del Horno	62
Anexo 2: Limpieza de la Pieza	62
Anexo 3: Sistema de Calentamiento del Horno.....	63
Anexo 4: Impregnación de Impurezas	63
Anexo 5: Implementación del Controlador de Temperatura y Contactador.....	64
Anexo 6: Señal de Peligro Alta Temperatura	64

Resumen

El propósito de este proyecto está encaminado a demostrar los beneficios de la implementación de un horno para el secado de chapas automotrices, estos beneficios permitieron realizar pruebas comparativas las cuales han demostrado la gran utilidad de utilizar un horno. La mayoría de los talleres de pintura no utilizan cabinas de pintura o, en este caso, hornos de secado, estos brindan un tiempo de espera más corto en comparación con el secado al aire libre y brindan un mejor acabado en la chapa automotriz. El proyecto está enfocado al secado de chapas automotrices con pintura electrostática, que es un tipo de pintura poco común, se caracteriza por ser pintura en polvo. Con el paso de los años ha ido aumentando su popularidad, pero sigue sin ser tan conocida como otros tipos de pintura, esta pintura se caracteriza por ser fácil de aplicar, de secado rápido y no requiere de tanta experiencia para su uso. Para demostrar por qué es mejor usar un horno para secar las piezas, se hicieron pruebas de pintado con pintura electrostática, las piezas se pintaron por una parte usando secado al aire libre y otras en horno y los resultados mostraron cuáles son las ventajas y desventajas de cada método de secado. Gracias al desarrollo de este proyecto, no solo se demuestran los beneficios del secado en horno, sino también el uso de pintura electrostática, y por qué es una gran opción para su uso en la industria automotriz.

Palabras clave: Pintura electrostática, horno de secado, acabados, láminas metálicas.

Abstract

The purpose of this project is aimed to demonstrate the benefits of the implementation of an oven for drying automotive metal sheets, these benefits allowed to perform comparative tests which have demonstrated the great utility of using an oven. Most paint shops do not use painting cabins or in this case, drying ovens, these provide a shorter waiting period compared to drying outdoors and it provides better finish on the metallic sheet. The project is focused on drying automotive metallic sheets with electrostatic paint, which is an unusual type of paint, it is characterized by being powder paint. Over the years, its popularity has increased, but it continues without being as well-known as other types of paint, this paint is characterized by being easy to apply, fast-drying, and not requiring as much experience to use. To demonstrate why it is better to use an oven to dry the pieces, painting tests were made with electrostatic paint, pieces were painted in one side using dried outdoors and others in the oven and the results showed what are the advantages and disadvantages of each drying method. Thanks to the developing of this project, not only demonstrate the benefits of oven drying, but also the use of electrostatic paint, and why it is a great option to use it in automotive industry.

Keywords: Electrostatic painting, drying oven, finishes, metallic sheet.

Introducción

En el mundo automotriz existen una variedad de pinturas a utilizar y de tipos de secado, ya que se puede secar una pieza automotriz mediante el uso de un horno, lámparas de calor, secado a la intemperie y pistolas de calor. Sin embargo, el presente proyecto se centra en el secado de chapas automotrices con pintura electroestática con la utilización de un horno, para así logran conseguir un acabado mucho más uniforme en comparación con otro tipo de secado, que en el caso del presente proyecto fue en comparación con un secado a la intemperie.

Al momento de pintura cualquier tipo de chapa automotriz una parte fundamental es el curado, es decir el proceso de secado, ya que en a partir de este punto se irá forjando el acabado de la pieza, ya que al secar una pieza en un horno este nos permite aislar todo tipo de impureza de la pieza evitando que se adhieran a ella, y ayudando a conseguir un acabado más uniforme, además de ayudar a que la pieza esté lista en un menor tiempo, debido a las altas temperaturas a las que un horno de secado trabaja.

Muchos talleres automotrices no utilizan un horno, sino que dependen mucho del clima que haga para poder realizar un proceso de pintado y de secado, porque si no hace un buen clima el tiempo de secado es indefinido, como también si el acabado va a ser bueno, porque si el ambiente está lleno de polvo durante el pintado o el mismo secado, estas impurezas de se quedan pegadas en la pieza. La obtención de un buen acabado es primordial para todo taller automotriz, ya que un buen acabado se podría dar como un sello de calidad en el trabajo del taller.

Capítulo I

Los acabados de pintura de un vehículo siempre ha sido algo primordial para los dueños de un automóvil, pero no siempre los talleres cumplen con las expectativas de sus clientes y por lo general se debe a los estándares deficientes o procesos mal aplicados al secar las piezas. Una chapa automotriz se debería curar en un ambiente controlado libre de impurezas, dado que las impurezas pueden dañar el resultado final, por eso la utilización de un horno para el secado de las piezas es de gran ayuda para la obtención de un buen acabado, ya que nos ayuda ahorrar tiempo de trabajo, evitar las impurezas y proteger a la chapa de los efectos climáticos.

Existen un sin número de acabados que se puede obtener en una pieza, dependiendo claramente de cuál es el tipo de pintado que se le aplique y la forma de secado de la pieza. En muchas ocasiones se usan hornos o cabinas de pintura, la cual es la forma correcta de hacer un trabajo de pintura en un vehículo. Sin embargo, en ciertos casos no saben utilizar un horno de manera correcta o de las precauciones que se deben tener al utilizarlos, ya que al ser un horno estos trabajan con altas temperaturas.

1.1. Planteamiento del Problema

El clima en el Ecuador es muy cambiante, siendo en la costa donde más se presentan estos efectos climáticos, tales como: Calor excesivo, humedad, salinidad, entre otros. Estos efectos hacen que secar una pieza en la intemperie sea perjudicial para el acabado de la chapa, además de generar una gran contaminación por la expansión de partículas de pintura en el ambiente. (Crash, 2016)

Cada vez la exigencia de una gran calidad de trabajo en el mundo de la industria va aumentando considerablemente, debido a esto se presentó la necesidad de la existencia de un horno de secado en un taller automotriz. Sin embargo, también se hizo necesario la realización de una guía práctica del uso del horno, debido a que para todo trabajo se debe seguir una serie de pasos para un resultado aceptable, además de que se tiene saber cuáles son las precauciones

por seguir para la seguridad de los usuarios, ya que un horno trabaja a grandes temperaturas que sin el debido cuidado puede ser perjudicial para cualquier individuo. (PPG, 2017)

Al realizar una comparación entre los acabados obtenidos por las distintas formas de secado se logró demostrar cuales eran el beneficio de usar un horno para el secado de chapas automotrices con pinturas electroestáticas.

1.2. Formulación del Problema

¿El proyecto de implementar un horno para el secado de chapas automotrices pintadas con pintura electroestática, brindará una mejor calidad de acabado y facilidad de trabajo con respecto a un secado de la pieza al aire libre?

1.3. Sistematización del Problema

- ¿Cuáles son los beneficios de tener un horno de secado en un taller automotriz?
- ¿Cuál es la importancia de realizar un manual de usuario y de las precauciones que hay que tener con respecto al uso del horno?
- ¿Cuáles son las diferencias entre un secado en horno y un secado a la intemperie?
- ¿Qué tan beneficioso será usar un horno de secado con respecto al tiempo de secado?

1.4. Objetivos del Problema

1.4.1. Objetivo Específico

Implementar un horno para el secado de chapas automotrices pintadas con pintura electroestática.

1.4.2. Objetivos Generales

- Analizar los beneficios que se generan al momento de utilizar un horno para el secado de una chapa automotriz con pintura electroestática.
- Comparar el acabado que se produce al momento de secar una pieza en un horno y otra a la intemperie.

- Elaborar una guía práctica del uso del horno y acerca de los pasos y precauciones a seguir.

1.5. Justificación y Delimitación de la Investigación

En el punto que se tienen los objetivos específicos establecidos, se sitúa del porqué motivo se realizó la implementación del horno de secado para chapas metálicas automotrices.

El implementar un horno de secado permite comprender de mejor manera las propiedades que se obtienen en el acabado de una chapa automotriz al momento de usar un horno, se realizó una comparación de acabados mediante el secado en horno y el secado en intemperie, también al momento de la implementación del horno se logró comprender de mejor manera el funcionamiento y forma de uso del horno. También ayudando a explicar y demostrar los beneficios de utilizar un horno, el cual es la obtención de un acabado más uniforme, además de la reducción de tiempo de trabajo y de contaminación al reducir la proliferación de las partículas de pintura en el ambiente.

1.5.1. Delimitación Temporal

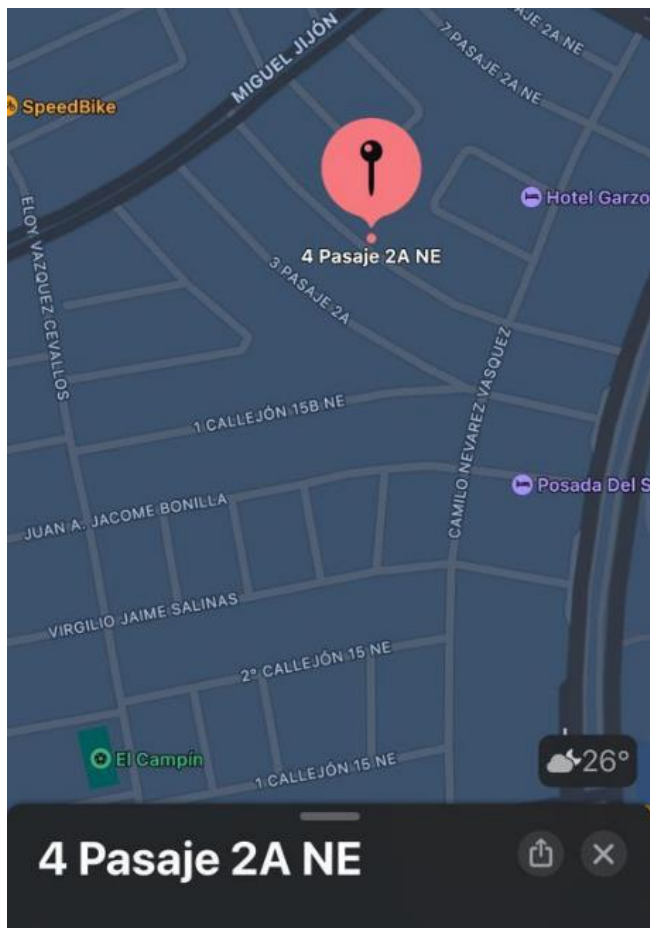
El proyecto de la implementación del horno para el secado de chapas automotrices se realizó en un periodo de 16 semanas, desde el mes de octubre del año 2022 al mes de febrero del año 2023.

1.5.2. Delimitación Geográfico

La implementación y desarrollo del proyecto del horno se realizó en un taller mecánico ubicado en la ciudadela la Garzota en el norte de Guayaquil; ver Figura 1.

Figura 1

Ubicación del Taller



Fuente: (Google Maps).

Capítulo II

Marco Conceptual

Al momento de implementar el horno, se tuvieron que definir ciertos conceptos los cuales se involucran con la realización del proyecto, ya que el proyecto se basó en pintar chapas automotrices con pintura electroestática y que estas sean secadas en un horno. Entonces, se debía tener claro cuáles eran los conceptos de lo que es pintura electroestática y lo que sería el horno de secado.

2.1. Pintura Electroestática

La pintura electroestática es un tipo peculiar de pintura, ya que se caracteriza por no ser una pintura líquida, sino por ser una clase de polvo, este tipo de pintura existe hace algún tiempo en el mundo de la industria, y con el pasar de los años su popularidad ha ido en aumento (DQPolvo, 2017). Este tipo de pintura brinda un acabado de excelente calidad y su aplicación es de gran facilidad en comparación con otros tipos de pinturas, el curado de la pintura se realiza mediante la aplicación de calor, su tiempo de curado puede variar con respecto al grosor de la pieza la cual será pintada, una temperatura de curado referencial de una pieza es de unos 200 °C (Ferreropro, 2018); ver Figura 2.

Figura 2

Pintura Electroestática



Fuente: (DQPolvo, 2017).

La pintura electroestática es utilizada con mayor frecuencia en distintos artefactos como lo son metales que se encuentran en electrodomésticos, productos fabricados de aluminio, chasis y piezas de automóviles y ciertas partes de las bicicletas (Ferreropro, 2018).

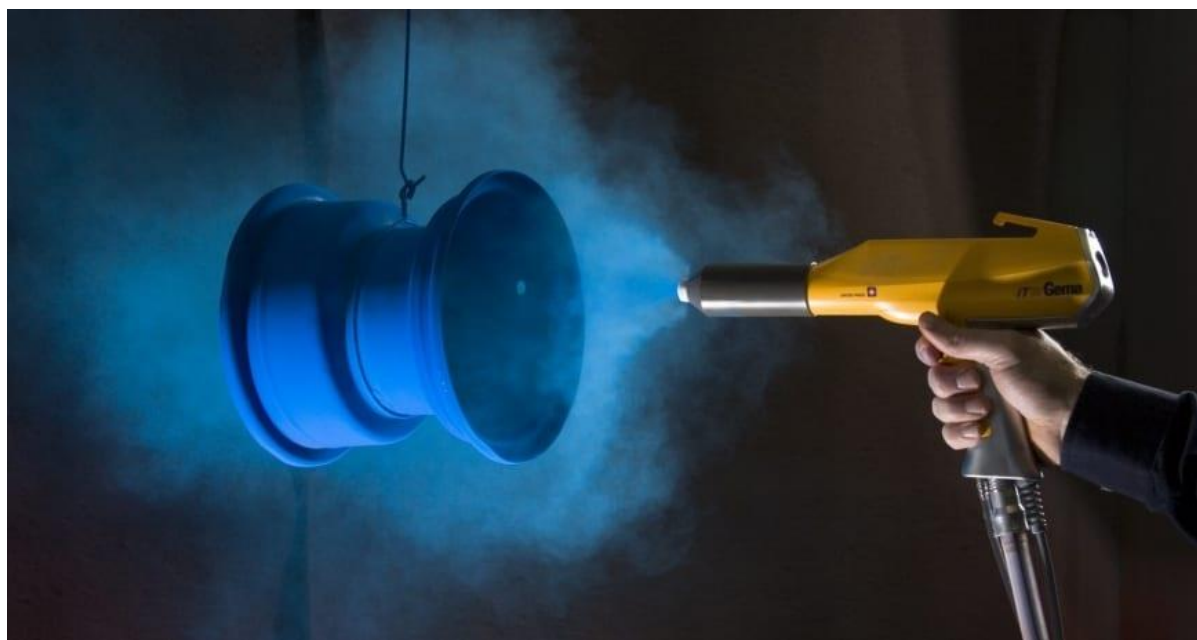
La pintura electroestática está compuesta de resinas, sustancias que brindan dureza y pigmentos, en esta composición se encuentra que la resina es la encargada de el brillo de la pintura en polvo, además se encuentran los pigmentos que dan el color característico al acabado, de estos pigmentos hay gran variedad adicionalmente son de alta calidad soportando altas temperaturas sin perder su color característico y brillo (DQPolvo, 2017).

2.2. Pistola Electroestática

La pistola de pintura electroestática es necesaria para continuar con el proceso de una pintura en polvo esta herramienta permite depositar el producto de manera uniforme en la superficie trabajada (DQPolvo, 2017); ver Figura 3

Figura 3

Pistola Electroestática



Fuente: (Aranzametapec, 2019).

Es posible lograr excelentes acabados de pintura, pero para ello es fundamental comprender cómo utilizar esta herramienta. No olvide leer detenidamente las instrucciones, prestar atención a todas las advertencias y utilizar las medidas de seguridad adecuadas (DQPolvo, 2017).

2.3. Horno de Secado de Pintura

Los hornos para el secado de pintura son utilizados para conseguir un mejor acabado en las chapas automotrices después de que se les haya aplicado una capa de pintura, este tipo de hornos se encuentran diseñados para soportar altas temperaturas, ya que, dependiendo la pieza y el tipo de pintura que se le aplique dependerá el tiempo de duración de la chapa dentro del horno y la temperatura a la que será sometida. Los hornos de secado de pintura tienen como función aislar la pieza del exterior impidiendo que este expuesta al polvo o algún tipo de contaminación el cual pueda perjudicar el acabado final (Auto Crash, 2017). La temperatura de un horno puede ir desde un aproximado de 150 °C, pero siempre es bueno tener una tolerancia de temperatura mayor a la referencial (Dionisiobonet.es, 2019); ver Figura 4.

Figura 4

Horno de Secado



Fuente: (Auto Crash, 2017).

Aunque se puede usar en una variedad de materiales, este tipo de proceso de curado generalmente trata superficies hechas de metal o plástico. Es importante recordar que no todos los materiales pueden soportar las altas temperaturas que son necesarias para que el proceso de curado de la pieza pintada transcurra con la mayor fluidez posible (Dionisiobonet.es, 2019).

2.4. Marco Teórico

2.4.1. Tipos de Acabados Resultantes

En el vehículo se puede lograr una gran cantidad de acabados según el tipo de pintura y las especificaciones que los clientes deseen y entre los más comunes están los acabados mate, perlados, metálicos, bicapa, y tricapa.

2.4.2. Acabado Mate

Se obtiene un acabado diferente a los demás y mantenerlo es algo complicado, este tipo de acabado no muestra un gran brillo en comparación con los otros, mantener este tipo de acabado, ya que es de gran inversión económica. (Morales, 2018).

2.4.3. Acabado Perlado

Posee gran utilidad al momento de conseguir un acabado llamativo y colorido, la luz es reflejada y refractada por ellos. La pintura perlada es la mejor opción si desea una pintura brillante y de colores sutiles que se vea diferente desde los diferentes ángulos del vehículo (Morales, 2018).

2.4.4. Acabado Metálico

Se caracteriza por captar de mejor manera la luz del sol, así generando un gran brillo a la vista del espectador (Morales, 2018).

2.4.5. Acabado Bicapa

En la actualidad este tipo de acabado es de los más solicitados y usados por los talleres automotrices, y en lo que consiste es que se usa primero un fondo con el color seleccionado

siento esta la primera capa, y posteriormente se aplica una un barniz, el cual le brinda brillo en el acabado de la pieza (Corepin, 2022).

2.4.6. Acabado Tricapa

Para este tipo de acabado se necesita que la aplicación de su pintura se de en tres pasos: el fondo, la capa de efecto y el barniz. Este tipo de pintura ofrece una amplia gama de colores y de tonalidades que se pueden generar después de su aplicación en una chapa, obteniendo así un acabado de muy llamativo (Corepin, 2022).

2.4.7. Pinturas Automotrices

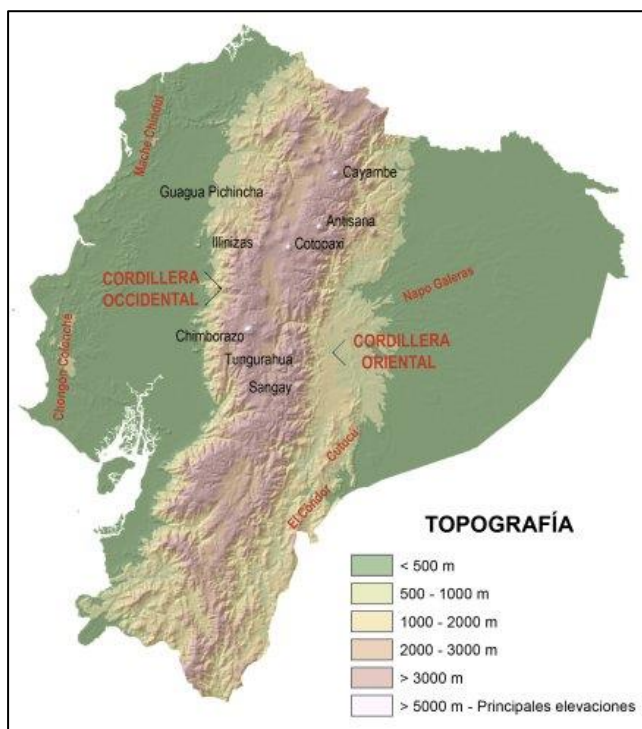
Las pinturas para automóviles son un producto, el cual se aplica sobre las chapas metálicas automotrices para evitar que se corroa, además de aportar color, brillo y estilo al automóvil. Es por eso por lo que puedes encontrar pinturas anticorrosivas para usar como imprimación o imprimación para evitar que tu auto se oxide (EPS Servicios Automotriz, 2022).

2.4.8. Temperatura

Un de horno de secado trabaja en ciertos cosas desde un mínimo de 150 °C (Dionisiobonet.es, 2019). La temperatura de curado de una pieza con pintura electroestática puede darse aproximadamente a unos 200 °C (Ferreropro, 2018), por lo tanto, es bueno tener cierta tolerancia de temperatura al momento de la implementación del horno, para que las chapas puedan tener un buen proceso de secado.

2.4.9. Clima en Ecuador

Ecuador es un país el cual se divide en tres regiones en el Ecuador Continental, pero se le suma un archipiélago que serían las islas Galápagos. Estas regiones se caracterizan por tener un tipo de clima referente, ya que en la Costa es un clima tropical el que predomina, pero también se puede encontrar la humedad, en la Sierra es un clima frio y en la Amazonía predomina el clima húmedo y tropical (Roperro Portillo, 2021); ver Figura 5.

Figura 5*Mapa Topográfico del Ecuador*

Fuente: (Anfibios del Ecuador, 2022)

Debido a que Ecuador se sitúa sobre la línea ecuatorial no se dan las 4 estaciones en el país, pero se puede observar dos tipos de estaciones que sería el verano que sería la temporada seca y el invierno la temporada húmeda. Estas dos estaciones se dividen por periodos de meses, en los cuales cambia según la región. La época húmeda se caracteriza por ser la época de lluvia, altas precipitaciones y temperaturas, por otro lado, la época seca se caracteriza por ser una época escasa de precipitaciones y de temperaturas más bajas (Anfibios del Ecuador, 2022); ver Figura 6 y Figura 7.

Figura 6*Época Húmeda*

Fuente: (El Universo, 2020)

Figura 7*Época Seca*

Fuente: (El Diario , 2022)

2.4.10. Consecuencias de los Efectos Climáticos en la Pintura de un Automóvil

Al momento de que una pieza vaya ser secada luego de un proceso de pintura el acabado puede ser afectado si se presenta humedad, ya que el exceso de humedad arruina el proceso de secado. También debido a la humedad se pueden presentar irregularidades en el acabado generando puntos de alfiler, que son pequeños puntos brindando un acabado de baja calidad. (Aceves, 2018); ver Figura 8.

Figura 8

Puntos de Alfiler



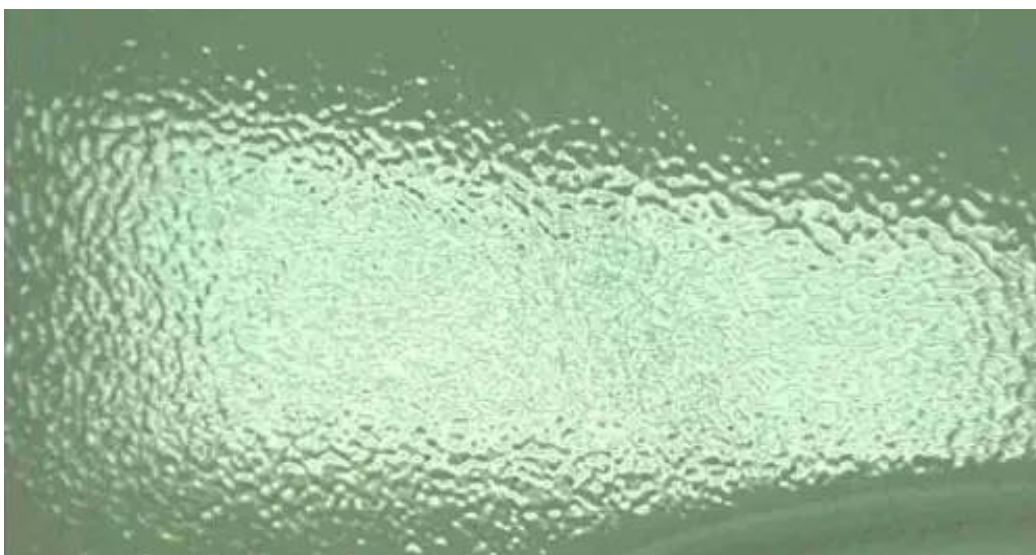
Fuente: (Aceves, 2018)

Otro de los defectos producidos por los efectos climáticos es el hervido, las cuales son pequeñas burbujas que se presentan en la superficie del acabado que son muy perceptibles a la vista del ser humano, y estas marcas se generan ya bien sea por humedad o altas temperaturas (Aceves, 2018); ver Figura 9.

Figura 9*Marcas de Empalme*

Fuente: (Aceves, 2018)

La piel de naranja se lo define como un tipo especial de acabado que se puede llegar a producir en superficies pintadas. La textura de este tipo de acabado es similar a la superficie de una cáscara de naranja, por eso su nombre, este tipo de acabado puede llegar a producirse debido al engrosamiento anormal de pintura (Sigosan, 2017); ver Figura 10.

Figura 10*Piel de Naranja*

Fuente: (Sigosan, 2017)

Los efectos climáticos como distintos factores pueden ser grandes causantes de que se presenten ciertas irregularidades al momento de pintar, secar y obtener un acabado de calidad en una chapa automotriz, ya que por eso es preferible que se realice el proceso de pintado y de secado en algún lugar que sea aislado de tal forma que los efectos climáticos y las partículas en el aire no afecten el acabado de la pieza (Crash, 2016).

2.4.11. Contaminación del Aire por Partículas de Pintura

Las pinturas convencionales contribuyen significativamente a la contaminación porque liberan sustancias nocivas al medio ambiente, como plomo, cadmio y mercurio. Debido a esto, la pintura se clasifica como un desecho peligroso, por lo que debe pasar por un proceso adecuado cuando dejamos de usarla (Vega, 2018).

Las consecuencias de todo esto pueden incluir:

- Tos.
- Problemas respiratorios.
- Enfermedades que afectan a todos.

Incluso los restos de pintura, las cremas y las pinturas secas conservan estas características, lo que convierte a las pinturas convencionales en desechos peligrosos que aún requieren un manejo adecuado (Vega, 2018).

Para esto el uso de la pintura electroestática y del horno de secado es de gran ayuda para disminuir la contaminación del ambiente por partículas de pintura, ya que este tipo de pintura solo se adhiere a piezas a través de una pistola especial mediante una carga estática, además de que no completa su proceso de secado sino se le aplica una cierta temperatura, esta clase de pintura al ser en polvo hace que también sea fácil de recoger, por estos motivos el uso de pintura electroestática es favorable para evitar la proliferación de partículas de pintura por el aire.

2.5. Procesos de Secado de Pintura Automotriz

En los talleres dedicados a la pintura automotriz se encuentran las diversas técnicas de secado actualmente en uso. Estas clases de talleres tienen opciones además del secado a la intemperie, que es lento y peligroso debido a la posibilidad de fallas y contaminación del producto como la impregnación de impurezas (Auto Crash, 2017).

Entre las diversas técnicas o herramientas de secado se encuentran el horno de secado, el cual es la herramienta de secado utilizada para el desarrollo del presente proyecto de titulación, secado por radiación infrarroja, equipos vénturi, secado por radiación ultravioleta y paneles endotérmicos (Auto Crash, 2017).

2.5.1. Secado por Radiación Infrarroja

Los equipos que utilizan esta tecnología la cual es la radiación infrarroja secan las piezas de adentro hacia afuera de la pieza. Al momento de dirigir la máquina de radiación infrarroja a la pieza a secar, esta llega a la pieza, la cual procede a incrementar su temperatura y se transmite a la pintura aplicada mediante la conducción (Auto Crash, 2017); ver Figura 11.

Figura 11

Secado por Radiación Infrarroja



Fuente: (Auto Crash, 2017).

2.5.2. *Secado por Equipos Vénturi*

El sistema venturi funciona con los mismos principios que un horno de secado, pero concentra la dirección del aire en un área particular. Esto se consigue mediante el montaje de estructuras con venturis, o incluso a través de la utilización de pistolas de aire manuales, dirigidas a la superficie pintada que debe secarse (Auto Crash, 2017); ver Figura 12.

Figura 12

Secado por Equipos Vénturi



Fuente: (Auto Crash, 2017).

2.5.3. *Secado por Radiación Ultravioleta*

La base de su funcionamiento es la reacción de polimerización de sus componentes ocasionada por la exposición a la radiación ultravioleta, lo que acorta significativamente los periodos de los procesos de secado, aún más que con la ayuda de equipos de radiación infrarroja (Auto Crash, 2017); ver Figura 13.

Figura 13

Secado por Radiación Ultravioleta



Fuente: (Auto Crash, 2017)

2.5.4. Secado por Paneles Endotérmicos

En este sistema se utiliza corriente. El calor necesario se crea mediante paneles colocados correctamente para llevar a cabo la reacción de secado homogénea en la superficie de la pieza la cual vaya a ser pintada (Auto Crash, 2017); ver Figura 14.

Figura 14

Secado por Paneles Endotérmicos



Fuente: (Auto Crash, 2017).

2.6. Propiedades de la Pintura Electroestática

Dado que previene la formación de óxidos, la corrosión e incluso soporta impactos sin desprenderse, la aplicación de este clase de pintura tiene una ventaja adicional para proteger los materiales de ambientes hostiles. Dado que permite la formación de una capa con un acabado suave y superior, el recubrimiento electrostático supera significativamente a todos los demás materiales utilizados en metales en términos de calidad y eficiencia (PowderTronic, 2019); ver Figura 15.

Por otro lado, con la pintura electrostática se consigue una alta transferencia de pintura dependiendo de la superficie metálica la cual vaya a ser pintada y minimizando el overspray, lo que vendría a entender como menos compuestos orgánicos volátiles esparcidos por aire. El exceso de rociado es un problema que se genera con frecuencia con la pintura líquida, el cual acaba aumentando los costos de la operación al tener un gran índice de desperdicio de material (PowderTronic, 2019).

Figura 15

Cilindros Metálicos Cubiertos con Pintura Electroestática



Fuente: (Castillo, 2018).

2.7. Cuidados para la Pistola de Pintura Electroestática

Cuidados necesarios para la pistola de aplicación de pintura electroestática son necesarios a la hora de cuidar la inversión realizada en el proyecto de implementación (PowderTronic, 2021); por eso es vital conocer los siguientes cuidados:

- Limpiar el pulverizador de cualquier residuo de material.
- Desinstalar la punta del aplicado limpiarla con el compresor de aire.
- Guardar el material sobrante del depósito de pintura.
- Limpie con aire comprimido el lugar de acople del depósito a la pistola de aplicación.
- Sopletear la unidad electrónica del equipo para liberar de cualquier residuo de pintura electroestática que pudo haber caído durante la aplicación del recubrimiento.
- Guardar el equipo teniendo en cuenta no remover cables de este.
- El lugar de almacenamiento debe ser un espacio libre de humedad.

Estos cuidados son necesarios para asegurar la duración de la inversión hecha por cualquier usuario que tomó la decisión de implementar el uso de pintura electroestática en su taller o establecimiento, además asegura una buena experiencia para un siguiente uso de la pistola aplicadora, ya que se evitan taponamientos y mezcla no deseadas de pigmentos de diferentes tonalidades (PowderTronic, 2021).

Capítulo III

Desarrollo y Pruebas de Estudio

En el presente capítulo se describirán todos los pasos a seguir para la aplicación de la pintura electrostática y su secado. Además, pruebas de pintura en dos diferentes chapas automotrices con diferente tipo de secado. También se hablará de cuál es el proceso de utilización del horno.

3.1. Preparación de la Pieza

Al momento de que una pieza vaya a ser pintada, está necesita estar totalmente limpia, es decir sin ningún tipo de impureza, ya sea suciedad, residuos de pintura vieja, masilla, entre otros factores.

El primer paso que se realizó es aplicar removedor de pintura sobre la pieza, una vez aplicado el removedor habrá que esperar hasta que haga efecto sobre la pintura, para que pueda ser removida con facilidad como se puede observar en el anexo 2. Sin embargo, en ciertos casos las piezas a tratar pueden estar recubiertas con masilla por alguna deformación o impacto que pudo haber sufrido, por lo tanto, es necesario que se le aplique otra capa de removedor para poder retirar toda impureza de la pieza; ver Figura 16.

Figura 16

Preparación de la Pieza



Una vez que la pieza esté totalmente desnuda, se puede utilizar un poco de diluyente para que quede limpia en su totalidad sin ninguna partícula de polvo o residuos de grasa, siempre hay que tomar en cuenta que la pieza metálica quede lista para la aplicación de pintura, para eso es muy necesario el orden y la limpieza, ya que el acabado es la presentación del trabajo final de un taller, debido a que si la pieza se encuentra sucia el acabado será imperfecto; ver Figura 17.

Figura 17

Limpieza de la Pieza con Diluyente



Uno de los datos más importantes de la pintura electrostática es su dependencia total de la alta temperatura para su proceso de curado, ya que, si no se alcanza la temperatura solicitada por el fabricante, la pintura electrostática no puede llegar curarse y la misma puede caerse o regarse, debido a que no cumpliría con su proceso de curado.

3.2. Pintado de la Pieza con Secado a la Intemperie

Se realizaron pruebas de secado con pintura electrostática en una parte de las piezas, las cuales fueron secadas a la intemperie. Se procedió a pintar las piezas con pintura electrostática de marca Prismatic Powders, esta marca recomienda practicar el proceso de

pintura en borradores antes de aplicarlo en la pieza principal, el fabricante dice que aplicar la pintura en una pieza previamente calentada no es malo, ya que esto ayuda a que la pintura se adhiera de forma más rápida y uniforme, pero si sabes lo que haces, ya que sino haz realizado este proceso de pintura con anterioridad el acabado puede terminar en un resultado no favorable y remover este tipo de pintura es algo complejo; ver Figura 18 y Ver Figura 19.

Figura 18

Pintado de la Pieza



Figura 19

Marca de Pintura



Al realizar el proceso de pintado al intemperie, la pieza automotriz se encontraba a una temperatura ambiente de 27 °C, esto se realizó en horas de la noche, y en este punto se pudo observar claramente la caída de impurezas en la superficie a pintar, además al ser las condiciones adversas para el curado de la pintura, es decir, la temperatura es muy baja, la pintura electrostática no pudo curar en esas condiciones, es por eso que se tuvo que intervenir en el proceso y aplicar calor a la superficie pintada por medio de una pistola de calor, para que el material alcance una temperatura a la cual comience con su proceso de curado y se pueda adherir de manera óptima a la chapa automotriz.

El procedimiento de aplicación de calor por medio de la pistola de calor fue un proceso tardado y lento, ya que al ser una pistola de calor esta cubre de manera escasa a la pieza y esto ocasionó que el tiempo de curado de la pintura electrostática aumente considerablemente. También se puede acotar que el uso de la pistola de calor produjo diferencias en el acabado de la pieza con respecto a su brillo y textura, dado que la dispersión del calor no fue uniforme sobre la superficie pintada si no que fue concentrada en zonas; ver Figura 20 y Figura 21.

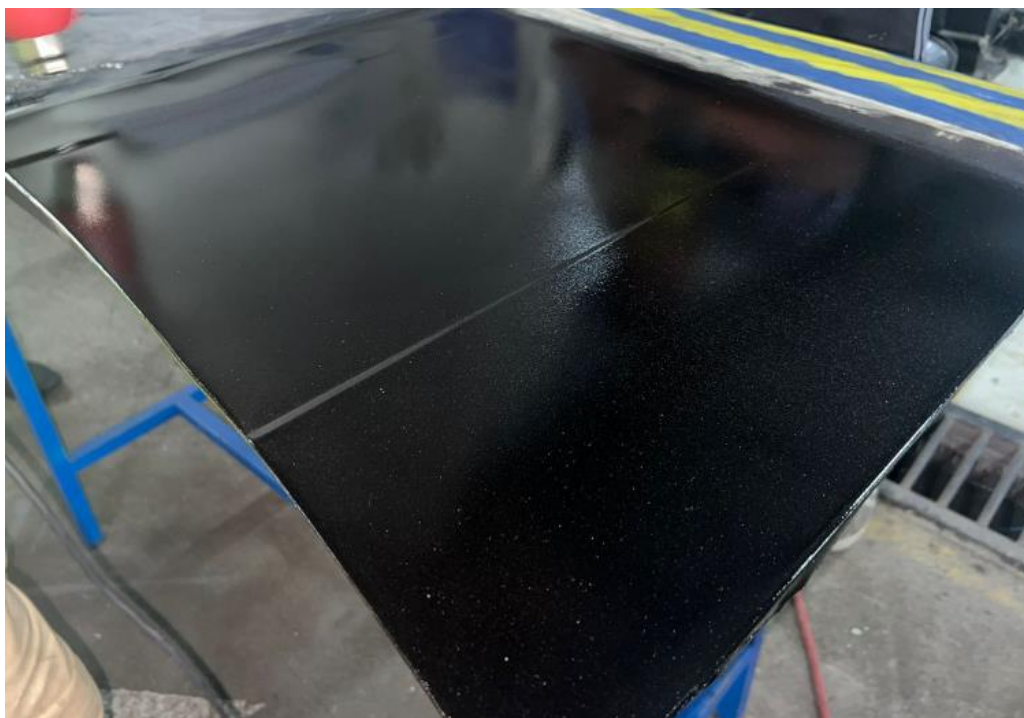
Figura 20

Calentamiento de la Pieza



Figura 21

Acabado de la Pieza



Para el segundo procedimiento de pintado de una pieza automotriz al intemperie se usó un parachoques de un Volkswagen escarabajo, dentro de este proceso de pintura se realizó la limpieza respectiva de la pieza empezando con la remoción de la pintura, con un removedor, la aplicación de este removedor fue hecho en tres ocasiones dado que la pieza tenía adherida varias capas de pintura y masilla, después de este paso se dejó la pieza libre de rastro de pintura o masilla para luego pasar a la preparación para la pintura, se pasó paños de limpieza por el parachoques para eliminar cualquier rastro de impureza, luego de este procedimiento quedo lista para la prueba de pintado, se aplicó la pintura electroestática, pasamos la pieza al intemperie en una posición directa a la luz del sol, luego de aproximadamente un minuto de un clima idóneo para el posible curado de la pieza cambio totalmente a un clima lluvioso, las gotas de lluvia lograron dañar el acabado de la pieza y evitó el curado de la superficie pintada, luego de este imprevisto se decidió colocar chapa en un lugar cubierto, pero al no poder alcanzar una alta temperatura no fue posible el curado de la pintura, aun así con un tiempo aproximado de 2

horas de espera, posteriormente se procedió a colocar el parachoques en el horno de secado para evitar el desperdicio de material utilizado en esta aplicación y así poder realizar el curado de la pieza con pintura electroestática; ver Figura 22 y Figura 23.

Figura 22

Secado de la Segunda Pieza



Figura 23

Defectos del Acabado por la Lluvia



El acabado de la pieza con secado a la intemperie no vendría a ser nada favorable para un taller dedicado al campo de pintura automotriz o un entusiasta, ya que es algo contraproducente, debido que al depender del clima esto complica mucho el proceso de trabajo, porque al momento de realizar un proceso de pintura sobre alguna pieza o vehículo se podrían presentar situaciones en las que los procesos estén paralizados solo por mal clima. Además, el tiempo de curado sería muy largo y solo se podría realizar durante el sol de medio

día, asumiendo que el día este despejado, por tales motivos fue de suma ayuda colocar la pieza automotriz dentro del horno, ya que, si no se realizaba la acción de colocar la chapa automotriz dentro del horno de secado de pintura electroestática, el tiempo de curado de la pintura fuera indefinido; ver Figura 24

Figura 24

Introducción de la Pieza al Horno



3.3. Preparación del Horno para su Utilización

Al momento de utilizar el horno se tiene que seguir una serie de pasos para su preparación, ya que este necesita encontrarse libre de impurezas que puedan ubicarse en su interior o adheridas a las paredes, debido a esto se puede limpiar con alcohol industrial, este ayuda a retirar de manera óptima las impurezas en su interior. Posteriormente a realizar la limpieza del horno se procedió a cerrar el horno y luego a prenderlo, en el anexo 3 se puede apreciar como se ve el sistema de calentamiento del horno.

Una vez que el horno se encuentre encendido se tuvo que esperar unos 20 minutos para su calentamiento, y en ese periodo de tiempo el horno consiguió una temperatura de unos 80 °C. Sin embargo, mientras el horno se encontraba en proceso de calentamiento se procedió a revisar si este no presentaba fugas de calor, ya que eso dificultaría su proceso de calentamiento y además de ser riesgoso para la integridad física de los operarios.

3.4. Pintado de la Pieza con Secado en Horno

Se procedió a preparar las piezas para su proceso de pintura y posteriormente de secado, dentro de las preparaciones para el procedimiento de pintura se encuentra el proceso de limpieza, dentro de este punto se requiere limpiar bien las chapas automotrices, para que estas queden libres de impurezas las cuales puedan dañar su acabado, ya que estas pueden ser perjudiciales para la calidad del trabajo.

Mientras que el horno se encontraba en fase de precalentamiento, se comenzaron a pintar las piezas automotrices dándoles una capa de pintura electroestática, luego de terminar la aplicación de la capa de pintura de manera cuidadosa y rápida, se las introdujo dentro del horno de secado de pintura en polvo, este se encontraba a una temperatura de 80 °C, por haber tenido un proceso previo de calentamiento, esta práctica minoriza el tiempo de espera, posteriormente se esperó hasta que el horno de secado alcanzara una temperatura programada de 122 °C, con esta temperatura se logró el resultado de la implementación del horno y se consiguió el curado de la pintura electroestática, dando como resultado un buen acabado gracias al calor uniforme que se obtiene con el horno de secado, además de que la pieza alcanzará un brillo apropiado de manera pareja, este proceso de secado tardo un tiempo aproximado de 40 minutos. Sin embargo, las piezas también pueden ser calentadas con anterioridad para que el tiempo de secado sea menor y la pintura se adhiera de una mejor forma, pero esto no es necesario, solo es una recomendación que ciertos fabricantes de pintura brindan a sus compradores; ver Figura 25 y Figura 26.

Figura 25

Pintado de la Pieza que se Introducirá en el Horno

**Figura 26**

Introducción de la Pieza Pintada al Horno



Realizar el proceso de secado de la chapa automotriz en el horno fue mejor que secarla a la intemperie, ya que el proceso de secado en el horno fue mucho más rápido y se consiguió obtener un acabado más satisfactorio y de una manera más rápida, se logró evitar que la chapa automotriz se llene de impurezas las cuales dañarían su acabado, además de no depender del clima para que la pieza complete su proceso de secado. También se pudo apreciar que al momento de secar una pieza con pintura electroestática en un horno de secado, la pieza obtiene un mayor brillo debido a la aplicación de calor; ver Figura 27.

Figura 27

Comparación de Acabados



Al momento de realizar el proceso de pintado del parachoques con el secado en el horno, la aplicación de pintura electroestática fue hecha usando otro color de pintura, para poder observar el acabado de la pieza usando otra tonalidad, al hacer la aplicación en la misma pieza podemos ver de manera directa el lado izquierdo y derecho de la pieza, en este proceso de pintura se realizó el calentamiento previo del horno de secado a una temperatura de 80 °C para tener un ahorro de tiempo dentro del proceso de tratamiento de la pieza en cuestión, dada esta fase de precalentamiento del horno de secado se esperó que la temperatura de la pieza dentro del horno llegue a los 122 °C, para que el acabado de la pintura electroestática quede uniforme

y se obtenga su brillo característico, este procedimiento de secado tuvo una duración de aproximadamente 40 min, el mismo periodo de tiempo que tuvo el proceso de secado realizado anteriormente.

El acabado obtenido en esta pieza con la utilización horno, también fue satisfactorio en comparación al acabado que se obtuvo con el secado de la pieza a la intemperie, es evidente el brillo además de la falta de imperfecciones provocadas por factores ambientales, como lo es la lluvia; ver Figura 28.

Figura 28

Acabado del Parachoques con Secado al Horno



3.5. Limpieza de los Residuos de Pintura

En todo proceso de acabado automotriz es necesaria la pulcritud en el puesto de trabajo, cuando se trabaja con pintura electroestática al ser una pintura en polvo es fácil recogerla y volver a reutilizarla, ya que la pintura no se adhiere a otros elementos fácilmente, esto también contribuye a evitar la proliferación de partículas de pintura en el ambiente, ya que esto puede ser perjudicial para la salud de las personas y para el medio ambiente; ver Figura 29.

Figura 29*Recolección del Sobrante de Pintura*

Poder recoger la pintura con suma facilidad, ayuda a que los trabajadores puedan ahorrar material y tiempo al momento de trabajar con este tipo de pintura, además de facilitar la limpieza del área de trabajo.

3.6. Análisis de Secado a la Intemperie

El secado a la intemperie fue poco favorable para el acabado de las piezas, ya que en el ambiente durante el proceso de pintado y secado distintas impurezas lograron impregnarse en la superficie pintada de la pieza, sin importar que la misma haya sido limpiada con anterioridad, esto se puede apreciar en el anexo 4. También al necesitar calor para que las piezas se curen cuando hayan sido pintadas, depender del clima es poco favorable, ya que el tiempo de curado sería indefinido; ver Figura 30 y ver Figura 31.

Figura 29*Acabado de la Pieza con Secado a la Intemperie*

El acabado quedó con una superficie no uniforme, dado que el proceso de curado se realizó mediante la utilización de una pistola de calor y el calor no se aplicó de manera uniforme sobre la superficie de la pieza pintada, en el acabado de la pieza se podía apreciar como quedaron pequeños puntos ocasionados por el polvo, además de que se volvía a ensuciar la pieza con facilidad.

Figura 31

Acabado de la Segunda Pieza con Secado a la Intemperie



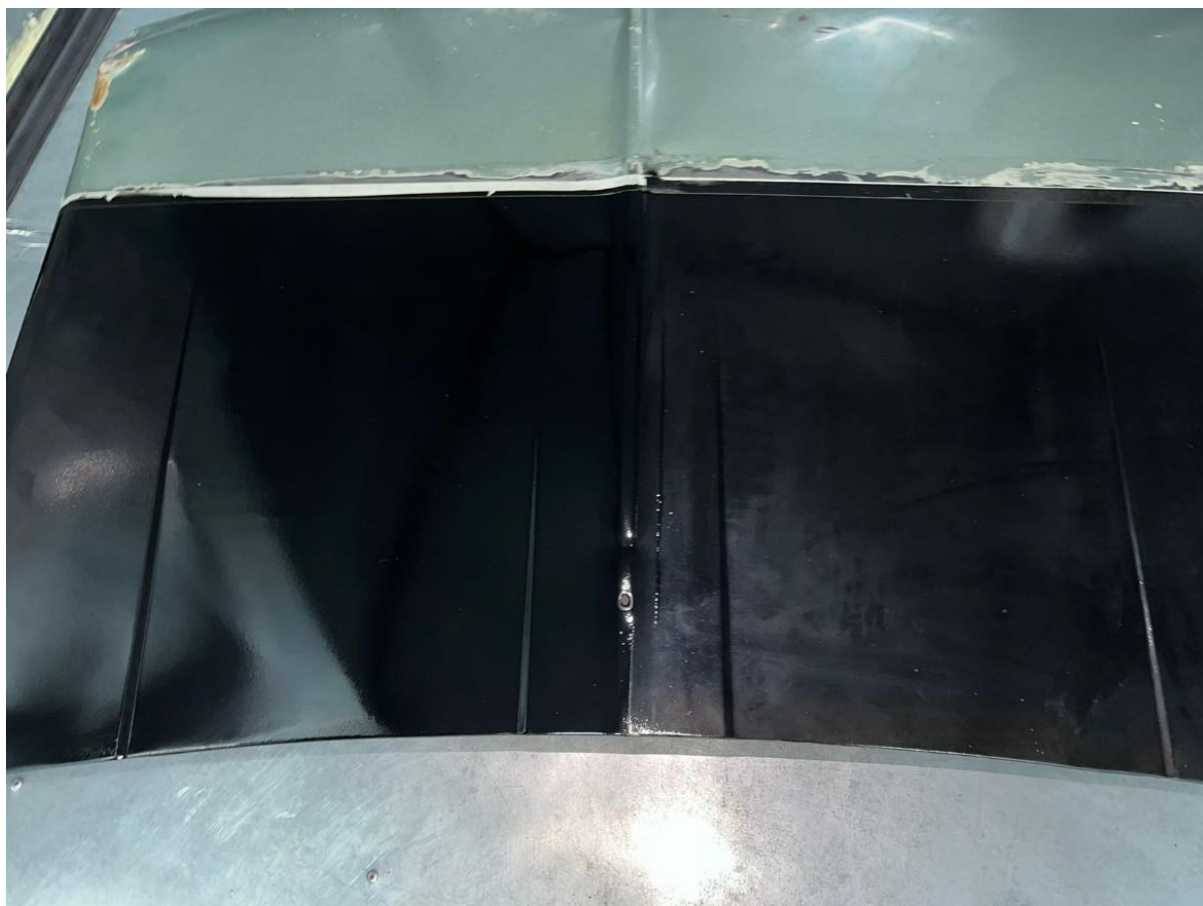
En la segunda pieza secada a la intemperie, también se logró apreciar un acabado lleno de defectos, la pieza sufrió de efectos climáticos como la lluvia, viento y adherencia de polvo.

3.7. Comparación Entre el Secado a la Intemperie y el Secado en el Horno

Es fácil observar los beneficios de la utilización de un horno de secado para piezas automotrices, y en este caso pintadas con pintura electroestática, la pieza con secado en el horno obtuvo un mejor acabado en comparación al secado en intemperie. Como ya fue de conocimiento previo, la pintura electroestática necesita cierto tipo de temperatura para curarse, y esta varía según su fabricante, al curar la pieza en el horno, esta consiguió un mayor brillo debido a que con la pintura electroestática al aplicarla un mayor calor de manera uniforme en la pieza el curado de la pintura mejora, también se consiguió un acabado más uniforme, ya que al ser un espacio cerrado este se encuentra libre de impurezas las cuales no pueden afectar el acabado estético de la pieza; ver Figura 32 y Figura 33.

Figura 32

Comparación del Acabado del Capó

**Figura 33**

Comparación del Acabado de Parachoques



Tabla 1

Tabla Comparativa Entre un Acabado en Horno y Otro a la Intemperie

Comparación de Acabados	
Secado en el Horno	Secado a la Intemperie
Mayor uniformidad	Acabado poco uniforme
Mayor brillo	Opacidad
Menor presencia de impurezas	Mayor presencia de impurezas

3.8. Materiales

3.8.1. Láminas de Acero Galvanizado

El material usado en el horno de secado es el acero galvanizado, este material es una lámina de acero que cuenta con una cobertura de zinc, esta le brinda una protección al material del oxido y aumenta su durabilidad. El acero galvanizado se usa con mayor frecuencia a nivel industrial en cubiertas y armazones (Ractem, 2020).

Dentro del proyecto el acero galvanizado se aplicó en las paredes, piso, techo y en bordes de paneles, convirtiéndolo así en el material principal para su fabricación. Este material es el encargado de encapsular el material aislante de cada panel.

3.8.2. Lana Fibra de Vidrio

El material aislante utilizado en la implementación del horno de secado fue la lana fibra de vidrio, este material es utilizado en la industria por su bajo costo, además de su gran eficacia al momento de mantener la temperatura de un sistema (Isover, 2022).

La lana fibra de vidrio es un aislante que soporta temperaturas máximas de 250 °C a 400 °C y es un material no inflamable (Isover, 2023).

3.8.3. Acero Negro

El acero negro es un acero sin ningún tipo de tratamiento externo, además cuenta con un bajo nivel de carbono, lleva el nombre de acero negro por el óxido negro formado en su superficie por la falta de protección contra el óxido (Westwing , 2023).

Dentro del proyecto se hace uso de tubos rectangulares para la estructura del suelo dado que es la encargada de aguantar el peso de operarios y partes automotrices, se utilizó ángulos de acero negro para las juntas de paneles del horno, estos ángulos se pueden apreciar en el anexo 1.

3.8.4. Remaches de Aluminio

Los remaches fueron utilizados dentro del proyecto para la unión de láminas, bordes y bisagras estos elementos de fijación son muy convenientes dentro del hornos de secado para la unión de piezas fijas (Bralo, 2018).

3.8.5. Cinta de Espuma Aislante

Esta cinta cuenta con la característica de ser un material aislante fue empleado en las esquinas del horno y ayuda a la disminución de fugas de calor entre unión de paneles.

3.9. Componentes Electrónicos

3.9.1. Contactor

El contactor es un componente eléctrico de uso industrial aplicado en sistemas automatizados, estos se encargan de abrir o cerrar un circuito (TuMaterialElectrico, 2020), gracias a su bobina que una vez energizada por el control de temperatura completa el circuito, haciendo funcionar el circuito de resistencias y electroventilador del horno, se puede observar en el anexo 5.

3.9.2. Control de Temperatura

El control de temperatura es un componente utilizado para la medición, monitoreo y gestión de la temperatura, dentro del proyecto se aplicó el control de temperatura en cual se

coloca la temperatura de uso del horno a la cual se va a mantener, el control de temperatura hace uso de una termo cúpula tipo k, la cual es la encargada de sensar y enviar la información al control de temperatura, en el anexo 5 se aprecia el control de temperatura.

3.10. Dimensiones del Horno

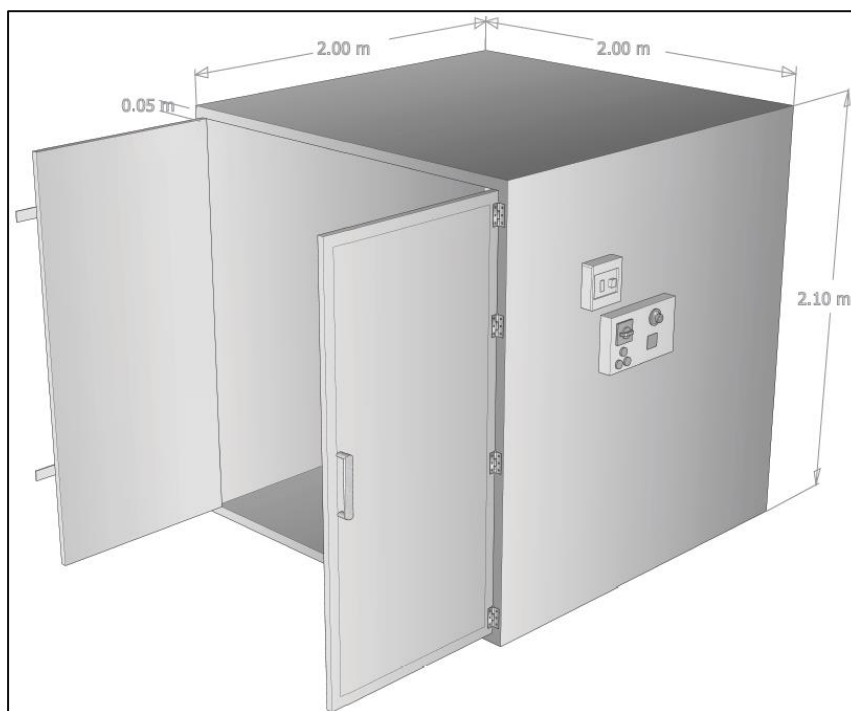
Las medidas para implementación del horno fueron consideradas con respecto al secado de distintas piezas automotrices.

- Altura: 2.10 metros.
- Ancho: 2 metros.
- Fondo: 2 metros.
- Grosor de Plancha: 5 cm.
- Ancho de Cada Puerta: 1 metro.

La implementación del horno se llevó a cabo para el secado de piezas automotrices, pero no de un vehículo en su totalidad; ver Figura 34 y Figura 35.

Figura 34

Estructura y Medidas del Horno con las Puertas Abiertas

**Figura 35**

Estructura y Medidas del Horno con las Puertas Cerradas



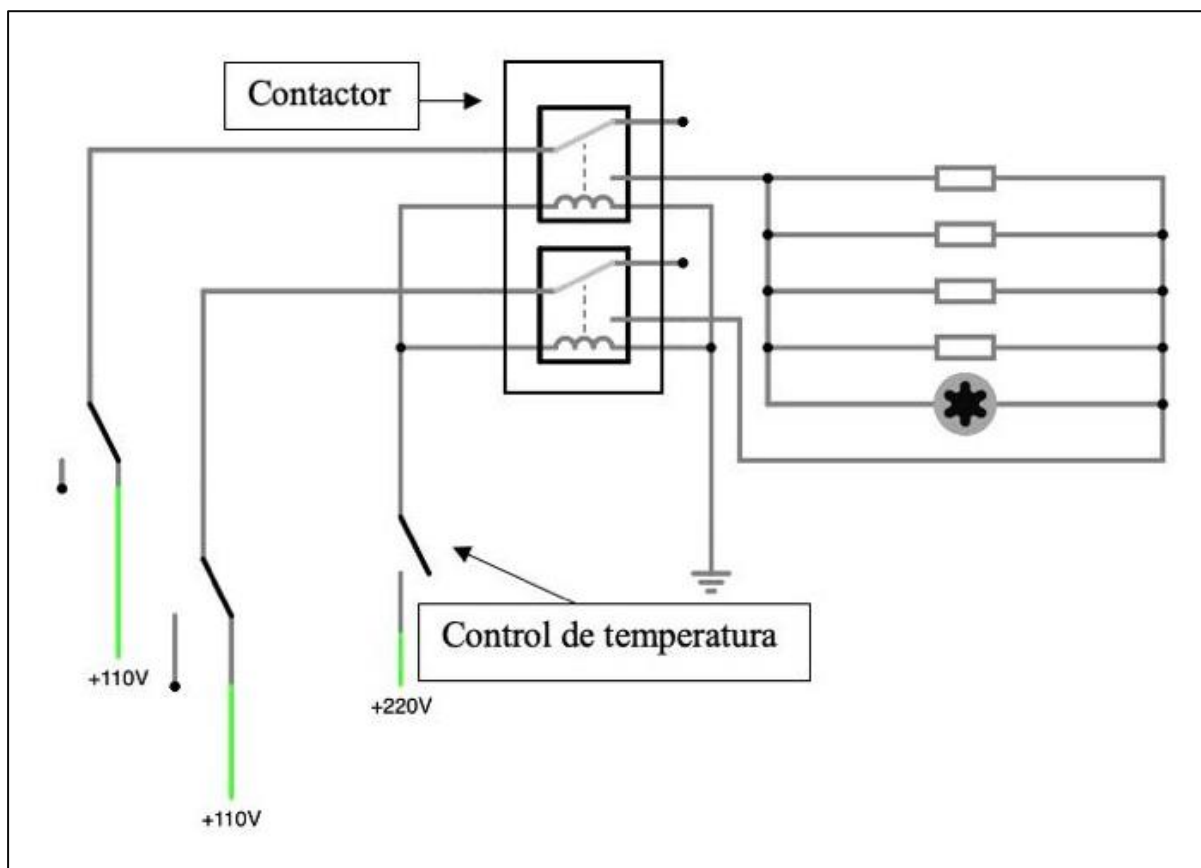
La aplicación utilizada para la elaboración del diseño de la estructura para la implementación del horno fue sketchup, este es un programa utilizado para diseños arquitectónicos, es un programa básico, pero eficiente que sirve para realizar modelados 3D, consiguiendo resultados realistas en muy poco tiempo.

3.11. Ergonomía

La decisión de implementar el horno con estas medidas fue con relación de la comodidad y seguridad de los operarios, ya que de tal forma estos tienen una facilidad al momento de ingresar al horno, además de que no tendría riesgos de tocar las paredes del horno, lo cual podría ocasionar serias lesiones, debido a que el horno trabaja con altas temperaturas. También se consideró los ganchos que se encuentran sujetos al techo del horno en su interior, y por tal motivo se estableció una altura del horno de 2.10 metros, para que de tal forma el operario no corra el riesgo sufrir accidentes con los mismos.

3.12. Diagrama Eléctrico

Se diseñó un diagrama eléctrico correspondiente al circuito eléctrico del horno de secado, el cual cuenta con un contactor cuya bobina es accionada por 220 v proporcionados por el controlador de temperatura, este es el encargado de brindar la señal de activación para el conjunto calefactor del horno, además del electroventilador, todos estos se encuentran conectados en paralelo, ver Figura 36.

Figura 36*Diagrama Eléctrico***3.13. Construcción del Horno**

La construcción del horno de secado se realizó dentro de un taller en la garzota, la compra de materiales se desarrolló en diferentes puntos del proceso para evitar la acumulación de material y así evitar que se ocupe espacio dentro del sitio de trabajo. La compra de materiales comenzó con las láminas de acero galvanizado de 0.70 mm de espesor.

Se era necesario obtener medidas de 2 m de ancho y 2.10 m de alto, para esto fue necesario el uso de dos planchas de acero galvanizado, las cuales se unieron por medio de remaches con traslape de 6 cm y con los remaches colocados a 3 cm de los borde de la unión, de esta forma se unieron de manera permanente las láminas y se formó la primera parte de una pared. Una pared del horno o panel se encuentra conformada por dos partes planas hechas a partir de las dos láminas de 2 m por 2.10 m de altura de acero galvanizado, en total son cuatro

laminas por pared, dentro de cada panel se colocó tres travesaños de dos metros para dar cuerpo a los paneles y también se colocó el aislante térmico denominado como lana fibra de vidrio, todo esto va encapsulado por acero galvanizado.

Una vez hechas las 4 paredes se procedió con la construcción del techo y el piso del horno, ya que estos tienen la mismas dimensiones, 2.10 m por 2.10 m, entonces se procedió de manera igual con la construcción de los paneles. En el piso se tomó en cuenta que los operarios deben caminar dentro del horno, esto implica que la estructura tiene que ser capaz de soportar el peso de los operarios, para la fabricación del piso se utilizó tubo rectangular de acero negro el cual fue soldado para formar una cuadrante con travesaños que soporten el peso de lo que se colocó en el interior del horno.

3.14. Equipos de Protección Personal

Para la implementación de pintura electrostática es necesario el uso de equipos de seguridad para proteger la salud del operario, dentro de los equipos de seguridad utilizados están:

- Protección visual.
- Protección respiratoria.
- Protección de oído.
- Traje para pintar.
- Ventilación.

La protección visual es importante para el proceso de pintura ya que protege los ojos del operario de la pintura en polvo, igualmente se debe usar la protección respiratoria para proteger las vías respiratorias de la pintura electrostática, es necesario el uso de traje para pintar y protección de oídos para evitar que el polvo llegue a traer complicaciones de salud, es importante que el lugar donde se realice el pintado sea un lugar ventilado para evitar las concentraciones de olores y material que puedan afectar al operario.

El uso de equipos de protección personal también fueron necesarios a la hora de la construcción del horno, ya que se utilizaron herramientas que sin las respectivas medidas de protección se pudo haber presentar algún accidente, de los equipos más necesarios estaban los guantes, mascarilla y gafas, debido a que se utilizó fibra de vidrio y esta es irritante para la piel humana y perjudicial para las vías respiratorias, sino se llegase a tomar ciertas precauciones.

3.15. Equipo para Aplicación de Pintura Usado en la Realización del Proyecto

En el desarrollo de las pruebas de pintura con pintura electrostática se utilizó una herramienta acorde con este tipo de pintura, la cual fue una pistola de pintura electrostática de Powder Coating System, esta fue adquirida desde los estados unidos, es una pistola básica para este tipo de proceso de pintado, ya que fue suficiente para lograr la realización del presente proyecto y sus correspondientes pruebas de pintura; ver Figura 37.

Sin embargo, al ser una pistola básica, esta cuenta con varios componentes conjuntos al momento de adquirirla, tales como:

- Dos reservorios de pintura, los cuales sirven para depositar la pintura electrostática, la cual vaya a ser utilizada para el proceso de pintura de la pieza.
- Un filtro antihumedad para la pistola.
- Varias puntas cónicas, las cuales sirven para que la pintura se pueda expandir de diferentes formas al momento del proceso de pintado sobre una pieza.
- Adaptador de línea neumática, la cual ayuda a la conexión de una línea de fluido, la cual es necesaria para el funcionamiento de la pistola.
- Por último, también cuenta con lo que vendría a ser la pistola y su equipo de carga eléctrica, la cual sirve para aportar la carga eléctrica que necesita la pieza para que la pintura se adhiera, y de la pistola que se encarga de rociar la pieza con la pintura electrostática.

Figura 37

Elementos de la Pistola Electroestática.



3.16. Conexión Eléctrica del Horno

Durante la elaboración de los sistemas eléctricos del horno de secado de pintura electroestática, se elaboró un diagrama eléctrico, donde se colocó las cuatro resistencias eléctricas, que son los elementos encargados de calentar el horno de secado, dentro del circuito como otro consumidor se encuentra un electroventilador encargado de la recirculación del calor dentro del horno estos elementos se encuentran conectados en paralelo.

El horno de secado en un inicio funcionaba con un voltaje de 110 v esto funcionaba separando el control de temperatura en un circuito independiente con su propio toma corriente

y cableado calibre 12 AWG, que solo se relacionaba al otro por la señal de activación que envía hacia la bobina del contactor, el contactor inicial funcionaba con una bobina interna de activación con 110 v y una corriente de 40 A, por otro lado teníamos el circuito de alto consumo en el cual se encontraban las 4 resistencias eléctricas y el electroventilador en paralelo para evitar caídas de voltaje, estos funcionaban junto al contactor estos conformaban otro circuito con cableado calibre 8 AWG independiente al control de temperatura, pero dado que el consumo de corriente muy alto tanto nuestro disyuntor y contactor fallaron al llegar a una temperatura de 90 grados centígrados y se tuvo fallas en el sistema.

Se presentó la necesidad de cambiar el circuito a un voltaje de 220 v para disminuir el consumo de corriente y así poder llegar a mayores temperaturas, al hacer este cambio en el circuito del horno de secado se hizo uso de un solo punto de luz y se unifico el circuito, se necesitó de la compra de un contactor de características de activación de bobina por un voltaje de 220 v y de corriente de 50 A, luego se realizó la conexión del contactor junto a cuatro nuevas resistencias eléctricas de voltaje de 220 v, gracias a estos cambios en el circuito se logró bajar el consumo eléctrico y así evitar calentamientos en cables y lograr mayor temperaturas dentro del horno.

3.17. Disponibilidad de Pintura Electroestática en la Ciudad de Guayaquil.

Este tipo de pintura al no ser tan utilizada como otras, se podría decir que son pocas las empresas las cuales la comercializan, al haber hecho una investigación previa, se pudo ver que dos son las empresas las cuales la venden, están son Pintuco y Pintulac.

En el caso de Pintulac al momento de solicitar información de acerca de la pintura, no supieron brindar mayor información que fuera que ellos si la vendían, pero al momento de investigar en Pintuco ellos si supieron brindar una mayor información, Pintuco vende la pintura electroestática por cajas de 25 kg y únicamente por color, además si se quisiera adherir brillo

al acabado de la pintura, también se tendría que comprar una caja de brillo en polvo de 25 kg, cada caja sale a la venta por un valor de \$250 sin incluir IVA.

Comprar pintura electroestática en Guayaquil puede ser algo contraproducente si no se cuentan con los fondos suficientes, ya que las empresas que la comercializan limitan al cliente a tener que comprar por cajas de 25 kg y de un solo color y no variados.

3.18. Desventajas de la Pintura Electroestática

Dentro de la implementación de pintura electroestática en el proyecto, es necesario tomar en cuenta las diferentes desventajas que tiene este tipo de pintura y su forma de aplicación (PowderTronic, 2021); entre las limitaciones se encuentran:

- Las piezas a recibir el recubrimiento tienen que ser de material conductivos para asegurar que exista una buena unión de la pintura en polvo (PowderTronic, 2021).
- Se debe tener cuidado con el equipo de aplicación por su volumen (PowderTronic, 2021).
- Tener delicadeza de la pistola de pintura electroestática (PowderTronic, 2021).
- Posible riesgo de electrocución e incendio por uso inadecuado de los equipos (PowderTronic, 2019).
- Mayor inversión para la implementación de este tipo de pintura en polvo en contraste con un aerosol (PowderTronic, 2021).

Capítulo IV

Resultados

Los resultados obtenidos gracias a la realización del presente proyecto fueron favorables, ya que se cumplió con el objetivo, el cual era demostrar si la implementación de un horno de secado para chapas automotrices con pintura electroestática era recomendable, dados los resultados obtenidos tras las distintas pruebas se pudo comprobar las ventajas del horno de secado, debido a que en las pruebas de secado se obtuvo un mejor acabado en la pieza secada en el horno. Además, de que el uso del horno no es únicamente para piezas con pintura electroestática, sino que también se lo puede usar para el secado de piezas con otro tipo de pintura.

El uso del horno para el secado de piezas brinda la calidad de acabado que todo taller que se dedique a la pintura automotriz necesita ofrecer a sus clientes, ya que, en la satisfacción de los clientes con respecto a un trabajo, se encuentra la satisfacción propia como taller o marca. Un buen acabado es la carta de presentación para futuros clientes potenciales para un taller.

4.1. Beneficios al Usar el Horno de Secado

- Se obtiene un acabado más uniforme.
- El periodo de trabaja es mucho más rápido que un secado a la intemperie.
- Mejor calidad de trabajo.
- Ahorro de material y tiempo.
- Aislamiento de impurezas.
- Cero dependencias del ambiente y el clima.
- Menor proliferación de partículas de pintura en el ambiente.

4.2. Puntos Por Mejorar

- Realizar un estudio previo de cuál es la temperatura y tiempo de secado de la pintura a utilizar en la pieza que ingresara al horno.

- Practicar antes en borradores con anticipación, ya que al no tener experiencia se pueden presentar fallos.
- Destreza del operario al manejar el material de pintura y dar el acabado.
- Utilización de filtro para la recirculación del aire.
- Buscar un espacio libre de humedad para la instalación del horno.
- Para la obtención de mayores temperaturas en el horno usar un conjunto adicional de elementos calefactores.

4.3. Costos de la Implementación

Tabla 2

Costos de Implementación

Costos de Implementación				
Rubros	Fuente	Fuentes	Total	
	Especie	Dinero		
Presupuesto Inicial	\$1.000			\$1.000
Gastos de materiales	\$2.152,01			\$2.152,01
Gastos de transporte	\$49			\$49
Gastos de envío	\$83,82			\$83,82
Gasto final	\$2.284,83			\$2.284,83

4.4. Guía Informativa

Guía Informativa del Horno

Temperatura Máxima del horno	122°C
Tiempo de calentamiento	20 min
Dimensiones	2 m de ancho x 2 m de fondo x 2. 10 de altura
Corriente	27.27 A
Voltaje de Entrada	220 V
Precauciones y Recomendaciones Por Seguir	<ul style="list-style-type: none"> -No tocar el horno cuando este encendido, debido a que trabaja con altas temperaturas. - No dejar la puerta abierta del horno cuando este encendido, se presentarán perdidas de calor. - Una vez apagado el horno, esperar un tiempo de enfriamiento de 15 minutos para poder ingresar a retirar la pieza introducida. - No dejar productos volátiles en el interior del horno, para no causar accidentes. - Mantener limpio el horno para mantenerlo libre de impurezas.

4.5. Guía Práctica

Guía Práctica del Horno

1. Limpieza del Horno	Previo a cada uso del horno es necesario realizar una inspección del interior, constatar que el horno se encuentre limpio, caso contrario se deberá proseguir con la limpieza de este, para culminar este paso se debe cerrar las puertas del horno.
2. Revisión Previa	Es necesario realizar una inspección del exterior del horno, revisar la posición del breker el cual debe estar posición abierta, además revisar que todo el cableado se encuentre en perfecto estado y el horno desconectado.
3. Puesta en Marcha del Horno	Para la puesta en marcha del horno se debe tener de preferencia un piso libre de humedad, se debe conectar el horno a la toma de 220 v luego de esto se debe colocar el breker a la posición cerrada, esto activará el horno que alcanzará la temperatura programada anteriormente.

4. Fase de Pre calentamiento	En este punto se debe dejar que el horno caliente hasta una temperatura interna de 80 grados centígrados, con esto el horno estaría listo para su apertura siguiendo indicaciones de seguridad.
5. Proceso de Curado	Trasladar la pieza pintada dentro del horno, tener cuidado con las superficies metálicas del interior pues la mismas se encuentran en temperaturas altas, proceder a cerrar las puertas del horno.
6. Fase de Espera	Dentro de este paso se debe esperar que el horno llegue a la temperatura programada en el control de temperatura para que la pintura electroestática llegue a su temperatura de curado.
7. Proceso Post Curado de la Pieza	Luego del proceso de curado se debe esperar un tiempo de unos 15 minutos, es necesario tomar las medidas de precaución indicadas, en el momento de la apertura de las puertas del horno, después de esto retirar la pieza con el cuidado necesario, ya que esta aún se encuentra a una alta temperatura por el proceso de curado.

8. Finalización del Uso del Horno	Una vez terminado de usar el horno de secado y de que este se encuentre totalmente frío, se procede a limpiar toda su área de funcionamiento y su interior, para al momento de volver a usarlo tener una área optima de trabajo. Por último, se procede a cerrar el horno en su totalidad, para así evitar que en su periodo de inactividad se ensucie.
--	---

Conclusiones

Debido a la ejecución del presente proyecto de titulación, se llegaron a obtener distintos resultados y puntos favorables en la implementación de un horno de secado con pintura electroestática.

Planteamos conceptos incluidos en la realización del proyecto, como: pintura electroestática, pistola para aplicación, horno de secado, tipos de acabados, entre otros.

Realizamos pruebas de pintura con la finalidad de evaluar el proceso de secado al horno, en comparación al secado a la intemperie, se obtuvieron mejores resultados utilizando el horno en la aplicación de la pintura electrostática, esto se debe a que se protege mejor de las impurezas del ambiente y el secado se produce de forma más eficiente dando un mejor acabado.

Observamos los beneficios al aplicar la pintura electroestática, como lo es: la fácil aplicación, ahorro de material y tiempo rápido de curado, otro punto destacado se enfoca en incrementar su popularidad y frecuencia de uso, ya que, aunque es mucho más conocida que en sus inicios, aún falta extender su aplicación en reparación de pintura automotriz.

Se elaboró la guía práctica para el uso del horno de pintura electroestática con la finalidad de facilitar la aplicación de esta en un taller de pintura automotriz.

Recomendaciones

Toda nueva investigación genera experiencia y recomendaciones, a continuación, se detallan una serie de recomendaciones que pueden servirán en el uso de un horno de secado o pintura electrostática:

- En el proceso de pintura, independientemente del tipo que se use, se tiene que asegurar que tanto la pieza como el espacio para la aplicación estén totalmente limpios ya que se pueden impregnar impurezas y afectarán el acabado.

- Al usar pintura electrostática se puede calentar la pieza con anterioridad, lo cual es positivo cuando se aplica la pintura, logrando una adherencia más efectiva, realizar este paso no es obligatorio, pero es una recomendación que ciertos fabricantes de pintura electrostática dan a sus consumidores.

- Para el uso del horno es necesaria la utilización de un ventilador externo de potencia 240 watts o mayor dirigido al motor eléctrico del electroventilador del horno, dado que el equipo puede salir dañado por un uso sin el sistema de refrigeración externo a una temperatura mayor a 80 grados centígrados.

- Siempre hay que tener precaución y conocimiento de cómo es el funcionamiento del horno a utilizar, ya que este trabaja con altas temperaturas las cuales puedes causar lesiones graves como indica la señalética de advertencia del horno la cual se puede observar en el anexo 6, por eso una vez terminado un proceso de secado, hay que esperar un tiempo de enfriamiento de 15 minutos para poder ingresar al horno y retirar la pieza.

- Luego del tiempo de espera de 15 minutos es una medida de seguridad necesaria que el operario realice la apertura del horno cubriendo su cuerpo con la puerta derecha y abriendo la puerta hacia afuera, nunca abrir la puerta estando frente al horno, luego de esperar de 2 a 5 minutos proceder de igual forma con la apertura de la puerta izquierda del horno.

- Utilizar el calibre correcto del cableado y utilizando un voltaje de 220 v, evita el consumo excesivo de corriente en el sistema y no permite que exista calentamiento en los cables de alimentación.

- Se debe revisar de manera periódica los elementos selladores en los filos de las puertas, ya que estos están supuestos a tener desgaste.

Bibliografía

- Aceves, G. (2018). AXALTA. Obtenido de AXALTA: https://www.axalta.com/blog_mx/es_ES/repintado-automotriz/proceso-repintado/los-10-defectos-mas-comunes-en-pintura-automotriz.html
- Anfibios del Ecuador. (04 de 10 de 2022). Anfibios del Ecuador. Obtenido de Anfibios del Ecuador: [https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/\(s.f.\)](https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/(s.f.)).
- Aceves, G. (2018). AXALTA. Obtenido de AXALTA: https://www.axalta.com/blog_mx/es_ES/repintado-automotriz/proceso-repintado/los-10-defectos-mas-comunes-en-pintura-automotriz.html
- Anfibios del Ecuador. (04 de 10 de 2022). *Anfibios del Ecuador*. Obtenido de Anfibios del Ecuador: <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/>
- Aranzametapec. (06 de 04 de 2019). *Aranza*. Obtenido de Aranza: <https://aranzametapec.com/por-que-la-pintura-electrostatica-puede-hacer-una-diferencia-en-la-calidad-de-tus-muebles-y-como-ayuda-al-cuidado-del-medio-ambiente/>
- Auto Crash. (09 de 05 de 2017). *Auto Crash*. Obtenido de Auto Crash: <https://www.revistaautocrash.com/pongase-al-dia-tecnologias-secado-pintura/>
- Bell, J. -H. (2020). *Qué es la Pintura?* Barcelona: Editorial GG.
- Boer Jozsef, P. B. (2020). *ScienceDirect*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920308799>
- Bralo. (2018). *Bralo*. Obtenido de Bralo: <https://bralo.com/es/tipos-de-remaches/>

Castillo, S. (28 de 09 de 2018). *Scanpaint*. Obtenido de Scanpaint:
<https://www.scanpaint.com/beneficios-de-la-pintura-electrostatica-de-equipos-metalicos>

Corepin. (21 de 03 de 2022). *Corepin S.L.* Obtenido de Corepin S.L.:
<https://corepinsl.es/pintura-monocapa-bicapa-tricapa-diferencias-aplicacion/>

Crash, A. (17 de 05 de 2016). *Auto Crash*. Obtenido de Auto Crash:
<https://www.revistaautocrash.com/clima-afecta-proceso-pintura/>

Cuzco Cantos Jorge Esteban, D. O. (2019). *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca* .
Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca :
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17619/1/UPS-CT008374.pdf>

Dionisiobonet.es. (2019). *Dionisiobonet.es*. Obtenido de Dionisiobonet.es:
<https://dionisiobonet.es/pintura-al-horno-en-que-consiste/#:~:text=Por%20lo%20general%2C%20como%20m%C3%ADnimo,de%20a%20resistencia%20y%20dureza.>

DQPolvo. (20 de 09 de 2017). *DQPolvo*. Obtenido de DQPolvo:
<https://www.dqpolvo.com/todo-lo-que-debes-saber-acerca-la-pintura-en-polvo/>

Edgar Gustavo Vera Puebla, D. J. (16 de 11 de 2021). *Savez Editorial*. Obtenido de Savez Editorial:
<https://savezeditorial.com/index.php/savez/article/view/46>

El Diario . (16 de 03 de 2022). *El Diario*. Obtenido de El Diario:
<https://www.eldiario.ec/principales-centro/consejos-antes-dias-de-intenso-calor/>

El Universo. (18 de 11 de 2020). *El Universo*. Obtenido de El Universo:
<https://www.eluniverso.com/noticias/2020/11/18/nota/8053591/lluvias-tormentas-electricas-duraran-hasta-domingo-segun-inamhi/>

- EPS Servicios Automotriz. (2022). *EPS Servicios Automotriz*. Obtenido de EPS Servicios Automotriz: <https://www.epsservicioautomotriz.com/single-post/todo-lo-que-debes-saber-sobre-la-pintura-de-tu-auto#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20pintura%20para,evitar%20la%20corrosi%C3%B3n%20del%20metal>.
- Ferreropro. (25 de 04 de 2018). *Ferreropro*. Obtenido de Ferreropro: <http://ferrepro.mx/pintura-en-polvo-consejos-para-la-mejora-del-proceso/#:~:text=Par%C3%A1metros%20del%20proceso&text=La%20temperatura%20de%20curado%20es,que%20se%20va%20a%20recubrir>.
- Ferro Industrial Proyectos Metálicos . (12 de 01 de 2021). *Ferro Industrial Proyectos Metálicos* . Obtenido de Ferro Industrial Proyectos Metálicos : <https://industrialferro.com.mx/lo-que-debes-saber/>
- Hoyos Morán, R. D. (2022). *Repositorio Digital UIDE*. Obtenido de Repositorio Digital UIDE: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/5213>
- Informe Técnico*. (02 de 2013). Obtenido de Informe Técnico: <http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/circulares/2014/anexos/Anexo%202/ecuador/Informe%20Tecnico%20Oceanografico%20de%20Ecuador%202013-2014.pdf>
- Ing. Romel David, C. T. (30 de 07 de 2021). *Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/26304/1/M-ESPEL-MAT-0122.pdf>
- Isover. (2022). *Isover Saint - Gobain*. Obtenido de Isover Saint - Gobain: <https://www.isover.com.ar/5-razones-por-las-que-usar-lana-de-vidrio-isover>

Isover. (2023). *Isover Saint - Gobain*. Obtenido de Isover Saint - Gobain: <https://www.isover-aislamiento-tecnico.es/industria/aplicaciones/aislamiento-termico/aislamiento-industrial-temperaturas-estandares>

Judith Amador-Hernández, E. M.-U.-H.-M.-R. (31 de 01 de 2019). *Uniciencia*. Obtenido de Uniciencia: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/11104>

Lesur Esquivel, L. (2014). *MANUAL DE PINTURA AUTOMOTRIZ*. Mexico: Trillas.

Lesur, L. (2000). *Manual De Pintura Automotriz: Una Guia Paso a Paso*. Mexico: Trillas Sa De Cv.

Loaiza Córdova, C. V. (2010). *Repositorio Uide*. Obtenido de Repositorio Uide: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/707>

Morales, G. (2018). *Guillermo Morales El Respaldo De Un Lider*. Obtenido de Guillermo Morales El Respaldo De Un Lider: <https://www.guillermomorales.cl/diferentes-tipos-pintura-auto/>

Mosquera Landeta, E. D.-O. (2005). *Repositorio Digital UIDE*. Obtenido de Repositorio Digital UIDE : <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2934>

Ocampo, I. J. (12 de 11 de 2021). *Repositorio Institucional de CIATEQDigital*. Obtenido de Repositorio Institucional de CIATEQDigital: <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/548/1/Modificacion%20de%20linea%20de%20pintura%20para%20mejora.pdf>

PowderTronic. (06 de 11 de 2019). *PowderTronic*. Obtenido de PowderTronic: <https://powdertronic.com/beneficios-de-la-pintura-electrostatica-en-materiales-metalicos/#:~:text=La%20aplicaci%C3%B3n%20de%20este%20tipo,inclusive%20soporta%20impactos%20sin%20desprenderse.>

PowderTronic. (08 de 12 de 2021). *PowderTronic*. Obtenido de PowderTronic: <https://powdertronic.com/4-puntos-que-conocer-si-optan-por-la-aplicacion-de-pintura-en-polvo/>

PPG. (26 de 09 de 2017). *PPG*. Obtenido de PPG: <https://www.blogppgrefinishautomocion.es/es/cabinas-de-pintura-en-el-taller-importancia-y-funcionamiento/#:~:text=%C2%B7%20Proporcionan%20el%20ambiente%20id%C3%B3neo%20para,trabajar%20en%20unas%20condiciones%20controladas.>

Ractem. (26 de 11 de 2020). *Ractem RACKING SYSTEM*. Obtenido de Ractem RACKING SYSTEM: <https://www.ractem.es/blog/es-acero-galvanizado-consiste>

Ropero Portillo, S. (16 de 03 de 2021). *Ecología Verde*. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/cuales-son-las-regiones-naturales-del-ecuador-3269.html>

Sigosan. (22 de 12 de 2017). *Sigosan*. Obtenido de Sigosan: <https://sigosan.com/blog/que-es-la-piel-de-naranja-y-como-eliminarla/>

TuMaterialElectrico. (28 de 10 de 2020). *TuMaterialElectrico*. Obtenido de TuMaterialElectrico: <https://www.tumaterialelectrico.com/es/actualidad/tipos-de-contactores/n-25#:~:text=Los%20contactores%20son%20elementos%20el%C3%A9ctricos,paso%20de%20la%20corriente%20el%C3%A9ctrica.>

Vasquez-Reino, E. W. (31 de 10 de 2022). *Innova Research Journal UIDE*. Obtenido de Innova Research Journal UIDE: <http://201.159.222.115/index.php/innova/article/view/2137>

Vega, F. (27 de 11 de 2018). *Recsa Ecologic*. Obtenido de Recsa Ecologic: <https://recsa-ecologic.com/los-danos-que-cause-la-pintura-convencional/#:~:text=Las%20pinturas%20convencionales%20son%20una,final%2C%20cuando%20no%20la%20utilicemos>.

Westwing . (2023). *Westwing* . Obtenido de Westwing : <https://www.westwing.es/inspiration/tendencias/materiales-de-moda/acero-negro/>

Anexos

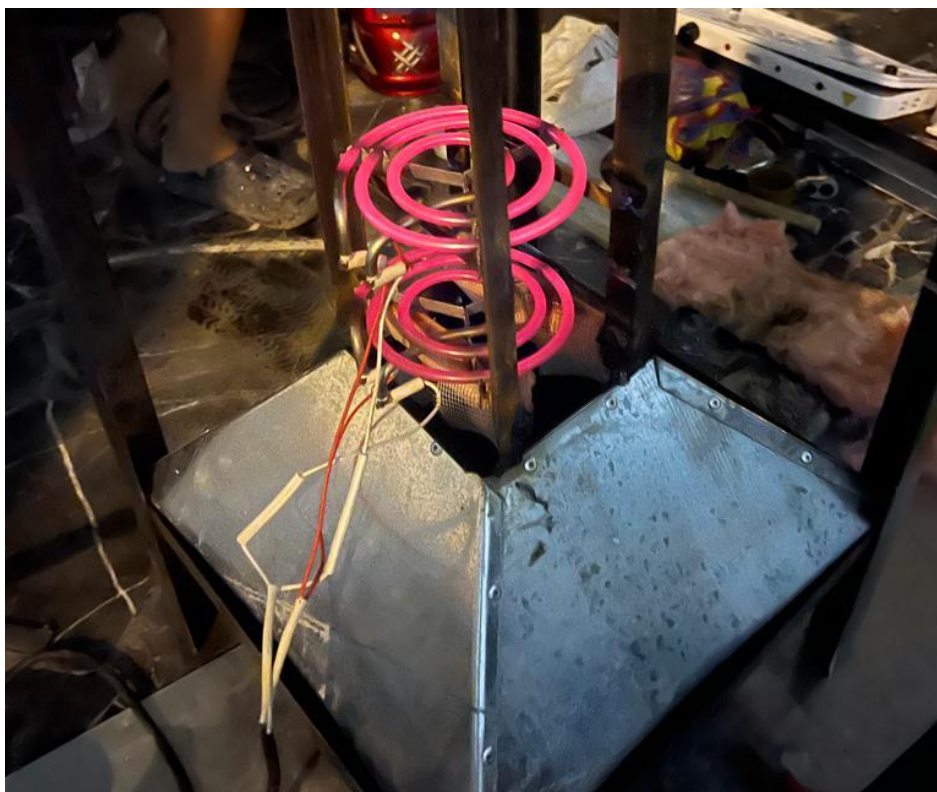
Anexo 1: Armado Estructural del Horno



Anexo 2: Limpieza de la Pieza



Anexo 3: Sistema de Calentamiento del Horno.



Anexo 4: Impregnación de Impurezas



Anexo 5: Implementación del Controlador de Temperatura y Contactor



Anexo 6: Señal de Peligro Alta Temperatura

