



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DE CABINA DE PINTURA
AUTOMOTRIZ BASADA EN ENERGÍA
SOLAR COMO FUENTE ALTERNATIVA
PARA SU FUNCIONAMIENTO**

Autores:

Cristofer T. Camacho G.

Albert G. Parra G.

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO DE CABINA DE PINTURA AUTOMOTRIZ BASADA EN ENERGÍA SOLAR
COMO FUENTE ALTERNATIVA PARA SU FUNCIONAMIENTO**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Autores:

Cristofer T. Camacho G.

Albert G. Parra G.

Tutora:

Ing. Alicia De Pizzella

San Diego, octubre de 2022



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Juerguene para la

evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Diseño de cabina de Puruma Autopropulsada
basada en energía solar como
fuente alternativa para su funcionamiento

Realizado por el (la) Br. Cristóbal Camacho

C.I. N° 21316960 cursante de la carrera de Mecánica

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral,
considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

[Signature]
Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Alcides Vizcarra
C.I.: 4598880

[Signature]
Jurado
Nombre: Donato Román
C.I.: 4131877

[Signature]
Jurado
Nombre: Wilson Espinoza
C.I.: 9885895

Fecha: 10/10/2022

[Signature]





UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Diseño de Casaca de Protección Anticorrosión basada en empujón con como fuente alternativa para su funcionamiento

Realizado por el (la) Br. Pano Albert

C.I. N° 26191778 cursante de la carrera de Meccánica

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

[Signature]
Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Alvaro Espinoza
C.I.: 479888

[Signature]
Jurado
Nombre: Donato Romanello
C.I.: 4131877

[Signature]
Jurado
Nombre: Wilson Espinoza
C.I.: 9865895

Fecha: 11/10/22





REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN
PÚBLICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quien suscribe, Ing. Alicia De Pizella , portadora de la cédula de identidad N° V-4.598.880, en mi carácter de tutora del trabajo de grado presentado por el ciudadano Cristofer Temistocles Camacho Garcia, portador de la cédula de identidad N° V-21.316.960 y el ciudadano Albert Gabriel Parra González ,portador de la cedula de identidad N° V-26.195.778, titulado **DISEÑO DE CABINA DE PINTURA AUTOMOTRIZ BASADA EN ENERGÍA SOLAR COMO FUENTE ALTERNATIVA PARA SU FUNCIONAMIENTO**, presentado como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO MECÁNICO**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 15 días del mes de Septiembre del año dos mil veintidós.

Ing. Alicia De Pizella

C.I: V-4.598.880

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DECANATO DE INGENIERÍA



FI N 006 2022-2CR TG

Valencia, 08 de junio de 2022

Ciudadanos:
CAMACHO GARCIA, CRISTOFER TEMISTOCLES
21.316.960
PARRA GONZALEZ, ALBERT GABRIEL
26.195.778
Presente -

Cumplo con informarles que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 6-2022 de fecha 12/05/2022 aprobó el proyecto de grado titulado:

Diseño de cabina de pintura automotriz basada en energía solar como fuente alternativa para su funcionamiento.

Presentado por ustedes como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:
Ing. Alicia Teresa Yáñez de Pizzella, titular de la cédula de identidad V-4.598.880



Atentamente

Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.
Decano de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso y el Nazareno de Achaguas, ya que me han brindado la fortaleza, sabiduría, salud e inteligencia para perseverar y llegar hasta el final de mis metas propuesta.

A mis Padres, Tomás Camacho y Sandra Garcia, por ser los pilares fundamentales de mi vida, siempre darme su amor y brindarme su apoyo incondicional; por sus sabios consejos y valores impartidos, por siempre estar allí para mí cuando más los necesito, por tener en mis capacidades y ser ejemplos de trabajo, perseverancia y lucha constante.

A mis abuelos, Manuel Garcia y Hilda Sánchez por siempre estar conmigo acompañándome y dándome las fuerzas necesarias para salir adelante, que siempre me han dado su amor incondicional y me apoyan para ser quien soy hoy en día, incluso desde el cielo.

Pero esta tesis, también se la dedico a mi novia y mejor amiga; Karla Delgado, mi tío Rafael Garcia, mis hermanas Isabela Camacho y Cristabel Camacho y también a mi hermano Freddy Villafañez, quienes han estado acompañándome y dando las fuerzas necesarias para salir adelante, que siempre me dan su amor incondicional y me apoyan para ser quien soy hoy en día.

A todos ustedes les dedico este logro y los que están por venir.

¡Mucha Gracias!

Cristofer Temistocles Camacho Garcia

DEDICATORIA

A Dios, por ser quien siempre me ha brindado fortaleza para perseverar y llegar hasta el final.

A mis Padres, Alberto Parra y Franciz González, por ser los pilares fundamentales de mi vida, siempre darme su amor y brindarme su apoyo incondicional; por sus sabios consejos y valores impartidos, por siempre estar allí para mí cuando más los necesito, por tener en mis capacidades y ser ejemplos de trabajo, perseverancia y lucha constante.

Pero esta tesis es dedicada en especial a mis abuelos Neida Vera y Reinaldo González, quienes han estado acompañándome y dando las fuerzas necesarias para salir adelante, que siempre me dan su amor incondicional y me apoyan para ser quien soy hoy en día.

A todos Ustedes le dedico este logro y los por venir.

¡Mucha Gracias!

Albert Gabriel Parra González

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la fortaleza, sabiduría, salud e inteligencia y por siempre acompañarme en mis faenas día tras día, pero sobre todo en darme una familia tan maravillosa.

Agradezco a mis padres Tomás Camacho y Sandra Garcia por darme la vida y estar siempre apoyándome en el transcurso de mi desarrollo, brindándome toda ayuda que llegase a necesitar y por su aliento para completar esta fase de crecimiento personal tan importante.

Gracias a mis abuelos maternos Manuel Garcia y Hilda Sánchez, ustedes también son un pilar en mi vida, gracias por compartir mis logros, por cada uno de sus consejos y por su amor incondicional. Abuelo sé que estarás orgulloso de mí donde quiera que estés. De ustedes también es este logro.

A nuestra tutora académica y metodológica la Ing. Alicia De Pizella quien, por sus amplios conocimientos, capacidades docentes y profesionales considero fue el mejor apoyo con el que pudimos contar durante este trabajo.

A mi novia, familiares y mis amigos, Karla Delgado, Rafael Garcia, Isabela Camacho, Cristabel Camacho, Freddy Villafañez, Gilson López, Cesar Sánchez, Isabel Garcia, Carmen Garcia, Alonso Garcia, Carlos silva, Carlos Silva Garcia, Rafael Lozada, Raúl Lozada, Salvador Leal, Daniel Briceño, por estar presente a lo largo de esta experiencia y por todos esos grandes momentos.

A los Profesores, de la Universidad José Antonio Páez por todos los conocimientos impartidos durante estos años, que me permitieron alcanzar la meta de ser Ingeniero Mecánico.

Agradezco cordialmente, a cada una de las personas que de una u otra manera aportaron un granito de arena para que yo pudiera alcanzar esta meta, por sus buenos sentimientos, y muestras de apoyo, a los que siempre estuvieron para ayudarme de manera incondicional.

A mi compañero y amigo Albert Parra, por tomar este reto conmigo y finalizarlo, a pesar de los contratiempos y la diferencia de pensamiento, ya podemos decir ¡LO LOGRAMOS HERMANO!

¡MUCHAS GRACIAS A TODOS!
Cristofer Temistocles Camacho Garcia

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la fortaleza, la salud y por siempre acompañarme en mis faenas día tras día, pero sobre todo en darme una familia tan maravillosa.

Agradezco a mis padres Alberto Parra y Franciz González por darme la vida y estar siempre apoyándome en el transcurso de mi desarrollo, brindándome toda ayuda que llegase a necesitar y por su aliento para completar esta fase de crecimiento personal tan importante.

A nuestra tutora académica y metodológica la Ing. Alicia De Pizella quien, por sus amplios conocimientos, capacidades docentes y profesionales considero fue el mejor apoyo con el que pudimos contar durante este trabajo

A mis amigos y familiares , Eliomar Ramírez, Manuel Pulido, Abraham García, Génesis Gutiérrez , José Briceño , Carlos Chirinos, Leonard Sánchez ,Jairo González ,Carol Reyes , Alys Ferrer ,Carlos Silva y Dairys Bermúdez , por estar presente a lo largo de esta experiencia y por todos esos grandes momentos.

A los Profesores, de la Universidad José Antonio Páez por todos los conocimientos impartidos durante estos años, que me permitieron alcanzar la meta de ser Ingeniero Mecánico.

Agradezco cordialmente, a cada una de las personas que de una u otra manera aportaron un granito de arena para que yo pudiera alcanzar esta meta, por sus buenos sentimientos, y muestras de apoyo, a los que siempre estuvieron para ayudarme de manera incondicional.

A mi compañero y amigo Cristofer Camacho, por tomar este reto conmigo y finalizarlo, a pesar de los contratiempos y la diferencia de pensamiento, ya podemos decir LO LOGRAMOS!!!

¡MUCHAS GRACIAS A TODOS!

Albert Gabriel Parra González

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pp.
ÍNDICE DE FIGURA.....	xiii
ÍNDICE DE TABLA.....	xvi
ÍNDICE DE CUADRO.....	xvii
ÍNDICE DE GRAFICO.....	xviii
RESUMEN INFORMATIVO.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO

I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Formulación del Problema	6
1.3 Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos	7
1.4 Justificación de la Investigación	7
1.5 Alcance.....	8

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes	9
2.2 Bases teóricas	11
2.2.1 Transferencia de Calor	12
2.2.2 Conducción	12
2.2.3 Convección	14
2.2.4 Radiación	15
2.2.5 Energía	15
2.2.6 Energía Solar.....	16
2.2.7 Radiación solar.....	17
2.2.8 Pintura.....	19
2.2.9 Pintura de fondo.....	19

2.2.10	Pintura de acabado	20
2.2.11	Función de protección.....	20
2.2.12	Funciones de embellecimiento.....	20
2.2.13	Composición de la pintura	20
2.2.14	Pigmentos.....	21
2.2.15	Resina.....	21
2.2.16	Disolventes.....	22
2.2.17	Aditivos.....	22
2.2.18	Tipos de pintura por su aplicación	23
2.2.19	Geometría Solar	24
2.2.20	Hora Solar Pico, HSP.....	25
2.2.21	Sistema Fotovoltaico.....	26
2.2.22	Medición de la radiación solar	30
2.2.23	Radiación solar directa.....	31
2.2.24	Captación de la energía solar	31
2.2.25	Principio de funcionamiento	31
2.2.26	Aspectos medio ambientales.....	31
2.3	Bases Legales	31
2.4	Definición de términos	34

III MARCO METODOLÓGICO

3.1	Tipo de investigación	36
3.2	Diseño de investigación	37
3.3	Nivel de la investigación	37
3.4	Población y muestra	38
3.4.1	Población.....	38
3.4.2	Muestra	38
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	39
3.5.1	Técnicas de Recolección de Datos.....	39
3.5.2	Instrumentos de Recolección de Datos	39
3.6	Fases metodológicas.....	40

IV RESULTADOS	
4.1	Diagnóstico de la situación actual de los talleres con cabinas de pintura 42
4.1.1	Análisis de las entrevistas y observación directa..... 46
4.2	Identificación de las variables para el diseño de una cabina de pintura 48
4.3	Seleccionar el sistema alternativo para suministrar energía a una cabina de secado automotriz..... 60
4.3.1	Propuestas de alternativa para la selección del tipo de energía 60
4.3.2	Criterios de evaluación y escogencia de la propuesta..... 64
4.4	Diseño digitalizado de la alternativa seleccionada para cabina de pintura automotriz mediante el uso del programa SolidWorks..... 67
4.4.1	Diseño de la cabina..... 67
4.4.2	Diseño térmico..... 77
4.4.3	Diseño fotovoltaico..... 87
4.5	Determinar la viabilidad económica del proyecto..... 104
	CONCLUSIONES..... 108
	RECOMENDACIONES..... 110
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 111
	ANEXOS 119
A	Propiedades termo físicas de la trementina..... 120
B	Propiedades termofísicas del acero..... 121
C	Características de las resistencias eléctricas..... 122
D	Aislantes (espesor de la lana mineral)..... 123
E	Conductividad térmicas de algunos materiales..... 124
F	Plano de cabina 125
G	Plano de cabina 126
H	Plano de ducto extractor 127
I	Plano de ducto interno 128
J	Plano de primer ducto 129
K	Diseño y simulación de la cabina de pintura automotriz en el programa SolidWorks..... 130

L	Diagnóstico del taller de pintura shopping autos valencia, C.A.....	138
M	Diagnóstico del taller de pintura valencia auto spa express, C.A.....	150
N	Esquema de instalación.....	160
O	Ficha técnica del tubo led T8.....	161

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Mecanismos de transferencia de calor.....	12
2	Energía radiada por el Sol y la Tierra	18
3	Espectro de radiación solar fuera de la atmósfera de la tierra y a nivel del mar para condiciones del cielo despejado.....	19
4	Mapa solar de Venezuela	25
5	Hora Solar Pico	26
6	Esquema de un generador SFCR	28
7	Tipos de Sistemas Fotovoltaicos de Bombeo	29
8	Esquema de un sistema fotovoltaico autónomo	29
9	Ubicación satelital del taller de pinuta Shopping Autos Valencia, C.A.....	43
10	Horno de secado de pintura.....	44
11	Quemador.....	44
12	Ubicación satelital del taller Valencia Auto Spa Express, C.A....	45
13	Cabina-Horno de pintura.....	45
14	Quemador.....	46
15	Cabina de flujo vertical con recirculación de aire.....	49
16	Ventilador para cámara de pintura.....	50
17	Ductos.....	52
18	Prefiltro.....	53
19	Filtro plenum.....	54
20	Filtro inferior.....	54
21	Filtro de salida.....	55
22	Iluminación de cabina de pintura.....	56
23	Quemador diésel para cabina de pintura.....	58
24	Sistema representativo Alternativa I.....	62

25	Esquema de transmisión de movimiento.....	62
26	Esquema de obtención de la biomasa.....	63
27	Esquema de obtención de la energía por biomasa.....	63
28	Esquema de obtención de energía solar.....	64
29	Componentes de un panel solar.....	64
30	Planos de cabina-horno.....	68
31	Ductos de los extractores.....	69
32	Ducto térmico.....	70
33	Ducto de extractores.....	71
34	Ducto de ventilación.....	71
35	Cabina de pintura automotriz.....	72
36	Clasificación de régimen de fluidos.....	79
37	Baterías Recargables Rectangulares (Resistencia Eléctrica)	84
38	Extractor en línea SVE/PLUS/EW.....	84
39	Características técnicas de extractor en línea SVE/PLUS/EW-100H	85
40	Dimensiones de extractor en línea SV/PLUS/EW-100H	85
41	Valores dimensionales de extractor en línea SV/PLUS/EW-100H.....	86
42	Ventilador centrífugo CBD/EW.....	86
43	Características técnicas de ventilador centrifugo CBD/EW-1919.1/5	86
44	Dimensiones de ventilador centrifugo CBD/EW-1919.1/5.....	87
45	Valores de las dimensiones ventilador centrifugo CBD/EW-1919.1/5	87
46	Curvas características de la Presión versus Caudal.....	87
47	Mapa radiación solar global diaria media sobre Venezuela.....	88
48	Curvas de dos módulos fotovoltaicos.....	94
49	Estructura reforzada para cubiertas planas.....	95
50	Disposición de paneles solares.....	96
51	Batería Bioenergy	98

52	Inversor o generador seleccionado	100
53	Panel Solar SG350P	101
54	Características de panel Solar SG350P	101
55	Características de panel solar SG350P	102
56	Características de panel solar SG350P	102
57	Sistema solar promovido por la empresa SAGET	103

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		Pág.
1	Condiciones de trabajo para los tipos de pinturas hornearles.....	51
2	Factor de reflexión.....	57
3	Comparación de restricciones vs. Posibles Soluciones.....	66
4	Ponderación de criterios.....	66
5	Parámetros de puntuación.....	66
6	Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección.....	67
7	Evaluación de soluciones.....	67
8	Comportamiento de la radiación solar en Venezuela.....	89
9	Clasificación de potencial Voltaico.....	90
10	Demanda eléctrica diaria.....	91
11	Medidas modelo SG350P.....	93
12	Características técnicas de panel solar SG350P.....	94
13	Comparación de paneles solares.....	96
14	Características de la batería. Código 00165.....	97
15	Características del inversor o generador seleccionado INCAR6KW-48V-120V-1.6000W.Marca Bioenergy.....	100
16	Factibilidad económica.....	105
17	Costo de mano de obra.....	106
18	Costo total del proyecto	107
19	Comparación de los costos del diseño propuesto y una cabina comercial importada.....	107

ÍNDICE DE CUADRO

CUADRO		Pág.
1	Matriz DOFA.....	46
2	Cuadro comparativo de métodos de secado.....	58
3	Alternativas para la selección.....	60
4	Criterios y restricciones.....	65

ÍNDICE DE GRÁFICO

GRÁFICO		Pág.
1	Capacidad Calorífica versus temperatura.....	74
2	Coefficiente térmico de la pieza versus la temperatura.....	76
3	Conductividad térmica de la pieza versus temperatura.....	78
4	Numero de Prandtl versus temperatura.....	80
5	Viscosidad versus temperatura.....	80



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO DE CABINA DE PINTURA AUTOMOTRIZ BASADA EN ENERGÍA SOLAR COMO FUENTE ALTERNATIVA PARA SU FUNCIONAMIENTO

Autores: Cristofer T. Camacho G.

Albert G. Parra G.

Tutora: Ing. Alicia De Pizzella

Fecha: Octubre 2022

RESUMEN INFORMATIVO

Actualmente es muy común ver la implementación de cabinas de pintura y secado automotriz, las cuales utilizan energía eléctrica para su funcionamiento. Dicha energía presenta varios problemas, debido a la gran crisis por el que atraviesa el sistema eléctrico nacional. Es por ello que la presente investigación propone el **“Diseño de cabina de pintura automotriz basada en energía solar como fuente alternativa para su funcionamiento”**. Su propósito es diseñar una cabina de pintura automotriz ecológica que beneficie al medio ambiente. La recolección de datos se hizo a través de entrevistas no estructuradas y su análisis se presentó en una matriz FODA. Por otra parte, el proyecto se realizó mediante la modalidad de tipo factible, sustentado en un diseño de campo y documental, con un nivel descriptivo; además, la simulación de su funcionamiento se realizó a través del programa SolidWorks. Después de realizar todos los cálculos se pudo constatar que es 30% más económico fabricar la cabina aquí en Venezuela que importarla desde China, país donde actualmente se exporta. Por último, la línea de investigación está enmarcada en: gestión ambiental, hábitat y vivienda.

Descriptor: Resistencias eléctricas, paneles solares, cabina de pintura, energía renovable, intercambiador de calor.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el uso e implementación de cabinas de pintura automotriz en talleres concesionarios o talleres particulares se ha vuelto muy común, por lo tanto, se realizará diseño de una cabina de pintura automotriz que funcione con energía solar para responder a la necesidad de tener un menor impacto ambiental, adicionalmente se implementaran ciertos filtros que impiden que las partículas de las pinturas salga a la intemperie, así como también el uso de energías no contaminantes y renovables.

Por otra parte, al implementar un nuevo sistema se evitará utilizar motores de combustión o quemadores a gas que generan gases y partículas altamente contaminantes que afectan el ambiente e incrementa el impacto ambiental a nivel mundial; debido a este problema surge la necesidad de aplicar nuevos sistemas existentes como son las celdas solares de energía y acumuladores que usan energía limpia como es la radiación solar que además es una energía renovable y proviene de una fuente inagotable como es el sol, lo que es un beneficio para el medio ambiente y permitirá reducir el impacto ambiental.

Además, se realizarán los cálculos pertinentes para llegar a la temperatura óptima de trabajo en la cabina de pintura automotriz, esta temperatura es de 60°C para el secado en la cabina de pintura automotriz, así a su vez demostrando la rentabilidad del sistema. Asimismo, se estudiará la viabilidad del diseño para los talleres que se ven afectados por problemas de electricidad y adquisición de combustible.

El **Capítulo I**, especifica el problema y objetivos de la investigación, así como la formulación, justificación y delimitaciones de la misma. Su objetivo es describir el objeto de estudio.

El **Capítulo II**, abordara el marco teórico que encierra los antecedentes de la investigación, los cuales son estudios realizados que guardan estrecha relación con el perfil metodológico al trabajo de investigación. También se establecen las bases teóricas sobre la cual se soporta este trabajo y se definen los términos básicos que se manejaran para el desarrollo de la misma.

El **Capítulo III**, explica lo referente al marco metodológico, estableciendo el tipo y diseño de la investigación, definiendo la población y muestra, detallando cada una de las fases, las

estrategias a utilizar, así como los recursos con los que se contara en cada periodo durante el desarrollo de las actividades.

El **Capítulo IV**, presentan el análisis e interpretación de los resultados, donde se muestran el desarrollo de las fases metodológicas del estudio.

Por último, el **Capítulo V** contiene las Conclusiones y recomendaciones. Posteriormente las referencias bibliográficas y por último, los anexos pertinentes.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial los recursos energéticos son cada día más escasos, además los países con gran desarrollo económico y tecnológico son los mayores consumidores de dichos recursos en el mundo; las centrales hidroeléctricas son la fuente de generación eléctrica más económica y segura que existe, sin embargo, pueden llegar a tener ciertas limitaciones como el caudal, la topografía, el mantenimiento y son explotadas a su máxima capacidad. Con respecto a lo anterior, France 24 (2019) dijo:

El consumo de energía a nivel mundial para el año 2019 se dividió entre combustibles fósiles, es decir petróleo, carbón y gas natural, representando el 80% del consumo, mientras la energía eólica solo significó el 2% y la energía solar tan solo el 1%.

Por otra parte, también hay que mencionar que los hidrocarburos como el petróleo son altamente contaminantes; sus emisiones de CO₂ son el principal motor del cambio climático, generando lo que se conoce como calentamiento global. La primera persona que propuso que la concentración de CO₂ en la atmósfera podía provocar un aumento significativo de la temperatura de la Tierra fue una mujer mejor conocida como Newton Eunice, (1856) “El aumento del CO₂ provocará un calentamiento global”.

Dentro de este orden de idea, está el caso de la represa del Guri en Venezuela donde se encuentran problemas como el caudal ya que en tiempos de sequía su nivel de agua disminuye considerablemente, adicionalmente también es importante tomar en cuenta su topografía, puesto que en invierno su volumen de agua aumenta y esto produce inundaciones en la zona. Las condiciones de dicha central eléctrica no son precisamente las más favorables, debido a la falta de inversiones por parte del estado en los mantenimientos y reemplazos de piezas necesarios para su correcto funcionamiento, trayendo como consecuencias cortes eléctricos y los racionamientos. Al respecto se debe citar lo dicho por Guevara Manuel (2020):

En 1998, el sistema eléctrico venezolano, con empresas públicas y privadas, era considerado el mejor de América Latina, en cobertura (97 por ciento de la población), calidad de servicio, tecnología, robustez, estabilidad y confiabilidad. Hoy, en 2020, el sector es incapaz de atender la demanda de electricidad; pese a estar muy reducida por la crisis económica y la cuarentena.

Cabe considerar que el uso de combustibles fósiles afecta de forma negativa al ambiente, es por ello que es necesario buscar una fuente de energía alternativa cuyo impacto sobre el ambiente sea mínimo, además de darle un mejor uso a los hidrocarburos para aumentar su rentabilidad. Esto ha incentivado a los investigadores al desarrollo de fuentes de energía alternas con la finalidad de sustituir las tradicionales; como lo son la biomasa y otras que hacen uso especial de recursos naturales como el agua, el viento y el sol; considerando que el ultimo no tiene una mayor participación en el mercado energético en Venezuela; así mismo, Efe (2021):

Venezuela es uno de los países de Latinoamérica con mayor potencial para generar energía solar, de acuerdo con el mapa del Atlas Global de Energía Renovable, pero la falta de políticas públicas y de inversión impiden que el sol sea una opción para mitigar la crisis eléctrica declarada en 2009. El potencial solar en Venezuela ronda los 236 vatios por metro cuadrado, sólo 40 puntos por debajo del desierto de Atacama en Chile, la zona con mayor capacidad para la energía fotovoltaica en América. El ingeniero Iván Díaz, especialista en energía solar fotovoltaica, explicó a Efe que este potencial no se limita a algunas zonas, sino que es posible encontrarlo en todo el territorio venezolano, debido a la "posición geográfica privilegiada" con entre cuatro y seis horas de irradiación solar diaria y vientos de entre 8 y 9 metros por segundo en los más de 1.200 kilómetros de costas.

Si bien es cierto, Venezuela ha presentado en los últimos años desmejoras en el sistema eléctrico, los talleres de pintura automotriz no escapan de esta situación ya que se ven afectados por cortes eléctricos ya sean de mantenimiento, racionamiento o las fallas que se presentan a nivel general en todo el país. Es necesario considerar que no todos los talleres de pintura automotriz cuentan en sus instalaciones con generadores eléctricos debido a sus altos costos; al presentarse los inconvenientes con el sistema eléctrico se ve afectado el desempeño del funcionamiento en las cabinas de pintura cuando se está realizando el trabajo de pintado y secado. Pintar un vehículo es un proceso costoso, por consiguiente, de no completarse el proceso los acabados de pintura son de

mala calidad trayendo como consecuencia pérdidas en los materiales e inconformidad por parte del cliente. Por otro lado, QuimiNet (2015) dice:

Existen dos opciones para pintar un vehículo, la primera de ellas es al aire libre y la segunda mediante un Horno de pintado. Al utilizar un horno se cuenta con varias ventajas, sobre el pintado al aire libre. Las razones principales de ello es que se puede controlar la temperatura ideal para pintar, siendo de 25 a 30 °C, a lo que se le suma el hecho de eliminar el polvo o las corrientes de aire que podrían llegar a afectar el acabado final del producto. El tiempo y la temperatura de exposición dentro de un horno de pintura son determinados por la pintura en sí y no por el vehículo. Para ello se utilizan pinturas especiales que, en caso de no ser expuestas al horno, su tiempo de secado tardaría muchísimo. Una de las principales ventajas al utilizar un Horno para pintura automotriz es que en el acabado hay un excelente brillo y su dureza genera una mayor resistencia a los rayones.

Con respecto a lo anterior, el servicio de pintura para vehículos o piezas de vehículo va a depender de cómo se realice; en el caso de los talleres de pintura informales en Venezuela los costos para el pintado total del vehículo rondan entre los 300 y 500 dólares, esto va a depender del tipo de vehículo y ciertas características que son tomadas en cuenta por el latonero, mientras que en los talleres formales que cuentan con tecnologías para el pintado y el secado como lo son los hornos o cabinas de pintura, lo que permite una mejor adherencia de los materiales utilizados a la carrocería del vehículo, en estos talleres especializados los costos superan los 500 dólares, evidentemente esto va a depender del tamaño del vehículo, antigüedad, tipo de pintura y del acabado superficial.

Adicionalmente, se puede decir que la principal razón de la diferencia de costos entre los talleres de pintura formales e informales es por el consumo de energía que generan los talleres formales en el proceso de pintado de vehículos automotrices; esto debido a que la energía que se gasta está relacionada con el tiempo que tarda en secar la pintura en el interior del horno.

Sin duda alguna es posible lograr un secado o curado de la pintura al medio ambiente, pero no es la técnica más adecuada para la productividad de un taller de reparación. “En la zona de pintado, es primordial disponer del tiempo en su composición del proceso, primordialmente en el tiempo muerto del proceso, para el secado de las partes repintadas” (García, 2016). En consecuencia, García (2016) dice que:

En Ecuador, los talleres de pintado de pintura, realizan el secado a la intemperie, es decir el secado de la pintura, se realiza a temperaturas del ambiente; en Quito, oscila entre los 5 y 15 °C, y a dicha temperatura el secado de la pintura uretano, toma entre 12 y 15 horas para el secado, lo cual el tiempo del servicio de ensamblaje de las piezas automotrices son en promedio de tres a cuatro días; en otras ciudades donde la temperatura es inferior a 10°C, los tiempos de secado se incrementan más aún; siendo los talleres implementados con hornos para el secado, solo en los centros autorizados o concesionarios automotrices.

Este trabajo busca una fuente de energía alternativa, como es el caso la de proveniente del sol, energía que llega a la tierra en forma de radiación electromagnética. Se propone la implementación de paneles solares como fuente alternativa de energía para la cabina de pintura, ya que de esta manera se contribuye con el ambiente por ser un tipo de energía no contaminante y renovable; además de que es una forma de aliviar el sistema eléctrico nacional en Venezuela. Por otro lado, generalmente los quemadores utilizados en las cabinas de pintura automotriz son alimentados por diésel o gas; se propone sustituir el quemador mencionado por resistencias eléctricas que a su vez benefician al ambiente ya que no producen contaminación por CO₂.

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo enfrentar los problemas de cortes de electricidad en los talleres de pintura automotriz, los cuales afectan su eficiencia y calidad en el terminado del proceso?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Proponer el diseño de cabina de pintura automotriz basada en energía solar como fuente alternativa para su funcionamiento.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Diagnosticar la situación actual de la cabina de pintura
2. Identificar las variables para el diseño de una cabina de pintura
3. Seleccionar el sistema alternativo para suministrar energía a una cabina de pintura automatizada
4. Diseñar digitalmente la alternativa seleccionada para la cabina de pintura automatizada mediante el uso del programa SolidWorks
5. Determinar la viabilidad económica del proyecto

1.4 Justificación de la Investigación

La investigación en estudio busca diseñar una cabina de pintura automatizada con paneles solares y resistencias eléctricas, con el propósito de bajar los costos del servicio y disminuir el impacto ambiental; sin embargo, al desarrollar dicho proyecto se contribuirá a nivel académico para futuras investigaciones desarrolladas en la Universidad José Antonio Páez en el área de ingeniería y en otras instituciones que tengan el acceso al recurso que dejarán los investigadores.

Si bien es cierto, las cabinas de pintura automatizada se consideran como una herramienta fundamental en los talleres para mejorar los acabados de pintado en los vehículos; debido a los altos costos que se generan en talleres especializados que cuentan con cabinas de pintura automatizada, ha generado que muchos operadores ofrezcan dicho servicio a la población a bajos costos, mejor conocidos como talleres informales ya que no poseen las herramientas adecuadas para llevar a cabo los procesos de pintura automatizada. Por lo tanto, es importante crear maquinarias que puedan funcionar con energías alternativas, como el uso de los paneles solares y las resistencias eléctricas, ya que esto disminuirá costos en el servicio prestados por los talleres formales y por ende la sociedad se verá beneficiada al obtener el servicio adecuado para la pintura de sus vehículos y a un costo accesible.

Adicionalmente, Las cabinas de pintura automatizada han sido herramientas fundamentales para el proceso de pintado de vehículos, puesto que cuentan con un recinto completamente cerrado y estanco con una sobre presión por el que circula aire caliente a una velocidad adecuada para poder pintar y secar en el menor tiempo el vehículo. De esta manera, durante el uso del intercambiador de calor y a través del controlador del quemador se aumenta o disminuye la temperatura de los dos ventiladores principales, para favorecer la circulación interna de aire “frío”, que después será calentado cuando pase a través del intercambiador de calor. Además, el dióxido de carbono (CO₂) generado por los quemadores ha sido un problema en el medio ambiente, ya que

está siendo afectado por los hidrocarburos usados para calentar la cabina y acelerar el proceso de secado de la pintura.

En base a lo anterior, se aplicará un diseño de la cabina de pintura automotriz basada en energía solar como fuente alternativa para su funcionamiento, sumando el uso de resistencias eléctricas que son alimentadas por paneles solares, ya que las cabinas actuales generan impacto negativo en el medio ambiente; por lo tanto, nace el compromiso de implementar una propuesta con el propósito de disminuir el impacto ambiental. Cabe destacar que se tomará en cuenta las variables del diseño de las cabinas de pinturas automotriz existentes en el mercado venezolano.

Por último, se debe destacar que la implementación de energía solar no tiene impacto en el medio ambiente y sus costos son mínimos comparados con el uso de cabina de pintura automotriz convencional, es importante enfatizar que estos costos pueden abarcar mantenimiento, uso y materia prima. El uso de hidrocarburos consecutivos puede generar un incremento del servicio causando así consecuencias a nivel económicas para la productividad de la empresa, por ende sus clientes se reusan a contractar dicho servicio a pesar de su excelente acabado en los autos; es necesario implementar este tipo de mecanismo ya que tendrá una disminución del impacto económico tanto para los talleres especializados como para sus usuarios.

1.5 Alcance

La Investigación se basa en el diseño de una cabina de pintura automotriz donde se sustituirá los quemadores que son usados con hidrocarburos a uso de resistencias eléctricas en la cabina, a su vez, se implementará el uso de energía renovables para el funcionamiento de la cabina, que en este caso se hará mediante paneles solares.

Por otra parte, se realizara una simulación mediante el programa SolidWorks para así considerar la implementación del de diseño en los talleres especializados de pintura automotriz que cuenten con cabinas de pintado y secado. Además, hay que reconocer que al aplicar este proyecto se disminuirá el impacto del efecto invernadero en el planeta ya que la cabina de pintura automotriz trabajará sin energía eléctrica proveniente del sistema eléctrico nacional y sin hidrocarburos en la misma.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El marco teórico fundamenta la explicación teórica para comprender la naturaleza del hecho investigado, o lo que es lo mismo, sustentar teóricamente el estudio. Hernández, Sampieri (2008) señala que un marco teórico es “un compendio escrito de artículos, libros y otros documentos que describen el estado pasado y actual del conocimiento sobre el problema de estudio. Nos ayuda a documentar cómo nuestra investigación agrega valor a la literatura existente”. Además, constituye un aspecto de mucha importancia dentro de la investigación, donde se crea un espacio en el que se apoya el investigador para comprender las situaciones del problema y como solucionarlo. Este marco comprende los antecedentes, las bases teóricas y la definición de términos básicos.

2.1 Antecedentes

Un trabajo de investigación debe tener referencias de distintos trabajos realizados anteriormente, ya que estos servirán de soporte para el desarrollo de la investigación. Según Fidiás Arias (2004) “Los antecedentes reflejan los avances y el Estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones.” Por otra parte, permiten la comparación de opiniones entre distintos autores sobre el mismo tema, para tener un punto de partida en el problema planteado. A continuación, se presentan los antecedentes relacionados con la investigación:

Morales, L. (2021) presento en la Universidad José Antonio Páez (UJAP) investigación titulada: **“Propuesta de implementación de un generador eléctrico a través de conversión de energía solar por medio de paneles solares. Caso: parcela 566, sector Uverote, municipio Francisco de Miranda, estado Guárico”** para optar por el título de Ingeniero Mecánico. Su propósito es implementar paneles solares como energía renovable para la distribución de energía eléctrica en una parcela, además el tipo de metodología utilizada es proyecto factible; en esta investigación la población estuvo constituida por el propietario de la Parcela 566, Sector Uverote., municipio Francisco de Miranda, estado Guárico, se utilizó el muestreo no probabilístico y de este se seleccionó el muestreo casual. Se concluyó que los sistemas de generación eléctrica a través de

la conversión de energía solar por medio de paneles solares son una alternativa no solo para la solución del problema en las zonas rurales del país, por mejorar la calidad de vida de los habitantes del campo venezolano. El aporte al presente trabajo de investigación es la implementación de los paneles solares como fuente de energía alternativa.

Por otra parte, Patazca, S. (2020), presento en la Universidad César Vallejo de Perú el trabajo titulado **“Diseño de una cabina de secado de pintura con energía solar para mejorar el servicio automotriz, Carmas SAC Chiclayo, 2019”** para optar por el título de Ingeniero Mecánico Electricista. La investigación tiene como objetivo diseñar una cabina de secado de pintura con energía solar; está enmarcado en el uso eficiente de la energía, y para el caso específico del proceso de secado de pintura, se adapta muy eficientemente, debido a la forma de transferir el calor de manera gradual, que es el ritmo de secado de la pintura en los elementos automotrices, y no utiliza energía eléctrica, que finalmente incrementa los costos de producción de la empresa. El tipo de metodología utilizada es la no experimental mientras que, la población no se aplicó para el estudio y la muestra del diseño de una cabina de secado de pintura con energía solar para mejorar el servicio automotriz Carmas SAC, Chiclayo, 2019. El autor llego a la conclusión de que, el número de horas de secado es el principal inconveniente en la continuidad del proceso de planchado y pintura, los tiempos promedio de cada servicio varía en función al mes. En este caso, su aporte a la investigación es mejorar el diseño de la cabina de pintura mediante el uso de energía solar.

Así mismo, Minda, J. y Toapanta, M. (2013), presentaron en la Universidad Técnica del Norte en Ecuador, el trabajo titulado **“Diseñar y construir una cámara de pintura automotriz y secado funcional que servirá como material didáctico para su demostración práctica, en las instalaciones de la universidad técnica del norte además elaborar las guías de uso y mantenimiento para su aplicación”** para optar por el título de ingeniero en Mantenimiento Automotriz. La investigación tiene como objetivo diseñar y construir una cámara de pintura automotriz y secado funcional que servirá como material didáctico para su demostración práctica, además elaborar las guías de uso y mantenimiento para su aplicación. El tipo de investigación implementada es documental, por consiguiente, los investigadores desarrollaron un material didáctico que a medida de los años ha ido mejorando, pero a pesar de esto aún se ve la necesidad de la implementación de equipos prácticos para el conocimiento teórico y práctico de los

estudiantes de la Universidad Técnica del Norte. Por este motivo realizo la investigación necesaria para diseñar y construir nuestra cámara de pintura, además de adquirir todos los materiales necesarios para su fabricación, el que servirá como material didáctico. Además, contara con sus respectivas guías de uso y mantenimiento para su aplicación las cuales beneficiaran a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz. Aportando de esta forma a las investigaciones científicas y tecnológicas para el desarrollo intelectual y práctico de los estudiantes que se encuentran estudiando la especialidad. La presente investigación tiene como aporte el material teórico del diseño de una cabina de pintura automotriz, es decir, se utilizará las guías y fichas técnicas para el proyecto en estudio.

Por último, Pinto, J. y Enrique, E. (2021), presentaron en la Escuela Politécnica del Ejercito de Ecuador el trabajo titulado **“Diseño y construcción de una cabina de pintura automotriz que funcione con energía solar”** para optar por el título de Ingeniero Automotriz. Su objetivo es diseñar y construir una cabina de pintura automotriz que funcione con energía solar, siendo las celdas solares uno de los pilares fundamentales; diferenciándose dos etapas importantes durante la ejecución de este proyecto: la parte inicial como el diseño y construcción de la cabina, y en una segunda parte la fase del sistema que produce la energía solar para aprovechar con el calentamiento del horno. Por otro lado, el enfoque que se le dio a la investigación es de proyecto factible. Donde se implementaron de paneles solares para el suministro de energía en horas de la noche, con el propósito de así ayudar sus gastos en el servicio de electricidad, que pueden llegar a ser muy costoso y siendo las celdas solares uno de los pilares fundamentales para este proyecto. Se concluyó que es factible construir cabinas para pintado y secado de vehículos, ya que el costo de construirlas es menor al de las importadas. El aporte que tendrá a la investigación es la demostración de un ejemplo de cabina de pintura que funciona con paneles solares como fuente de energía alternativa en Ecuador, dichos cálculos servirán como ejemplo para el desarrollo del proyecto.

2.2 Bases teóricas

De acuerdo con Arias, F. (2006), “las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado” (p.107). Asimismo, la correcta realización de las bases teóricas permitirá obtener un sustento sobre el cual se podrá realizar el apropiado y acorde análisis de

resultados, sino que también ayudará a explicar la problemática a partir de un conjunto de teorías y supuestos ya establecidos y publicados.

2.2.1 Transferencia de Calor

Según Cengel Y. (2004):

La transferencia de calor se refiere al paso de la energía térmica que es conducida desde un cuerpo de mayor temperatura hacia otro de menor temperatura. Cuando se encuentra un cuerpo, un objeto solido o un fluido a una temperatura distinta de la de su entorno u otro cuerpo, la transferencia de calor, ocurre de una manera que el cuerpo y su entorno alcancen el equilibrio térmico.

“Siempre la transferencia de calor es conducida desde un cuerpo más caliente a un cuerpo más frío, es el resultado de la segunda ley de la termodinámica”. (Kreith, Manglik, & Bohn, 2012).

Se encuentran tres mecanismos físicos por los que se puede fluir el calor de un sistema a sus alrededores (ver figura 1):

- ✓ Conducción
- ✓ Convección
- ✓ Radiación
- Radiación

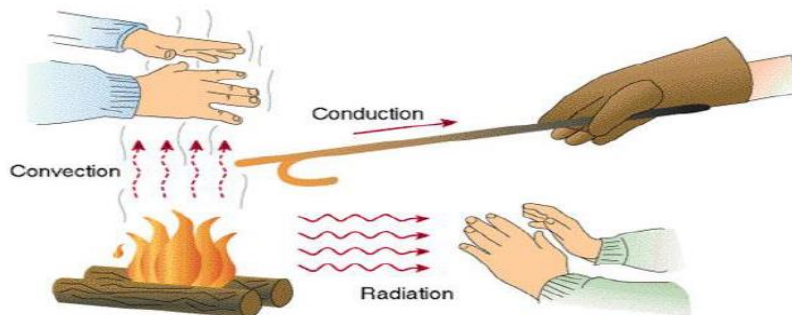


Figura 1. Mecanismos de transferencia de calor
Fuente: Carlos (2013).

2.2.2 Conducción

Esplugas & Chamorro (2005) afirman:

En los sólidos, la única forma de transferencia de calor es la conducción, por ejemplo, si se calienta un extremo de una varilla metálica, de forma que aumente su temperatura, el calor se transmite hasta el extremo más frío por conducción, no se comprende totalmente el mecanismo exacto de la transferencia por conducción de calor de sólidos, pero se admite que se debe, al movimiento de electrones libres que transportan energía cuando existe una diferencia de temperatura.

Esta teoría explica el por qué los buenos conductores eléctricos tienden a ser adecuados conductores de calor. “En el año 1822, el matemático Joseph Fourier dio una expresión matemática esencial que hoy se conoce como la ley de Fourier de la conducción de calor” (Cengel & Ghajar, 2011).

$$Q = -\frac{KA}{L}(T_2 - T_1) \quad (1)$$

Esta ley ractifica que la velocidad de la conducción de calor por el ámbito de un cuerpo por unidad de sección transversal es proporcional al gradiente de temperatura que existe en el cuerpo (con el signo cambiado).

Para Esplugas & Chamorro (2005):

El factor de proporcionalidad se denomina conductividad térmica del material, los elementos como el oro, la plata y el cobre tienen conductividades térmicas elevadas que permiten conducir bien el calor. Mientras que otros materiales como el vidrio, el amianto tienen conductividades cientos de veces menores por que conducen un mal calor.

En ingeniería resulta indispensable conocer la velocidad de la conducción del calor por medio de un sólido por el cual existe una diferencia de temperatura conocida. Adicionalmente, Esplugas & Chamorro (2005) dicen:

Para conocerlo se requieren de métodos matemáticos complejos, sobre todo si el proceso cambia en curso, en esta ocasión, se habla de conducción térmica transitoria, con la ayuda de ordenadores analógicos y digitales, estos problemas se pueden resolver en la actualidad, incluso para cuerpos de geometría complicada.

2.2.3 Convección

El proceso de transferencia de calor por convección involucra la transferencia de calor de un líquido o gas a un sólido a través del contacto directo.

“Existe diferencia de temperatura dentro de un gas o un líquido, es casi indudable que se producirá un movimiento del fluido, este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por el proceso llamado convección” (Passani, 2009, págs. 132-142).

“La transferencia de calor por convección depende de varios factores, principalmente tipo de flujo del fluido, las propiedades físicas del flujo, y el tamaño y la forma de la superficie del sólido, para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:” (Esplugas & Chamorro, 2005)

$$Q = h \cdot A(T_f - T_o) \quad (2)$$

El movimiento del fluido puede ser natural o forzado, si se calienta un líquido o un gas, su densidad (masas por unidad de volumen) suele disminuir, si el líquido o gas se encuentra en el campo gravitatorio, el fluido más caliente y menos denso asciende, mientras que el fluido más frío y más denso desciende este tipo de movimiento, debido a la uniformidad de la temperatura del fluido, se denomina convección natural.

“La convección forzada se logra sometiendo el fluido a un gradiente de presiones, con lo que se fuerza su movimiento de acuerdo a las leyes de mecánica de fluidos” (Cengel & Ghajar, 2011). Por su parte, Cengel & Boles (2012):

Asumiendo que se calienta desde abajo una cacerola llena de agua, el líquido más próximo al fondo se calienta por el calor que se ha transmitido por conducción a través de la cacerola, al expandirse, su densidad disminuye y como resultado de ello el agua caliente asciende y parte del fluido más frío baja hacia el fondo, con lo que se inicia un movimiento de circulación, el líquido más frío vuelve a calentarse por conducción, mientras que el líquido más caliente situado arriba pierde parte de su calor por radiación y lo cede al aire por encima.

De forma similar, en una cámara vertical llena de gas, como la cámara de aire situada entre los dos paneles de una ventana con doble vidrio, el aire situado junto al panel exterior que está más

frío desciende, mientras que al aire cercano al panel interior más caliente asciende, lo que produce un movimiento de circulación.

El calentamiento de una habitación mediante un radiador no depende tanto de la radiación como de las corrientes naturales de convección, que hacen que el aire caliente suba hacia el techo y el aire frío del resto de la habitación se dirija hacia el radiador.

2.2.4 Radiación

La radiación presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección, las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separadas por un vacío.

“La radiación es un término que se aplica genéricamente a toda clase de fenómenos relacionados con ondas electromagnéticas entre los cuerpos sin estar en contacto entre sí para lo cual se utiliza la siguiente fórmula” (Holman, 1998).

$$Q = A\sigma(T_1^4 - T_2^4) \quad (3)$$

El desarrollo de transferencia de calor tiene lugar como sigue: la intensidad de la radiación aumenta de acuerdo al aumento de la temperatura, ya que la energía interna de una sustancia también aumenta con la temperatura. Un ejemplo de esto lo dijo Manrique (2002):

Si colocamos un objeto tal como una moneda, un coche o alguno de nosotros mismo bajo los rayos del sol directos, al poco tiempo notaremos que el objeto se calentará, el intercambio de calor entre el sol y el objeto ocurrirá por medio de radiación.

2.2.5 Energía

A través de la historia de la humanidad, el concepto de energía ha tenido muchas acepciones, las cuales van desde relacionarlas con el micro entorno, como con las diversas fuentes y transformación de la misma. Así se tiene a Michinel y D’Alessandro (1994), citado por Aloma y Malaver (2007:7), en la que se expresa que “la energía es una magnitud física que puede presentarse en diversas formas y originar procesos de transformación”. Adicionalmente, los mismos autores Aloma y Malaver (2007), definen como: “propiedad de todo cuerpo o sistema material o no material que puede transformarse modificando su situación o estado”. Desde estas

perspectivas, la energía es una sustancia presente en cualquier objeto que es susceptible de transformarse o modificar la situación o estado de los objetos.

2.2.6 Energía Solar

La energía solar es aquella que utiliza el hombre aprovechando las radiaciones las radiaciones que emana de los rayos del Sol. De acuerdo a Aranciba y Best (2010: 10), esto se debe a que este:

Emite continuamente una potencia de 62 mil 600 kilowatts (o kilovatios) por cada metro cuadrado de su superficie. (...) De hecho, en un periodo de tan sólo dos días, el planeta recibe una cantidad de energía equivalente a todas las reservas probadas que existen de petróleo, gas y carbón. Esto equivale a cerca de 60 veces el consumo anual de la sociedad humana, lo cual nos da una idea del potencial impresionante que tiene la energía del Sol para satisfacer las demandas energéticas del mundo.

Cabe destacar que el diámetro del Sol, es de 1.39×10^9 m, y que este genera una energía de 6000°C . De lo anterior se desprende que la energía solar es una alternativa ante la crisis energética que enfrenta el país, no solo para las zonas rurales, sino también para las áreas urbanas. En el mismo orden de ideas, según Caso y Abou (2008) citados por Vitriago (2017), explican que:

La potencia que irradia el Sol una vez que llega a la Tierra no ingresa a esta en su totalidad, y las causas de esto se originan en los efectos de absorción y dispersión. Por lo tanto, se estima que aproximadamente 30% de esta energía solar que llega a la atmosfera terrestre es devuelta en forma de radiaciones de ondas cortas, y el remanente es absorbido por el planeta, lo que permite crear un balance de energía estable para el desarrollo de la vida en este.

Nedelcu (2009) encontró que, dichas radiaciones llegan a la superficie terrestre de manera desigual, dado que varían en función de los siguientes factores:

- ✓ La distancia Tierra – Sol.
- ✓ La hora del día.
- ✓ La inclinación del globo terráqueo respecto al Sol.
- ✓ El diámetro solar y la temperatura del Sol, entre otros.

2.2.7 Radiación solar

La radiación solar es conocida como la energía emitida por el Sol, la cual se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esta se genera mediante las reacciones del hidrógeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y es emitida por la superficie solar, convirtiéndose en el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima.

La ley de Planck, nos indica que la radiación es emitida sobre un espectro de longitud de ondas, la cual contiene una cierta cantidad de energía contenida en ella, esto puede ser calculado con:

$$E_{\lambda} = a / \left[\lambda^5 \left\{ e^{b/\lambda} - 1 \right\} \right] \quad (4)$$

Donde:

✓ E_{λ} es la cantidad de energía ($Wm^{-2}mm^{-1}$) emitida a una longitud de onda (mm) por un cuerpo con una temperatura T (en grados Kelvin).

✓ **A y b** constantes

Asumiendo que el Sol es un cuerpo negro, por diferenciación de la ecuación es posible determinar la longitud de onda máxima de emisión de radiación procedente del Sol:

$$E_{\lambda} = 2897 / T \quad (5)$$

La ecuación redactada anteriormente se conoce como ley de Wien. A una temperatura de $5800^{\circ}K$ (temperatura de la superficie solar) la longitud máxima de energía del Sol es aproximadamente 0,5 mm (micrómetro, equivalente a $1 \times 10^{-6}m$), tal como se observa en las figuras 2 y 3. Esta longitud de onda corresponde a radiación en la parte del espectro visible.

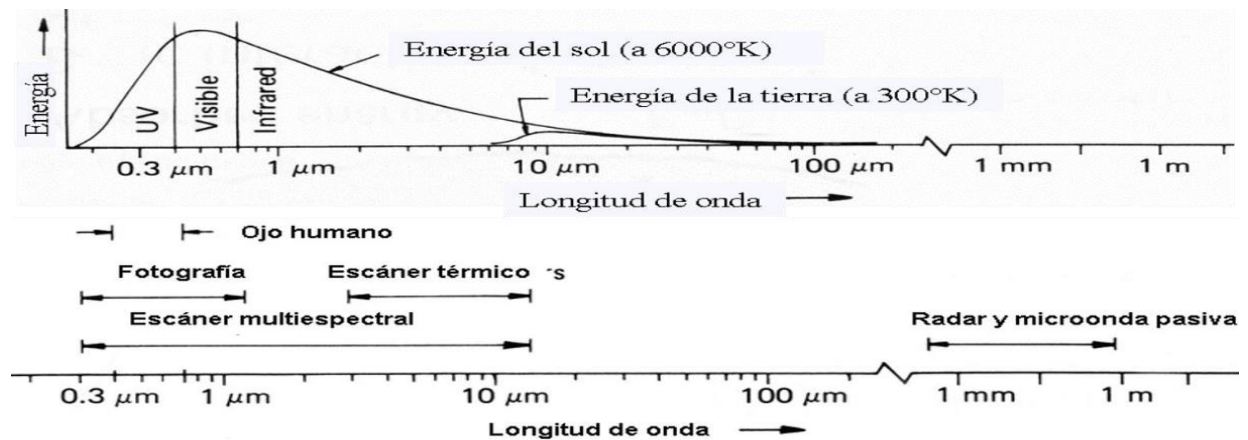


Figura 2. Energía radiada por el Sol y la Tierra.

Fuente: Instituto del Medio Ambiente. Colombia. Ministerio del medio ambiente.

A través de la integración de la ecuación (1) resulta la ley de Stefan-Boltzmann, por medio de la cual, se puede determinar el total de energía emitida por el Sol:

$$E_{Total} = \delta T^4 \quad (6)$$

Donde δ es la constante de Stefan-Boltzmann (dentro de la radiación como mecanismo básico de la transmisión de calor su valor es: $5,6697 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{K}^4$). Resolviendo la ecuación tres para una temperatura solar de 5800 K, la energía total de salida es de aproximadamente 64 millones W/m^2 , de la cual, la Tierra solo intercepta 1367 W/m^2 (constante solar). En la Figura 3, el área amarilla representa la solución ideal de la Ley de Planck de la radiación solar que llega al tope de la atmósfera, donde el punto más alto de la curva representa la longitud de onda con la mayor energía espectral ($0,5 \mu\text{m}$, equivalente a 500 nm) de acuerdo con la Ley de Wien y el área bajo la curva representa la cantidad total de energía recibida (1367 W/m^2). Finalmente, el área roja constituye el espectro de la radiación solar a nivel marino para condiciones de cielo claro, después de la absorción atmosférica debida a diferentes gases.

El estudio del espectro de la radiación solar que llega a la superficie del suelo permite establecer que la radiación de longitud de onda menor que $0,2 \text{ mm}$ debe ser absorbida totalmente por la atmósfera. Esta energía es absorbida principalmente en la atmósfera por el oxígeno molecular (O_2), ozono (O_3), y el vapor de agua (H_2O).

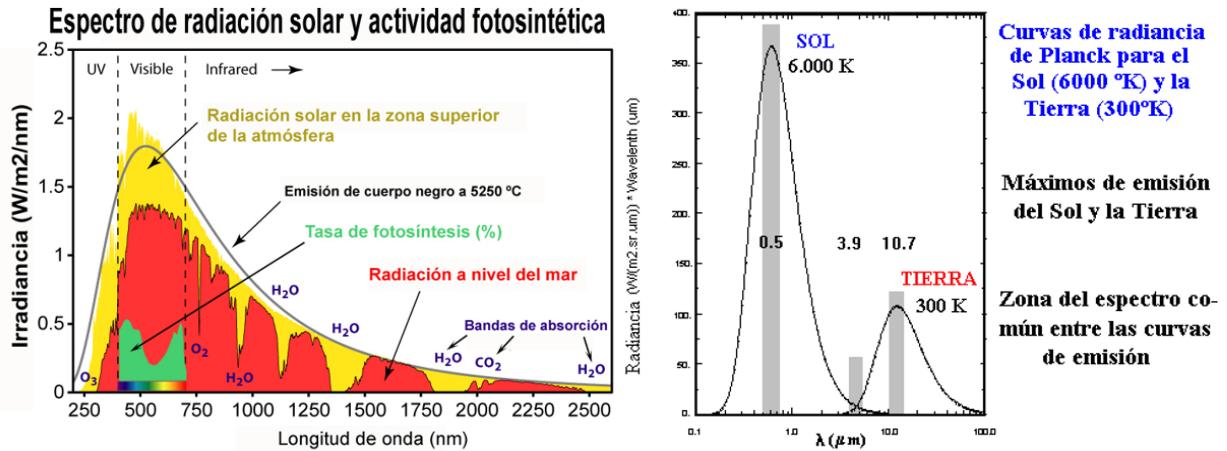


Figura 3. Espectro de radiación solar fuera de la atmósfera de la tierra y a nivel del mar para condiciones del cielo despejado.

Fuente: Phinet). A la derecha, longitud máxima de energía del Sol y la Tierra (Fuente: MeteoGlosario Visual de AEMET).

De acuerdo a Nedelcu (2009), la radiación solar tiene 3 componentes:

- ✓ **Radiación Directa:** es aquella que llega directamente del Sol sin sufrir ninguna modificación.
- ✓ **Radiación difusa:** la que es absorbida por los factores propios de la atmosfera terrestre, tales como: nubes, agua, suelos, edificaciones.
- ✓ **Radiación Albedo o Reflejada:** es la radiación bien sea directa o difusa que llega a la superficie terrestre y se refleja en el espectro exterior.
- ✓ **Radiación Global:** es la sumatoria de las radiaciones anteriores.

2.2.8 Pintura

“La pintura es el conjunto de productos aplicados en finas capas que forman un solo cuerpo, su función es proteger de la corrosión a la carrocería, darle un terminado y acabado que embellece el vehículo” (Bohorque, 2005).

La pintura es una aplicación de varias capas, que aporte diferentes funciones que se complementan entre sí.

Las capas de pintura son de dos tipos, pinturas de fondo y pinturas de acabado, las mismas que son aplicadas exteriormente e interiormente, aunque no en todos los vehículos las pinturas interiores tengan la pintura de acabado.

2.2.9 Pintura de fondo

Según Moscoso & Quinga (2010):

La pintura de fondo es la primera en aplicarse sobre la carrocería o sobre las piezas, capa que queda oculta por la capa de la pintura de acabado, pero que es de mucha importancia y sus funciones son:

- ✓ Proteger a la pieza.
- ✓ Asegurar la adherencia sobre la superficie de la carrocería.
- ✓ Nivelar pequeñas irregularidades.

2.2.10 Pintura de acabado

Se aplica sobre la capa de la pintura de fondo y las funciones que cumple son:

- ✓ Dar color a la superficie.
- ✓ Dar efecto como puntos brillantes dispersos o ligeros cambios de tono.
- ✓ Aportar brillo y dureza finales.

La pintura cumple más de una función, los cuales son:

2.2.11 Función de protección

Existen dos funciones de protección, los cuales son:

- ✓ Por sacrificio la pintura en su estructura lleva otros metales, que se oxidan antes que el acero de la carrocería.
- ✓ Estos metales, parte de la pintura, al oxidarse absorben el oxígeno del entorno creando una capa hermética que impide al oxígeno llegar al metal base y así su oxidación.
- ✓ Mediante sellado la película de pintura aísla el oxígeno del ambiente y la parte metálica de la carrocería.

2.2.12 Funciones de embellecimiento

- ✓ Igualando la superficie: al darle un aspecto más uniforme.
- ✓ Coloreando la superficie: con colores atractivos y de efecto.
- ✓ Dándole brillo: para hacer llamativos los colores.
- ✓ Efectos cromáticos: capaces de cambiar los reflejos de la luz sobre la superficie y/o los tonos de colores bajo diferentes ángulos de visión.

2.2.13 Composición de la pintura

Domínguez, (2008), explica que la pintura es un conjunto de varios productos conjugados en cuatro componentes:

- ✓ Pigmentos
- ✓ Resinas
- ✓ Disolventes o diluyentes
- ✓ Adictivos

2.2.14 Pigmentos

Según García, (2010):

Los pigmentos son productos en polvos insolubles por si solos en el medio líquido de la pintura, los cuales cumplen funciones importantes como; suministrar color y cubridor, así también contribuyen a las propiedades anticorrosivas del producto. Dicho pigmento a su vez tiene la capacidad de dar estabilidad frente a diferentes condiciones ambientales y de agentes químicos.

Hay muchos pigmentos usados en el mercado, pero entre los pigmentos más usados se encuentran varios compuestos a base de cromo y plomo, zinc en polvo, dióxido de titanio, sulfato de bario, negro de humo, aluminio en polvo y óxido de hierro.

Como parte de los pigmentos se encuentran también en la pintura las llamadas cargas, que cumplen con el objetivo de extender el pigmento y contribuir al efecto de relleno.

Entre estos materiales se encuentran sustancias de origen mineral como baritas, tizas, sílice, micas, talcos, etc. Y de origen sintético como creta, caolines tratados y sulfato de vario precipitado.

2.2.15 Resina

Son sustancias normalmente orgánicas, cuya función principal es dar protección, se pueden utilizar en forma sólida, disueltos o dispersos en solventes orgánicos volátiles, en solución acuosa o emulsiones de agua.

“Estas sustancias comprenden los aceites secantes, resinas naturales y resinas sintéticas, entre los aceites secantes el más utilizado es el aceite de linaza” (García, N., Gómez, A. & Gracia, 2010, pág. 35).

Las resinas naturales en su mayoría son de origen vegetal, con excepciones de la goma laca, actualmente su uso ha declinado considerablemente debido al uso de resinas sintéticas. Estas últimas se utilizan en combinación con las resinas naturales siendo así más resistentes al agua y agentes químicos.

Entre las más utilizadas se encuentran las resinas:

- ✓ Alquídicas
- ✓ Acrílicas fenólicas
- ✓ Vinílicas
- ✓ Epóxicas
- ✓ De caucho colorado
- ✓ Poliuretano
- ✓ Silicona

De todas estas la más utilizada es la resina alquídica

2.2.16 Disolventes

Definido por Domínguez (2008) como:

Compuestos orgánicos volátiles que son sustancias líquidas que dan a las pinturas el estado de fluidez necesario para su aplicación, evaporándose una vez aplicada la pintura, convirtiéndose en gas y liberándose en el aire a medida que se seca la pintura.

La variedad de solventes que ocupa la pintura es amplia, pero a pesar de ello su uso se ha disminuido en los últimos años debido a las restricciones ambientales y de costo, especialmente en el caso de solventes clorados.

2.2.17 Aditivos

“Sustancias añadidas en pequeñas porciones para desempeñar funciones específicas, que no cumplen los ingredientes principales”. (García, N., Gómez, A. & Gracia, 2010, pág. 40)

Entre los más utilizados se encuentran los materiales secantes, plastificantes y anti sedimentales

Sustancias secantes: permiten controlar la velocidad de secado, normalmente se utilizan sales orgánicas de elementos metálicos (cobalto, manganeso, plomo, calcio, zinc, hierro, vanadio, cerio y zirconio).

Sustancias plastificantes: proporcionan flexibilidad y adherencia a los recubrimientos de superficie. Según García, A., Navarro, G. & Gómez (2013) se clasifican en:

- ✓ Aceites vegetales no secantes (derivados del aceite de resino)

✓ Monómeros de alto punto de ebullición y polímeros resinosos de bajo peso molecular (poliéster)

Sustancias anti sediméntales: previene o disminuyen la precipitación de pigmentos, reduciéndose la fuerza de atracción entre películas o formando geles (ej. Esterato de aluminio, anhídrido de silicio).

2.2.18 Tipos de pintura por su aplicación

2.2.18.1 Monocapa

“Es la pintura de aplicación directa con un solo tipo de pintura, compuesto en una sola capa, empleando un solo proceso por lo que un único producto confiere color, brillo y resistencia”. (García, A. Navarro, G. & Gómez, 2013, pág. 40)

2.2.18.2 Bicapa

Conformado por dos capas distintas la primera es la base que es el color liso o metalizado y que dará el color deseado, la segunda capa es el barniz o laca que su principal característica es la de dar brillo, da dureza y protege al color.

“Con el acabado bicapa se pueden hacer colores sólidos, metalizados y perlados. Es el tipo de acabado más utilizado actualmente en el pintado de automóviles” (García, Águeda, Navarro, Gracia, & Gómez, 2013, pág. 40).

2.2.18.3 Tricapa

“Este acabado consigue colores más llamativos y luminosos, consta de tres fases de aplicación de componentes distintos” (García, A. Navarro, G. & Gómez, 2010).

La primera capa de pintura es un fondo de color, normalmente blanco que refleja mejor la luz y aumenta el efecto de la segunda. Luego adicionamos la segunda capa la cual es llamada capa de efecto, ya que lleva partículas traslúcidas de mica que proporcionan efecto multicolor, o láminas de aluminio que son las que le proporcionan al color efectos cambiantes por brillo, para finalizar se procede a la tercera capa donde es la aplicación del barniz el cual protege y da brillo a la pintura.

2.2.18.4 Cuatricapa

García, A. Navarro, G. & Gómez, (2013) indican que son cuatro capas de aplicación:

1. La primera suele ser de color negro para resaltar los destellos claros del metal de la segunda capa proporcionando un fondo oscuro.
2. La segunda capa contiene barniz con placas de aluminio o efecto metálico.
3. La tercera capa es un barniz coloreado el cual nos da un efecto coloreado.

4. La cuarta es la aplicación del barniz protector.

Adicionalmente, García, A. Navarro, G. & Gómez, 2013, (pág. 45) mencionan:

Esto con referencia a la pintura, pero también es importante para un buen terminado la cabina-horno de pintura que se va a detallar a continuación, pero antes de ingresar el vehículo a cualquier tipo de cámara existen unas normas prácticas antes del pintado en la cabina como:

Revisar el desperfecto

1. La limpieza del vehículo o pieza a pintar es importante en el tema de pintura automotriz, muchos de los defectos pueden derivarse de la adherencia de partículas sólidas y pequeñas sobre la superficie.
2. En la cabina de pintura va hacer muy difícil que esta situación se produzca, por la circulación forzada de aire y el filtrado del mismo el cual va a eliminar este problema.
3. No se debe realizar ningún trabajo de reparación dentro de la cabina
4. La entrada al interior de la instalación solamente debe ser permitida a los profesionales encargados del trabajo, considerada como área restringida.
5. Debe instalarse un grupo regulador de presión, manómetro, separador de la condensación y un filtro para el aire comprimido en la cabina.
6. Quitar todos los accesorios (espejo, retrovisores, molduras en plástico, etc.), que no sean originales del coche para evitar su deformación o destrucción por efecto del calor que se producirá durante este trabajo.
7. Verificar que el cristal del parabrisas como la luna trasera no tengan rajados o arañados para evitar que en la fase de secado se formen burbujas en el extracto del plástico interpuesto entre los dos cristales laminados.

2.2.19 Geometría Solar

Según Asqueta (2006):

Consiste en el estudio del recorrido que realiza el Sol en el cielo y su localización en diversas fechas del año y horas del día, con la finalidad de predecir su interacción con planos y volúmenes en el espacio, en función a su ubicación. En el

caso venezolano esta siempre debe calcularse con orientación hacia el sur y su inclinación va a ser igual a la latitud del lugar de colocación.

En la figura 4, se muestra el mapa solar de Venezuela donde la radiación solar va de 4,4 a 6,7 KWh/m² d.

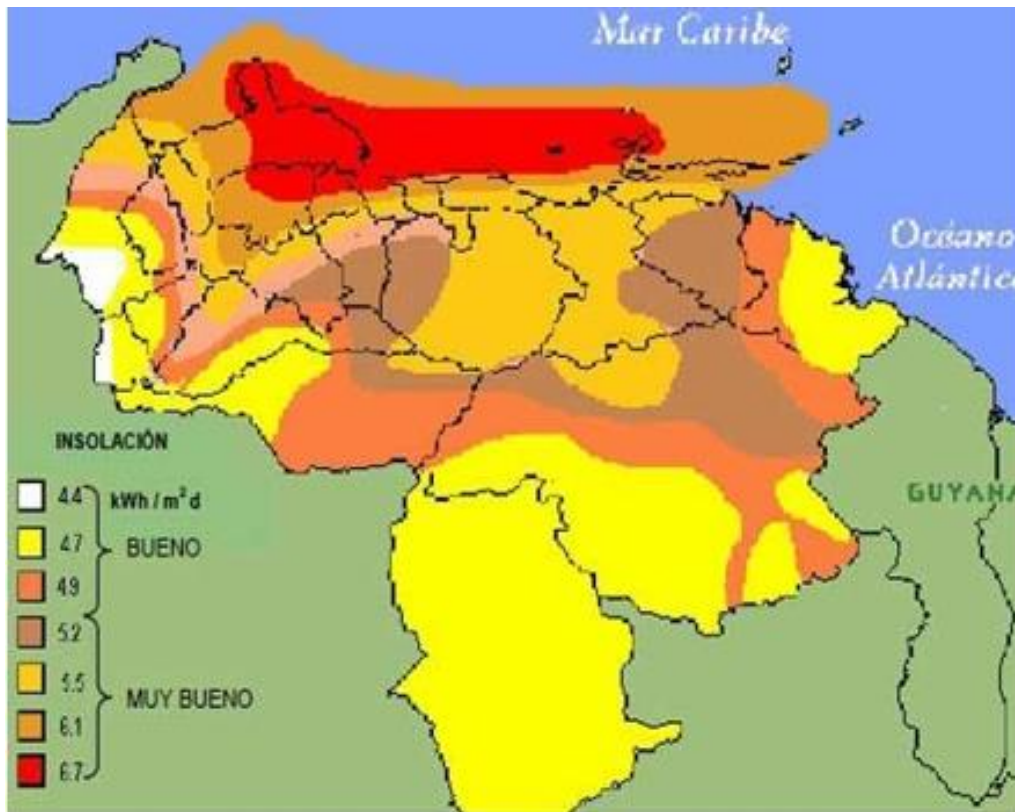


Figura 4. Mapa solar de Venezuela
Fuente: GECCAI Venezuela.

2.2.20 Hora Solar Pico, HSP

De acuerdo a información publicada por el Instituto Tecnológico de Costa Rica para los estudiantes de la especialización en Sistemas Fotovoltaicos, (s/f), explica que:

La hora solar pico traslada toda la energía recibida por el Sol a lo largo de un día a las horas en las que se recibiría toda esa energía si la irradiancia fuera hipotéticamente constante e igual a 1.000 Wh/m². Es decir, son las horas de irradiancia

equivalentes a una irradiación de 1000 W/m² constante que se tiene en un lugar específico (Párr. 3).

Se interpreta entonces, que la hora solar pico es una medida que muestra el promedio de irradiación solar durante el día en un lugar determinado, basada en un valor constante, equivalente a 1.000Wh/m². En otras palabras es la cantidad de energía recibida por m², y esta varía de acuerdo a la cercanía o lejanía del Ecuador. Por ejemplo si en un lugar específico el promedio de energía en el día es de 6330 Wh/m² (Ver figura 5).

$$\text{HSP} = [(6330 \text{ Wh/m}^2) / 1000\text{W/m}^2] = 6,33 \text{ h} \quad (7)$$

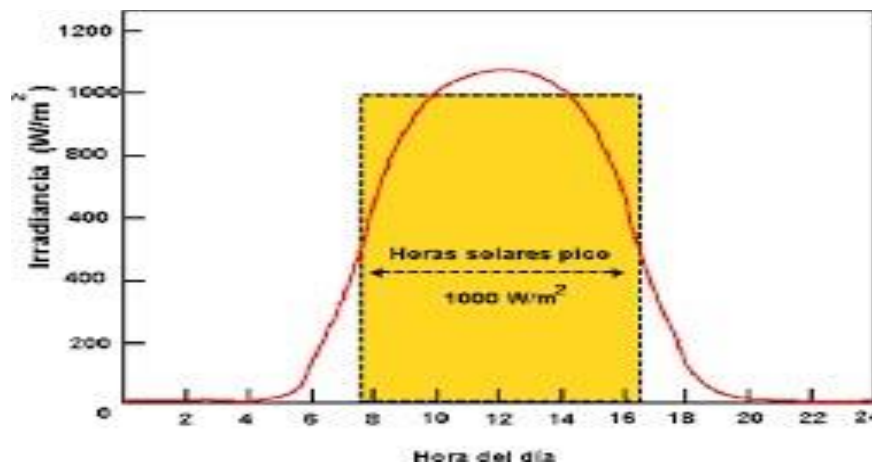


Figura 5. Hora Solar Pico

Fuente: Martínez, Rodríguez y Castro (2017).

Cabe resaltar que la importancia del cálculo de la hora solar pico, radica en que esta permite conocer la capacidad de potencia que genera un panel solar al día mediante el producto de este resultado con la HSP promedio medido en Wattios (Wp) de energía que indica dicho panel.

2.2.21 Sistema Fotovoltaico

Se denomina sistema fotovoltaico al conjunto de aparatos eléctricos y electrónicos que se utilizan para generar energía eléctrica teniendo como fuente el Sol. Al respecto, Perpiñán (2020), explica que:

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El principal componente de este sistema es el módulo fotovoltaico, a su vez compuesto por células capaces de

transformar la energía luminosa incidente en energía eléctrica de corriente continua (p. 1).

De lo anteriormente planteado por el autor, este sistema posee como componente fundamental un módulo fotovoltaico, que está integrado por células con capacidad de transformar dicha energía solar en energía eléctrica de corriente continua. Además posee otros equipos, los cuales serán incluidos de acuerdo al tipo de sistema que se vaya a implementar.

2.2.21.1 Clasificación de los Sistemas Fotovoltaicos

Siguiendo lo planteado por el autor Perpiñán (2020), los sistemas fotovoltaicos se clasifican en 3 grandes grupos a saber:

a. Sistemas fotovoltaicos en red (*GridConnected*)

Un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red (SFCR) tiene como función la producción de energía eléctrica en condiciones adecuadas para poder que esta pueda ser inyectada en la red convencional, el mismo se compone de un generador fotovoltaico, un inversor DC/AC y un conjunto de protecciones eléctricas.

En este sistema la energía producida será consumida parcial o totalmente en las cercanías, y la energía sobrante será inyectada en la red para su distribución a otros puntos de consumo. Cabe resaltar, que en dicho sistema, es común que existan mecanismos de retribución económica que compensan al propietario este por la energía que su sistema intercambia con la red. En el SFCR se puede distinguir, de forma simplificada, dos esquemas: la retribución con prima (feed-in tariff) y el balance neto (net-metering).

En el mecanismo de retribución con prima¹, generalmente el propietario del SFCR recibe ingresos derivados de la energía total producida (independientemente de la que haya sido consumida en las cercanías del SFCR). Por otra parte, el mecanismo de balance neto compensa los saldos de energía eléctrica entre el SFCR y un sistema de consumo asociado; en este caso cuando, la producción del SFCR supera al consumo, la red eléctrica absorbe el excedente puntual, generándose derechos de consumo diferido para el propietario del SFCR (Ver Figura 6).



Figura 6. Esquema de un generador SFCR
Fuente: Loeza y Carmona (2017).

b. Sistemas Fotovoltaicos de Bombeo, (SFB)

Un sistema fotovoltaico de bombeo (SFB) es aquel donde se emplea un generador fotovoltaico con la finalidad de alimentar una motobomba y así poder extraer agua de un pozo, para luego almacenarla en un depósito o transportarla de un lugar a otro.

Es importante resaltar que esta aplicación de la tecnología fotovoltaica posee dos características que la hacen atractivas. La primera de ellas es que, las curvas de generación y de consumo están bien adaptadas, de allí que las épocas de mayor radiación solar y consiguiente productividad eléctrica sean a la vez las de mayor consumo de agua. En cuanto a la segunda, no se necesita utilizar acumuladores electroquímicos para almacenar energía y dotar de autonomía al sistema: un depósito elevado de agua almacena energía potencial de forma más barata, segura, eficiente y fiable. En este caso, estamos en presencia de un sistema fotovoltaico de bombeo directo (SFBD). Debido a que el empleo de depósitos de agua como medio de acumulación (Ver Figura 7).



Figura 7. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos de Bombeo
Fuente: AI-PV Systems & Engineering, SRL (2020).

c. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos, (SFA) Según Perpiñán (2020) “produce energía eléctrica para satisfacer el consumo de cargas eléctricas no conectadas a la red, empleando un sistema de acumulación energético para hacer frente a períodos en los que la generación es inferior al consumo”.

En este sistema la producción de energía generada es inferior al consumo, por lo tanto las cargas eléctricas que satisface la demanda no están conectadas a una red. Estos sistemas pueden ser clasificados en tres grupos por razón de su aplicación asociada: profesionales, pequeño consumo y electrificación rural. El primero de ellos las aplicaciones profesionales son variadas y abarcan campos tales como los radioenlaces la protección catódica de gasoductos, hoteles, señales de tráfico y navegación aérea, refrigeración de vacunas, equipos remotos de adquisición y transmisión de datos, e incluso alimentación equipos espaciales como satélites (Ver Figura 8).

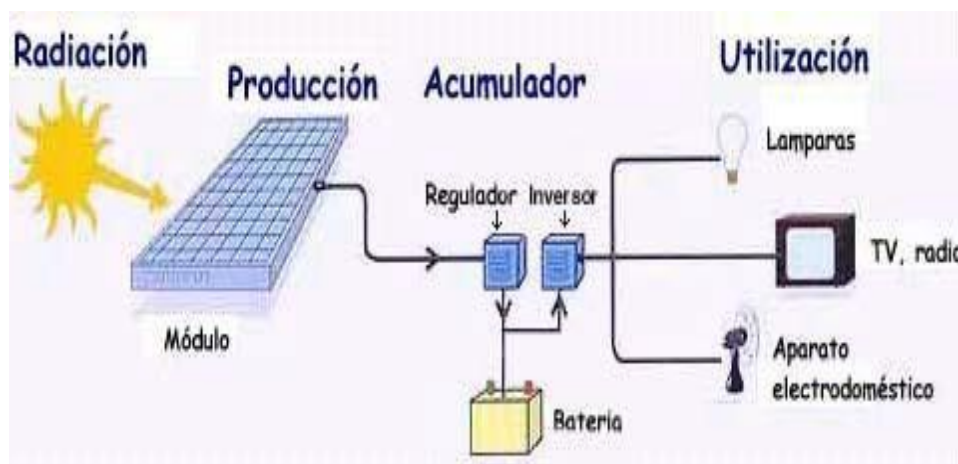


Figura 8. Esquema de un sistema fotovoltaico autónomo
Fuente: Valvermont (2017).

En cuanto al segundo, las aplicaciones de pequeño consumo se emplean pequeños módulos fotovoltaicos, frecuentemente de silicio amorfo, alimentando equipos electrónicos como calculadoras o relojes, cargadores de móviles, pequeñas herramientas eléctricas, balizas domésticas, entre otros.

El tercer tipo de SFA, son los sistemas de electrificación rural suministran energía eléctrica a poblaciones rurales alejadas de redes eléctricas convencionales. Son sistemas frecuentemente englobados en programas de cooperación desarrollo, financiados por ONG'S u organismos como el Banco Mundial o la Unión Europea. Dentro de los sistemas de electrificación rural predominan los sistemas domésticos (solar home systems, SHS), las centrales híbridas y los sistemas de bombeo. Tanto los sistemas domésticos como las centrales híbridas proporcionan energía para alimentar equipos de iluminación, radio, televisión y pequeñas herramientas eléctricas.

En relación a los sistemas domésticos, (SHS) estos suelen incorporar únicamente cargas en continúa. Por esta razón, no es necesario que el SFA incluya un inversor, los mismos están compuestos por el generador, un acumulador electroquímico y un regulador de carga y descarga. En caso de que el consumo incluye cargas de alterna es necesario que el SFA incluya un inversor, existe la posibilidad de que el consumo esté compuesto por cargas en continua y en alterna, o exclusivamente por cargas en alterna. En consecuencia, el funcionamiento del inversor puede ocasionar la circulación de transitorios de corriente que el regulador no es capaz de gestionar correctamente.

De lo anterior, es recomendable que el inversor esté conectado directamente a la batería, y no a la salida del regulador. Los inversores para SFA suelen incorporar un mecanismo de regulación de descarga que permite esta conexión. El funcionamiento de estos inversores es, en muchos aspectos, similar al de los inversores de conexión a red pero con varias peculiaridades. La principal diferencia está en su salida: dado que estos inversores no están conectados a una red con la que sincronizar, deben funcionar como fuentes de tensión (y no como fuentes de corriente, caso habitual en los SFCR). Por lo general no incluyen un buscador del punto de máxima potencia.

2.2.22 Medición de la radiación solar

Existe una variedad de instrumentos para medir la radiación solar en todas sus componentes. La unidad de medición es el Watt/m².

2.2.23 Radiación solar directa

El instrumento de medición se llama piroheliómetro. Este mide la energía que proviene directamente del sol, evitando la radiación difusa desde otras direcciones. El instrumento debe ser orientado continuamente hacia el sol. Como sensor se utiliza una placa negra, cuya temperatura, que se mide con un sistema de termocuplas, varía con la radiación solar directa que llega a la placa.

2.2.24 Captación de la energía solar

Se entiende por captación térmica de la energía solar al procedimiento de transformación de la energía radiante del sol en calor o energía térmica. Nos referimos a aplicaciones de la energía solar a baja temperatura cuando la energía térmica que se obtiene se utiliza para temperaturas inferiores a 80 °C. Se pretende de esta forma obtener a partir del sol una energía que podemos utilizar en aplicaciones térmicas: calentar agua sanitaria, usos industriales, calefacción de espacios, calentamiento de piscinas, secaderos, etc.

2.2.25 Principio de funcionamiento

Cuando se expone una placa metálica al sol, se calienta, pero si además esta placa es negra, la energía radiante del sol es absorbida en mayor medida. Cuando se calienta la placa negra ésta aumenta su temperatura con lo cual empieza a perder calor por los distintos mecanismos: por conducción a través de los soportes que lo sujetan, por convección a través del aire que le rodea y por radiación.

2.2.26 Aspectos medio ambientales

En los talleres que se ofrece el trabajo de pintura automotriz se ocasionan en el desarrollo de su actividad una serie de residuos que por sus constituyentes y características pueden estar clasificados como residuos peligrosos, que pueden ser muy perjudiciales en especial para la salud humana de los trabajadores, así como también la contaminación del medio ambiente.

2.3 Bases Legales

Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.908 de fecha 19 de febrero de 2009, Vigente, denominada: Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.

De acuerdo a la CRBD, en su artículo 112. (De los Derechos Económicos), el

Estado garantizará la creación y justa distribución de la riqueza, así como la producción de bienes y servicios que satisfagan las necesidades de la población, impulsando el desarrollo integral del país.

Por otro lado, las ventajas que tienen los sistemas fotovoltaicos en los efectos sobre el ambiente, permite al Estado el uso y la aplicación de ellos en las comunidades, bajo el marco legal del artículo 127. (De los Derechos Ambientales), el cual señala que “es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado.

Así mismo menciona que es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley.

Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 39.823 de fecha 19 de diciembre de 2011, Vigente, denominada: Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía.

Esta Ley tiene por objeto promover y orientar el uso racional y eficiente de la energía en los distribución, comercialización, así como el uso final de la energía, a fin de preservar los 40 recursos naturales, minimizar el impacto ambiental y social, contribuir con la equidad y bienestar social, así como, con la eficiencia económica del país, mediante el establecimiento de políticas enfocadas en el uso racional y eficiente de la energía, la educación energética, la certificación de eficiencia energética y la promoción e incentivos para el uso racional y eficiente de la energía (Capítulo I, artículo 1).

Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.833 Extraordinario de fecha 22 de diciembre de 2006, Vigente, denominada: Ley Orgánica del Ambiente.

Esta ley asienta la competencia exclusiva del Estado en materia de legislación básica sobre protección del medio ambiente. No solo facilita la incorporación de los criterios de sostenibilidad en evaluación de proyectos, sino que también lo hace en la toma decisiones estratégicas, a través de la evaluación de los planes y programas.

Los aspectos más importantes se encuentran precisados en los artículos 8, 69 y 83 contenidos en esta ley, el artículo 8 plasma lo siguiente: “la gestión del ambiente se aplica sobre todo los componentes de los ecosistemas, las actividades capaces de degradar el ambiente y la evaluación de sus efectos”, además el artículo 69 contempla lo siguiente: “toda persona natural o jurídica que aproveche o utilice los sistemas, deberá recopilar la información relacionada con los recursos que utiliza, su posible deterioro y las acciones para su recuperación y restauración”. Por

otro lado, el artículo 83 enuncia lo siguientes: “El estado podrá permitir la realización actividades capaces de degradar el ambiente, siempre y cuando su uso sea conforme a planes de ordenación del territorio, sus efectos sean tolerables, generen beneficios socio-económicos y se cumplan las garantías, procedimientos y normas”.

FONDONORMA de la República Bolivariana de Venezuela COVENIN 200: 2004 (7ª Revisión) esta revisión correspondiente al año 2004, Vigente, denominada: Código Eléctrico Nacional.

Esta norma tiene como objeto:

(A) Salvaguarda Efectiva. El propósito de este Código es salvaguardar en forma real la integridad de las personas y propiedades de los peligros que implica el uso de la electricidad.

(B) Adecuación. Este Código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. El cumplimiento de tales disposiciones y un mantenimiento adecuado darán por resultado una instalación esencialmente libre de peligros, aunque no necesariamente eficiente, conveniente o adecuada para un buen servicio o para una ampliación futura en el uso de la electricidad.

NOTA: Con frecuencia se presentan situaciones de peligro por la sobrecarga de los sistemas de cableado con usos y métodos que no están permitidos por este Código. Lo anterior ocurre porque el cableado inicial no fue previsto para aumentos en el uso de la electricidad. Una instalación inicial adecuada y la previsión razonable de cambios en el sistema permitirán los incrementos futuros en el uso de la electricidad

(C) Intención. Este Código no está destinado a servir como especificación de diseño, ni como manual de instrucciones para personal no adiestrado.

(D) Relación con Normas Internacionales. Los requisitos establecidos en este Código abordan los principios fundamentales de protección para la seguridad contenidos en la Sección 131 de la norma internacional IEC 60364-1, Electrical Installations of Buildings.

FONDONORMA de la República Bolivariana de Venezuela COVENIN 4004:2000 aprobada el 31 de mayo del año 2000 con carácter provisional, Vigente, denominada: Sistema de Gestión de Seguridad e Higiene Ocupacional (SGSHO) Guía para su implantación.

Esta norma venezolana y el resto de las normas que pertenece a la familia COVENIN 4004:2000 son genéricos e independientes de cualquier organización o sector de actividad

económica. Por lo tanto, proporcionan una guía para gestionar la salud y seguridad con criterios de calidad.

Las normas de las familias COVENÍN 4004:2000 describen los elementos que deberían componer un sistema de gestión para la seguridad e higiene ocupacional, en lo sucesivo SGHO, ya que su diseño e implementación están influidos por la legislación vigente los riesgos laborales presentes, los objetivos, los productos, procesos y prácticas individuales de cada organización.

2.4 Definición de términos

Según Arias (2012), la definición de términos básicos: “Consiste en dar el significado preciso y según el contexto a los conceptos principales, expresiones o variables involucradas en el problema y en los objetivos formulados” (p. 108).

Electricidad: Forma de energía que produce efectos luminosos, mecánicos, caloríficos, químicos, etc., y que se debe a la separación o movimiento de los electrones que forman los átomos.

Corriente eléctrica: es un fenómeno físico causado por el desplazamiento de una carga (ión o electrón). En el caso de un conductor metálico, son principalmente los electrones los que toman parte en la corriente. La intensidad de la corriente es la cantidad de carga que pasa por un conductor por unidad de tiempo.

Energía Renovable: la energía que se obtiene a partir de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Resistencias eléctricas: Se le denomina resistencia eléctrica a la oposición al flujo de corriente eléctrica a través de un conductor. La unidad de resistencia en el Sistema Internacional es el ohmio.

Potencia Eléctrica: Es la proporción por unidad de tiempo mediante la que la energía eléctrica es transferida a través de un circuito. En este caso, la unidad de este proceso es el vatio (W). A partir de esta unidad, encontramos otros como el kilovatio (kW) o megavatio (MW).
Pepeenergía (s/f, párrafo 1)

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV): son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Se puede considerar como COV aquel compuesto orgánico que a 20°C tenga una

presión de vapor de 0.01 kPa o más, o una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso.

Fotovoltaico: es un adjetivo para identificar todo aquello que tenga relación con la energía fotovoltaica y el efecto fotovoltaico, más concretamente. Este concepto de energía solar se refiere a la generación de electricidad a través de la luz solar. Energía solar.

Intercambiador de calor: Un intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor entre 2 fluidos o entre un fluido y un sólido que está en contacto con dos fluidos.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En esta sección del Proyecto de Grado se describen los métodos, técnicas y procedimientos que se utilizarán para alcanzar el objetivo general que se planteó al inicio de la investigación, el cual fue “proponer el diseño de una cabina de pintura automotriz basada en energía solar como fuente alternativa para su funcionamiento”; con la finalidad de seleccionar un sistema alternativo para suministrar energía a la cabina de pintura automotriz.

Según Balestrini, M. (2002), “el marco metodológico define el diseño de la investigación, establece la población y muestra bajo estudio, determina métodos y técnicas de recolección de datos y establece los pasos para el desarrollo de la investigación” (p. 5).

3.1 Tipo de investigación

Tamayo (2004) afirma que:

Cuando se va a resolver un problema en forma científica, es muy conveniente tener un conocimiento detallado de los posibles tipos de investigación que se pueden seguir. Este conocimiento hace posible evitar equivocaciones en la elección del método adecuado para un procedimiento específico (p. 43).

El presente trabajo se ubica en la modalidad de proyecto factible, que según el Manual de Trabajos de Grado, de Especialización y Maestrías y Tesis Doctorales (UPEL 2006) se define como, “la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales” (p. 13) (16).

Adicionalmente, esta investigación se considera como proyecto factible, debido a que busca desarrollar una propuesta viable para mejorar el funcionamiento de una cabina de pintura automotriz, utilizando energía solar como una fuente alternativa para su funcionamiento y sustituir el quemador por resistencias eléctricas, mediante esta investigación se espera disminuir el impacto ambiental que generan actualmente este tipo de mecanismos.

3.2 Diseño de investigación

Hernández Sampieri et al. (2010) afirman que, “El diseño es el plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación”.

La investigación no experimental según Hernández Sampieri et al. (2010):

Se podría definir como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en el contexto natural, para posteriormente analizarlos (p. 149).

Esta investigación es no experimental, ya que se analizará las características y propiedades de las cabinas de pintura automotriz de los talleres formales de pintura, sin modificar o manipular las variables de dichos sistemas para ver los efectos sobre otras variables. Además, este trabajo especial de grado se apoya en una investigación documental debido a la revisión de proyectos existentes que proporcionen información para el desarrollo de la misma, y basada en un diseño de campo para la verificación de datos documentales. La investigación documental, definida por el Manual de Trabajos de Grado, de Especialización y Maestrías y Tesis Doctorales (UPEL 2006), es “el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos” (p. 12). Mientras que el diseño de campo según UPEL (2006) es:

El análisis sistemático de problemas de la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas (p. 11).

3.3 Nivel de la investigación

Para el autor Valderrama (2017) el nivel de investigación se refiere “al grado de conocimiento que posee el investigador en relación con el problema, hecho o fenómeno a estudiar.

De igual modo cada nivel de investigación emplea estrategias adecuadas para llevar a cabo el desarrollo de la investigación” (p. 42).

Además según Hernández Sampieri et al. (2010), “La investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo de población”. Por su parte, Simonovis, J. (2001) dijo que la investigación descriptiva tiene como principal función “describir las características del problema que se está investigando; también puede describir el problema y sus características, relacionándolo con algún factor o diferenciándolo”.

Por lo que se define esta investigación como descriptiva; ya que describe la problemática de las cabinas de pintura automotriz en el mercado actual que trabajan con energía eléctrica y quemadores de combustibles como lo es el diésel, el cual genera un impacto negativo sobre el ambiente. Además, se investigaran sus características físicas y propiedades de diseño con el objetivo de saber la situación actual de este tipo de mecanismo; esto se llevará a cabo mediante la recolección de información que permita conocer sus características.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

Por su parte los autores, Tamayo y Tamayo, M. (2004), “la población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación.”, (p.114). En este sentido, la población que se seleccionará para la presente investigación está formada por todos los tipos de cabina de pintura automotriz presentes en el mercado actual en el estado Carabobo.

3.4.2 Muestra

Según Parra (2003), la muestra se define como “una parte (sub-conjunto) de la población obtenida con el propósito de investigar propiedades que posee la población” (p.16). La presente investigación tiene como muestra todos los vehículos automotrices sometidos al proceso de pintado y secado mediante el uso de cabinas de pintura. Adicionalmente, en este caso la muestra utilizada para la investigación es del tipo no probabilística, la cual para Rodríguez (2010) “se toman para el estudio los elementos al alcance del investigador” (p.29), de allí se tomará en cuenta los intercambiadores de calor y la obtención de energía de la cabina de pintura automotriz.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Técnicas de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos, son definidas por Tamayo (2004), como “la expresión operativa del diseño de investigación y que especifica concretamente como se hizo la investigación” (p. 126).

En la presente investigación titulada, “Diseño de cabina de pintura automotriz basada en energía solar como fuente alternativa para su funcionamiento” las técnicas de recolección de datos que se utilizaran son observación directa, la revisión documental y la entrevista no estructurada.

La observación directa, según Tamayo y Tamayo (2004), “es aquella en el cual el investigador puede observar y recoger los datos mediante su propia observación”. (p.122). Para este estudio se aplicará la técnica de observación directa, con el fin de obtener datos de los diseños de las cabinas de pintura automotriz existentes en el mercado actual, a fin de verificar datos existentes en campo, entre otros que permitan desarrollar el cálculo la propuesta de una cabina de pintura con energía solar como fuente alternativa para su funcionamiento e implementar resistencias eléctricas.

Adicionalmente se empleará la revisión documental, esta técnica es definida por Hurtado de Barrera, (2006), como “el proceso mediante el cual un investigador recopila, revisa, analiza, selecciona y extrae información de diversas fuentes, acerca de un tema en particular con el propósito de llegar al conocimiento y comprensión más profundos del mismo” (p. 20). Cabe destacar, que es de gran utilidad dado que permitirá a los autores informarse de todos los procedimientos relativos a los paneles solares y su instalación.

Por último, se aplicará la entrevista no estructurada que según Bertomeu P. (2016) es “aquella que se realiza sin un guion previo. Sigue un modelo de conversación entre iguales. En esta modalidad, el rol del entrevistador supone no sólo obtener respuestas sino también saber que preguntas hacer o no hacer”. Con el propósito de obtener información sobre la situación actual de los talleres con cabina de pintura en el estado Carabobo.

3.5.2 Instrumentos de Recolección de Datos

En cuanto a los instrumentos para la recolección de datos, Arias (2006) establece que pueden definirse como “cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p.68). Tomando en cuenta que las técnicas de

recolección de datos para la presente investigación son la observación directa y la revisión documental, se establecerán como instrumentos la hoja o ficha de registro de datos.

Por su parte, según el Portal Académico del CCH (2012) la ficha de registro de datos “se les denomina así porque recopilan los datos de las fuentes consultadas en los diversos recintos (bibliotecas, hemerotecas, videotecas, etc.)”. En este caso, se utilizarán las fichas bibliográficas para registrar las características técnicas y operativas de las máquinas bajo estudio, basadas en los manuales técnicos de las mismas, así como las características del diseño de la cabina de pintura automotriz. Adicionalmente, se trabajará con la ficha de observación como material de recolección de datos para la observación, dado que es un instrumento de la investigación de campo. Este instrumento se manejará para conocer y documentar los elementos bajo estudio y para registrar, mediante un orden cronológico, práctico y concreto; datos importantes que deberán ser analizados y verificados para el logro del objetivo propuesto. Otros tipos de fichas utilizadas como instrumento de recolección de datos son las de referencia electrónica y por último las de tesis, todo con el objetivo de obtener la información necesaria para lograr el propósito de la investigación en estudio.

3.6 Fases metodológicas

Según Sabino, C. (2002), “toda labor de investigación requiere una metodología para desarrollarla, de manera tal que se pueda apreciar todas y cada una de los elementos que componen la acción investigativa” (p.56). A continuación se explican las fases metodológicas que permitirán el desarrollo de la investigación:

Fase I: Diagnóstico de la situación actual de los talleres con cabinas de pintura

En esta fase se desarrollará una revisión bibliográfica sobre el estado actual de las cabinas de pintura automotriz, con el fin de documentar dicha información; esto se logrará mediante el método de observación directa. Lo cual permitirá el desarrollo de las demás fases para poder desempeñar la investigación en estudio.

Fase II: Identificación de las variables para el diseño de una cabina de pintura

Para la ejecución de esta fase se establecerá la caracterización de los elementos involucrados en la investigación en cuestión. Primero se revisará las características físicas de la cabina de pintura automotriz.

En este punto, como ya se mencionó anteriormente, es necesaria la aplicación de las siguientes técnicas de recolección de datos:

- ✓ Revisión documental
- ✓ Observación directa

Fase III: Selección del sistema alternativo para suministrar energía a una cabina de pintura automotriz

Una vez identificadas las variables de la cabina de pintura automotriz tal como se explicó en la fase II, se escogerá el tipo de energía para el suministro de la cabina, es por ello que los autores utilizarán energía renovable mediante paneles solares; posteriormente, para obtener un correcto funcionamiento de la cabina se realizarán cálculos manuales para la correcta selección de la misma.

Cabe destacar, que el diseño del sistema se realizará teniendo en cuenta el impacto ambiental generado por ciertos compuestos químicos por la quema de hidrocarburos generado efecto invernadero en nuestro planeta. Adicionalmente, se considerará la deficiencia de energía eléctrica en el país haciendo complicado el uso de las cabinas de pintura automotriz para cumplir con los servicios antes mencionados.

Fase IV: Diseño digital de la alternativa seleccionada para la cabina de pintura automotriz mediante el uso del programa SolidWorks

Para la ejecución de esta fase se utilizará la información obtenida en la fase anterior. Se tomará en cuenta las medidas de la cabina de pintura automotriz lo cual fue definido en la fase anterior y con ello se digitalizará a fin de modelarla mediante el uso del programa SolidWorks.

Fase V: Determinación de la viabilidad económica del proyecto

Por último, en esta fase se determinará la factibilidad económica, mediante el cálculo de la relación costo-beneficio de la instalación de un sistema fotovoltaico para la cabina de pintura automotriz y a su vez la instalación de resistencia eléctrica para sustituir los intercambiadores de calor, con el fin de determinar si es factible o no.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Diagnóstico de la situación actual de los talleres con cabinas de pintura

Pintar un coche es un proceso costoso, delicado y laborioso y para ello se necesita tener las herramientas adecuadas para que el acabado sea perfecto, de esta forma el cliente quedará satisfecho dispuesto a repetir la experiencia e incluso a recomendar el servicio con amigos y familiares. Para que esto ocurra es fundamental tener una buena cabina de pintura, moderna y en un óptimo estado de mantenimiento. Al fin y al cabo con las mejores instalaciones es más sencillo trabajar, más rápido y en consecuencia lograr un trabajo más productivo.

Por consiguiente, se realizó una visita a distintos talleres de pintura con cabina de pintado y secado en el estado Carabobo con la finalidad de diagnosticar la situación actual de los mismos, cabe destacar que por políticas y receptividad en los talleres visitados solo se permitió el acceso a dos instalaciones. El primero fue el Taller de pintura Shopping Autos Valencia, C.A, donde se observó que cuentan con un horno de secado marca Zonda, y una cabina de pintura marca Kabi Xpress C.A; en el momento de inspeccionar el horno para tomar las fotos, se observó que el piso presenta humedad, debido a que las gomas están alrededor de la puerta que cumplen la función sellar se encuentran deterioradas y que además los diferentes filtros que posee la cabina no han sido reemplazados por tener un alto costo.

Adicionalmente, el horno cuenta con tanque de 200L de diésel utilizado para un mes trabajo, hay que mencionar también que este tipo de horno con quemador diésel produce CO₂ siendo nocivo para el medio ambiente. Por último, en la cabina de pintura se observó que los filtros tienen desgaste debido la falta de planificación por parte del taller al no realizar un plan de mantenimiento preventivo de dicha cabina. Por otra parte, el segundo taller de pintura que fue visitado lleva por nombre Valencia Auto Spa Express, C.A. cuenta con una cabina de pintura-horno, es decir, se puede realizar el pintado y secado de los vehículos o piezas dentro de la misma cabina, esta cuenta con bidón de 20L de diésel, el personal de dichas instalaciones informó que esta cantidad de diésel alcanza para 40 hora de trabajo del quemador.

Es necesario resaltar que durante el diagnóstico se verificó que la cabina no presentara humedad como en el caso anterior, pero sí coincidió en que los filtros no han sido reemplazados, por lo tanto, se puede concluir que los talleres visitados no cuentan con un plan de mantenimiento preventivo para las cabinas, sino que estas trabajan con mantenimientos correctivos.

Las figuras mostradas a continuación, desde la 9 a la 14 revelan las ubicaciones de los talleres de pintura visitados, así como las diferentes partes de la cabina de pintura y horno de secado.

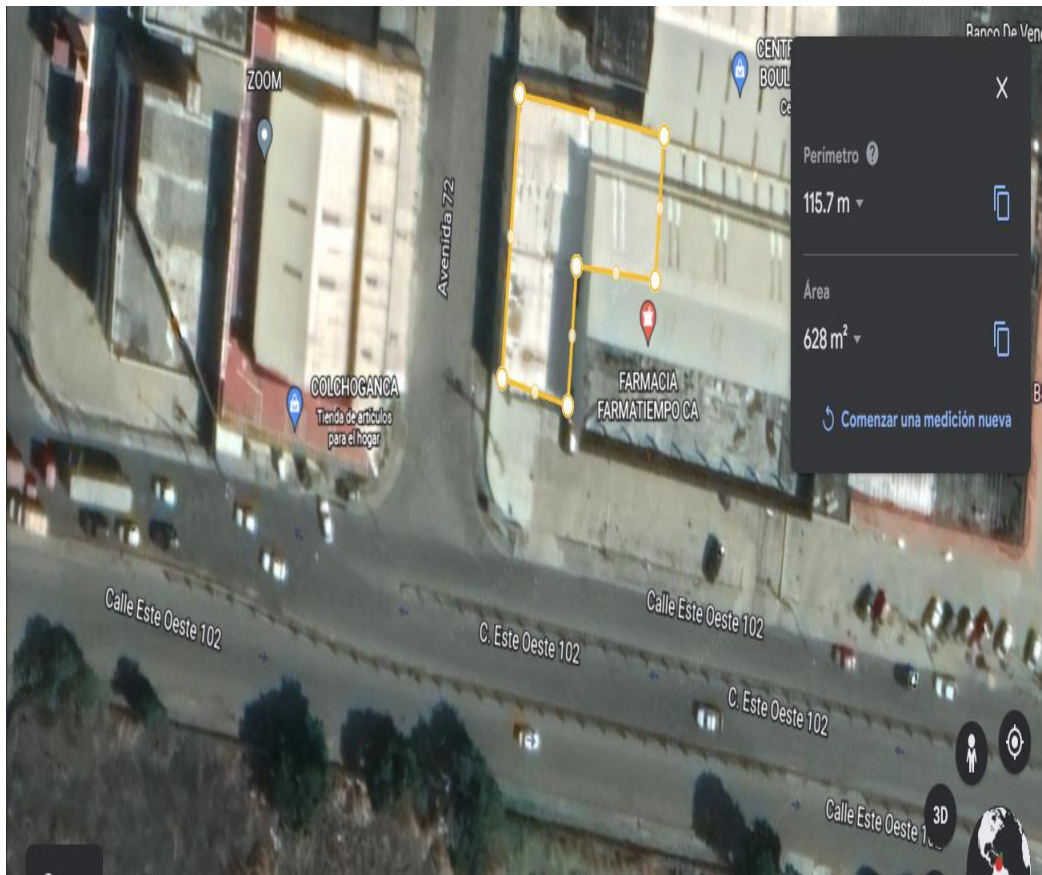


Figura 9. Ubicación satelital del taller de pintura Shopping Autos Valencia, C.A
Fuente: <https://acortar.link/a1g98K>



Figura 10. Horno de secado de pintura automotriz
Fuente: Camacho-Parra (2022)



Figura 11. Quemador
Fuente: Camacho-Parra (2022)



Figura 12. Ubicación satelital del taller Valencia Auto Spa Express, C.A
Fuente: <https://acortar.link/i42z03>



Figura 13. Cabina-Horno de pintura
Fuente: Camacho-Parra (2022)



Figura 14. Quemador
Fuente: Camacho-Parra (2022)

4.1.1 Análisis de las entrevistas y observación directa

A continuación, el cuadro 1 muestra la matriz DOFA, que se utilizó como instrumento de análisis.

Cuadro 1. Matriz DOFA

FACTORES INTERNOS	OPORTUNIDAD	AMENAZAS
FACTORES EXTERNOS FORTALEZAS	<ul style="list-style-type: none"> • Es menor la contaminación ambiental ya que reduce la cantidad de compuestos orgánicos volátiles que se liberan a la atmósfera • Mejorar la calidad de acabado en la aplicación • Aumentar la capacidad productiva y Acortan el tiempo de secado 	<ul style="list-style-type: none"> • Produce contaminación por CO2 debido al uso de Hidrocarburo • Utiliza fuente de energía no renovable • Se limita su uso, cuando hay racionamientos eléctricos

<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación y el secado del producto se llevan a cabo en un ambiente filtrado y carente de partículas sólidas • El sistema de impulsión también crea un sellado alrededor de las puertas de la cabina de pintura, de modo que el polvo y otras partículas que podrían encontrarse en un taller no pueden entrar en el área de rociado mientras se realiza el trabajo • La temperatura de la cabina se puede mantener constante e independiente de la temperatura exterior 	<p>Diseño de una cabina de secado de pintura automotriz que genere menor contaminación ambiental, manteniendo la calidad del servicio en los acabados finales del secado de los vehículos o piezas trabajadas.</p>	<p>Aplicar el uso de paneles solares y resistencias eléctricas a la cabina de secado de pintura automotriz con la finalidad de reducir el impacto ambiental y que el proceso no se vea interrumpido debido a los cortes eléctricos que pueden ocurrir mediante el proceso de secado ya que no todos los talleres cuentan con generadores eléctricos.</p>
<p style="text-align: center;">DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costos elevados del Diésel • Altos costos en facturas de pagos por servicios eléctricos • Falta de mantenimiento recomendado por el proveedor 	<p>Para disminuir los costos de los servicios se aplicara una fuente de energía renovable y un plan de mantenimiento preventivo; con la finalidad de mantener la capacidad productiva y calidad del servicio con menores costos.</p>	<p>Debido a que el uso de hidrocarburos genera contaminación ambiental, es necesario implementar una alternativa con energía solar, lo cual también beneficiara a los talleres a nivel económico ya que los costos de los servicios eléctricos e hidrocarburos son muy elevados, impactando directamente en los costos del servicio prestado.</p>

Fuente: Camacho-Parra (2022)

4.2 Identificación de las variables para el diseño de una cabina de pintura

Una vez realizado el diagnóstico del proceso y obtenido las características de las cabinas de secado para pintura automotriz se procedió en esta fase a establecer los requerimientos técnicos necesarios para el desarrollo de una cabina de secado de pintura automotriz basado en energía alternativa para su funcionamiento.

Delimitando el sistema de funcionamiento de la cabina de secado se establecieron los requerimientos técnicos para el diseño de dicha cabina de pintura:

✚ Requerimientos para una cabina de pintura

La cabina de pintura automotriz es un componente fundamental en el taller de pintura en la que se produce el ambiente idóneo para el secado optimado del objeto. Pero no sólo aporta ventajas de cara a garantizar un acabado perfecto, sino también desde el punto de vista medio ambiental. Para que cualquier taller de pintura automotriz pueda proporcionar todas las ventajas de calidad, funcionalidad y seguridad, es necesario que la cabina de pintura y secado cumpla con los siguientes parámetros de diseño.

✚ Dimensiones

Debido a que la cabina se utilizará para pintar y secar diferentes tipos de vehículos que van desde automóviles hasta pequeños camiones de diferentes marcas y tomando en cuenta que la distancia del vehículo a las paredes de la cabina debe ser de alrededor de 1 metros, es necesario que la cabina tenga las siguientes dimensiones principales:

- ✓ Largo (L): 6 m
- ✓ Ancho (A): 4 m
- ✓ Altura (h): 3 m

✚ Tipo de cabina

En función a la necesidad de recirculación del aire y a las ventajas que presenta éste tipo, se seleccionó la cabina de flujo vertical (ver figura 15) por donde la corriente de aire bajará desde el techo filtrante hacia el suelo en sentido vertical, saliendo hacia el exterior a través de canales en el piso.

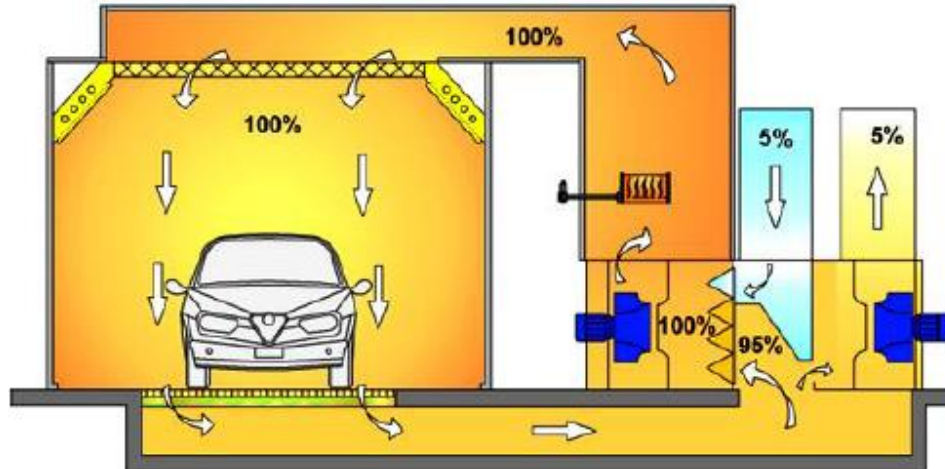


Figura 15. Cabina de flujo vertical con recirculación de aire
Fuente: (Windan International Company Limited, 2010)

✚ Flujo de aire

Según la norma NFPA-33 (Standard for Spray Application using Flammable or Combustible Materials) “el caudal del aire que entra a la cabina debe ser lo suficiente para garantizar por lo menos 120 renovaciones completas de aire por hora”.

✚ Velocidad aire

Con el objeto de evacuar con rapidez las sustancias perjudiciales para la salud de los operarios, Soler y Palau (2012) recomiendan que “el aire en el interior de la cabina circule con velocidades medias 0.2 a 0.4 m/s. Para evitar ruido excesivo y grandes pérdidas de presión, el aire debe circular por los ductos con velocidades no mayores a 10 m/s”.

✚ Ventilación

Según Gonzáles (2006):

Los grupos de ventilación son los de impulsión y extracción, que de acuerdo al volumen de la cabina (V) y el número de renovaciones ($\#renov$) de aire se calcula el rango en cfm para los ventiladores ($CFM = V \times \#renov$), los cuales son los responsables de crear la corriente o flujo de aire utilizado para arrastrar toda la niebla de pulverización y vapores químicos fuertes que se genera durante el proceso de pintado (ver figura 16), este flujo de aire nos permite trabajar en un área visible y limpia evitando posibles contaminaciones adheridas sobre la superficie recién pintada, por otra parte este flujo también nos permite obtener unas renovaciones de aire en el interior de la cabina.



Figura 16. Ventilador para cámara de pintura
Fuente: (Mastercleaning, 2015)

✚ Temperatura

Durante la fase de pintado la cabina debe mantenerse a una temperatura cercana a la 60 °C, mientras que para la fase de secado la temperatura máxima requerida es de 60 °C.

✚ Recirculación de aire

El propósito de reducir al mínimo la cantidad de calor que se requiere para calentar el flujo de aire que entra a la cabina, la misma se diseñó con un sistema que permita la recirculación del 95% del aire y sólo entrará un 5% de aire nuevo.

Antes de proceder con el diseño y la selección de los diferentes componentes de la cabina de secado, es necesario indicar que los parámetros atmosféricos del estado Carabobo influyen directamente en su diseño:

- ✓ Temperatura promedio del aire ambiente
- ✓ Altitud promedio de la ciudad
- ✓ Presión atmosférica de la ciudad
- ✓ Humedad específica: 0,018 Kg de Vapor/kg de aire seco o 140 gramos

En función de estos parámetros y de los fundamentos teóricos de la mecánica de fluidos, se calculó el flujo másico y caudal de aire requeridos para el funcionamiento adecuado de la cabina (ver tabla 1).

Tabla 1. Condiciones de trabajo para los tipos de pinturas horneables

CLASE DE PINTURA	TEMPERATURA DE CURADO °C	TIEMPO DE CURADO	PORCENTAJES DE DISOLVENTES
Esmaltes horneables para autos	124	24	60
Esmaltes hornearles para refrigeración	150	25-30	60
Pintura en polvo (Sistema electroestático)	180-205	15-20	Vapores despreciables

Fuente: Camacho-Parra (2022)

Sistema de distribución de aire (ductos)

Según PracoDidacol, (2013):

Los ductos de escape y admisión deben ser construidos de acero con el apoyo suficiente, asegurados contra daños mecánicos y separados de los materiales inflamables. Cada cabina debe tener un sistema de escape independiente que expulsa los vapores fuera del edificio, es importante conectar a tierra correctamente todos los componentes metálicos de los ductos de escape.

El tamaño de los ductos se escoge para las velocidades máximas de aire sin causar ruidos molestos y excesivas pérdidas de presión. Los ductos grandes reducen las pérdidas de fricción y deben compensar el ahorro de potencia de ventilador. En general debe hacerse un trazado de ductos tan directo como sea posible, evitar vueltas muy agudas y ductos muy desproporcionado. Para un ducto rectangular es buena práctica que la relación del lado mayor al menor sea hasta 6 a 1 y esta relación nunca debe exceder de 10 a 1. (Ver figura 17)



Figura 17. Ductos
Fuente: (PracoDidacol, 2013)

✚ Sistema de filtrado

Al necesitar aire nuevo para el purgado del sistema, este debe entrar limpio y libre de impurezas como polvo de tierra, arena y otras partículas que al hacer contacto con la pintura que está en las piezas, la deterioran. Para evitar esto se colocara al ducto de aire nuevo un filtro.

Estos filtros son específicamente de tejido de algodón o de composición de celulosa y pueden retener una excesiva cantidad de polvo que es acumulado en los pliegues, esto puede ocasionar un aumento rápido en la resistencia al flujo de aire, por tanto deben frecuentemente reacondicionarse. La velocidad del aire a través de los filtros es de 10 a 50 pies/min, dependiendo del tipo de tejidos que tengan. Los filtros secos tienen que construirse de tal modo que las sustancias que los constituyen absorban el mínimo de humedad ya que estos podrían obstruir el paso del aire a través del filtro.

Prácticamente todos los filtros de aire de este tipo son con soportes en forma de v, sobre los cuales se coloca el tejido para proporcionar un área máxima de filtrado en un tamaño mínimo marco. La resistencia común cuando un filtro está limpio es aproximadamente de 0,1 pg de agua y la capacidad máxima es aproximadamente de 300 $\text{pie}^3/\text{min}/\text{pie}^2$

Filtros

Por su parte, González (2004) dice que:

En la cabina se incorpora un sistema de filtros que son los encargados de retener cualquier tipo de contaminante que pueda penetrarse o salir de la cabina de pintura mediante el flujo de aire que se crea, estos filtros poseen características técnicas de acuerdo a las fábricas que los realizan, por ejemplo. Filtron los hace con una capacidad de retención de partículas de 398 g/ y una separación de partículas de 10 micras, mejorando la calidad de los trabajos, así como respetando el medio ambiente y nuestra salud.

Se puede clasificar dichos sistemas en cuatro grandes grupos:

Prefiltros

“Son los filtros que están ubicados justo después del grupo de ventilación y tienen por objetivo filtrar cualquier tipo de partícula o contaminante del aire exterior utilizado para crear el flujo de aire” (Hastings Premium Filters, 2012) (ver figura 18).



Figura 18. Prefiltro

Fuente: (Hastings Premium Filters, 2012)

Filtros plenum

Según Sisvent (2014) estos filtros:

Se ubican en el plenum o techo de la cabina (figura 19), son unos filtros más exigentes a los prefiltros y eliminan cualquier tipo de polvo, partícula o contaminante que incorpora al flujo de aire lanzado hacia el interior de la cabina evitando que pueda incrustarse sobre la pintura.



Figura 19. Filtro plénum
Fuente: (Sisvent, 2014)

Filtro inferior

“Se ubica en el piso y tienen por objetivo el filtrado y retención de los contaminantes producidos por la niebla de pulverización que el flujo de aire ha arrastrado hacia el suelo” (Autobodymagazine, 2012) (ver figura 20).



Figura 20. Filtro inferior
Fuente: (Autobodymagazine, 2012)

✚ Filtros de salida

“Compuestos principalmente por carbón activo estos filtros tienen el objetivo de retener los COV's (Compuestos Orgánicos Volátiles) que incorpora el flujo de aire que se lanza al exterior” (Hastingsfilter, 2013), (ver figura 21).

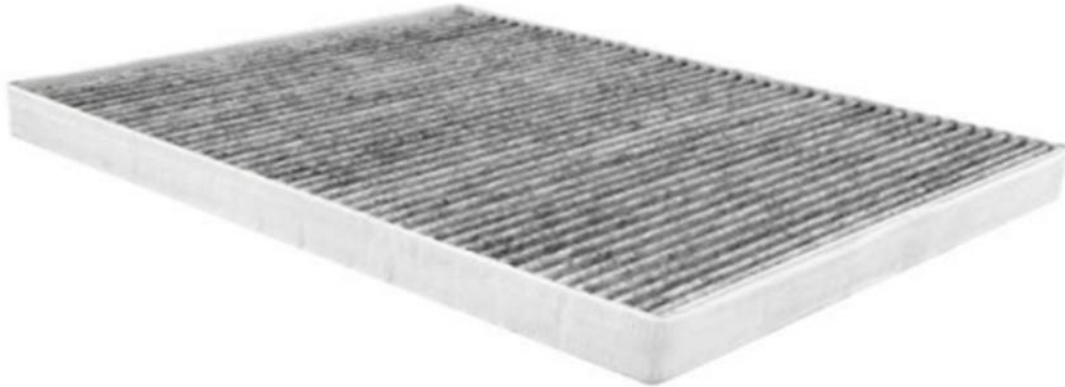


Figura 21. Filtro de salida
Fuente: (Hastingsfilter, 2013)

✚ Método de alumbrado

El alumbrado general es un método de distribución uniforme de luz que se produce en todos los lugares del interior de la cabina. La iluminación seleccionada es la semi-directa, es decir, que la mayor parte del flujo luminoso se dirige directamente a la superficie que se trata de iluminar y solo una pequeña parte se hace llegar a dicha superficie previa reflexión en el techo y las paredes. En este tipo de iluminación las sombras no son tan intensas como en el caso de iluminación directa y además se reduce el riesgo de deslumbramiento del operador. El nivel de iluminación de una cabina de pintura debe ser uniforme y nunca inferior a 700 lux a la altura del piso. El nivel de iluminación necesario para conseguir una visión eficaz para cabinas de pulverización se encuentra en:

- ✓ E mínima = 700 lux
- ✓ E recomendado = 1000 lux



Figura 22. Iluminación de cabina de pintura

Fuente: (Josecars, 2015)

✚ Distribución de aparatos de alumbrado

Se escogió un nivel de iluminación mínimo para obtener un ahorro en luminarias deben cumplir con características y necesidades de las cabinas de pintado entre las principales se encuentran:

- ✓ Económicas
- ✓ Aprovechamiento de la luz de 30 a 94 m / W
- ✓ 7500 horas de vida útil
- ✓ Reproducción del CRI: 1 a 3
- ✓ Se utilice en la industria

✚ Diseño del sistema de alumbrado

Según los requerimientos del diseño propuesto, se seleccionó como sistema de alumbrado el tubo LED T8 SMD2835 marca epistar de aluminio de 35W y 240cm de longitud, conexión dos laterales fabricado con cuerpo de aluminio y difusor en policarbonato opal. Materiales de alta calidad con chip led SMD2835 epistar y driver certificado CE por lo que aumenta la vida útil. Sustituyen a los tubos fluorescentes convencionales, ahorrando más del 60% de electricidad, no

emite parpadeos ni radiaciones ultravioleta y su encendido es inmediato. Son de fácil sustitución, no requieren mantenimiento y aseguran una alta durabilidad. (Ver anexo O)

Se deben considerar factores la reflexión de luz en el techo y las paredes, a continuación, se enuncian valores de reflexión en la tabla 2 en la que se expresan:

- a) P_t = Factor de reflexión del techo
- b) P_p = Factor de reflexión de las paredes

Tabla 2. Factor de reflexión

REFLEXIÓN EN:	FACTOR
Techo de color blanco	0.7
Techo de color muy blanco	0.7
Techo de color claro	0.5
Techo de color medio	0.3
Paredes de color claro	0.5
Paredes de color medio	0.3
Paredes de color oscuro	0.1

Fuente: Camacho-Parra (2022)

Quemador

Un quemador es un dispositivo para calcinar combustible líquido, gaseoso o ambos y, en ciertos casos excepcionales combustible sólido, para comúnmente mediante una llama producir calor. En función de su tamaño, los puede haber desde uno como un encendedor de cigarrillos para calentar una probeta hasta uno gigantesco capaz de producir 30000 KW o más. El combustible que consume puede estar en estado gaseoso, comúnmente gas natural, butano, propano o en estado líquido como diésel o gasolina o una combinación de gaseoso y líquido, del cual nace el nombre de quemador mixto.

El quemador suele tener una capacidad calorífica de 130.000 Kc/h. y es de aire impulsado, es decir, aquel en que el aire y en algunos casos también el diésel es aportado mediante ventilación forzada. El ciclo de funcionamiento se considera un periodo de precalentamiento de la cámara de combustión, el servomotor activa la mariposa del aire dejándola totalmente abierta. Durante este periodo la electroválvula del diésel está cerrada. Después de este paso, con la mariposa del aire y

la mariposa del dosificador de diésel posicionada en un valor mínimo, se acciona la electroválvula. En este punto aparece la chispa del electrodo, se acciona el servomotor que genera la mezcla aire/combustible y se produce la flama. Después del tiempo establecido a la potencia máxima, el quemador sigue en estas condiciones de funcionamiento hasta llegar a la temperatura de termostato, después por medio del servo-motor, se estabiliza el consumo mínimo, hasta que exista una demanda mayor de calor por parte del Generador. (Se debe tener en cuenta que además de diésel también se puede utilizar gas natural).



Figura 23. Quemador diésel para cabina de pintura

Fuente: <https://www.compratotal.com/products/quemador-diesel-para-cabina-de-pintura?variant=21532349767>

✚ Sistema de secado en pintura automotriz

Cuadro 2. Cuadro comparativo de métodos de secado

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Resistencias eléctricas	Las resistencias eléctricas para los hornos se pueden usar con cualquier tipo de tensión y	

	montaje.	
	Las resistencias y la flexibilidad de las resistencias aumentan la utilidad del horno.	Genera caída de voltaje en el sistema.
	Fácil Instalación	Ruptura al entrar en contacto con líquidos.
	Resistentes a la variación de corriente o Amp.	Frágil a cualquier impacto.
Luz ultravioleta	Ofrecen gran flexibilidad, se pueden aplicar sobre chapa, aceros galvanizados, cincados, pinturas viejas, masillas de poliéster, plásticos, etc.	Riesgo de salud.
	El secado es muy rápido, con tiempos muy reducidos, de 20-30 segundos a 5-6 minutos.	La UVB se asocia comúnmente con el cáncer de piel
	Reducen costes energéticos para el taller, minimizando el uso de la cabina de pintura o de equipos infrarrojos para el secado.	Uno de los problemas experimentados con UV al tratar de perfeccionar el proceso de curado son las fallas de adhesión.
	Incrementan la productividad y la rentabilidad del área de pintura, acortando los procesos y los tiempos de entrega de los vehículos.	Los sistemas de pintura 2K incluyen un endurecedor que contiene isocianato que inicia la reticulación molecular de la pintura.
Luz infrarroja	Ideal para pequeña superficies	Las maquinas solo su proceso es para piezas pequeñas.
	Ahorro de energía	Dichos equipos se usan específicamente para el curado y secado en partes de

		automóviles, mas no secara un automóvil completamente de una sola pasada.
	Ahorro de tiempo	La intensidad de la radiación IR es crítica para la penetración a través de la tinta
	Secado y endurecimiento de la pintura (de dentro y fuera del auto)	Es más beneficios para la impresión a base de agua.
Sistema Endotérmico	Elevada calidad de secado	Costos Elevados
	Mejora eficiencia energética	Implementación costosa
	Reducción de los costes hasta un 80 % dependiendo del sistema con el que se compare.	Se debe amenizar el espacio antes de comenzar con el proceso.
	Respetuoso con el medio ambiente, no se emiten gases contaminantes	
Quemador a diésel	Disponibilidad	Costosa adquisición
	Menos gastos de instalación	Mayor contaminación
	Mayor duración	Mantenimiento Anual
	Menor gastos en mantenimiento	Menor eficiencia

Fuente: Camacho-Parra (2022)

4.3 Seleccionar el sistema alternativo para suministrar energía a una cabina de secado automotriz

Después de aplicar la técnica de la observación directa a diferentes talleres de pintura, se procedió a seleccionar el tipo de energía alterna más conveniente para el proceso de secado. Para ello se aplicó el método Vélchez.

4.3.1 Propuestas de alternativa para la selección del tipo de energía.

Cuadro 3. Alternativas para la selección

ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
ENERGÍA EÓLICA	ENERGÍA BIOMASA	ENERGÍA SOLAR
<p>FUENTE</p> <p>Aire</p> <p>VENTAJAS</p> <p>Inagotable, No contaminante Limpia</p> <p>DESVENTAJAS</p> <p>Dispersión aleatoria Difícil de almacenar Aerogeneradores grandes y costosos</p> <p>IMPACTO AMBIENTAL</p> <p>Ruido por el giro de aerogenerador Impacto visual Interferencia en transmisiones de TV y radio Pone en peligro vuelo de aves</p>	<p>FUENTE</p> <p>Materia orgánica: natural, residual o producida</p> <p>VENTAJAS</p> <p>Poco contaminante Renovable y abundante Es fuente de empleo zonas rurales Limpia los bosques</p> <p>DESVENTAJA</p> <p>No es una energía limpia Mantenimiento costoso</p> <p>IMPACTO AMBIENTAL</p> <p>Genera mucha ceniza Afecta la calidad del aire Deforestación de terrenos</p>	<p>FUENTE</p> <p>Sol</p> <p>VENTAJAS</p> <p>Gratuita Limpia Inagotable Elevada calidad energética</p> <p>DESVENTAJAS</p> <p>Llega de forma dispersa y aleatoria Requiere de espacio para baterías de almacenamiento</p> <p>IMPACTO AMBIENTAL</p> <p>Uso de grandes extensiones Deforestación de terrenos Impacto visual</p>

Fuente: Camacho-Parra (2022)

✚ Sistemas representativos para la Alternativa I

Para la alternativa I, se muestra en la figura 24 el sistema representativo planteado.

En la figura 25 se observa el esquema de obtención de energía eólica.

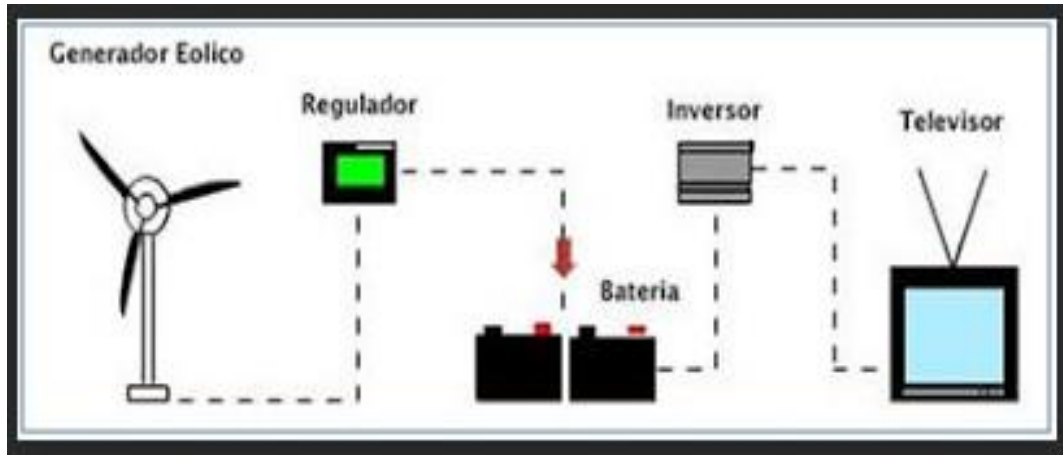


Figura 24. Sistema representativo Alternativa I

Fuente: <https://tintero.com.ar/>



Figura 25. Esquema de transmisión de movimiento

Fuente: <https://tintero.com.ar/>

✚ Sistemas representativos para la Alternativa II

La figura 26 muestra la obtención de la biomasa, y la figura 27 presenta el esquema de obtención de energía por biomasa.

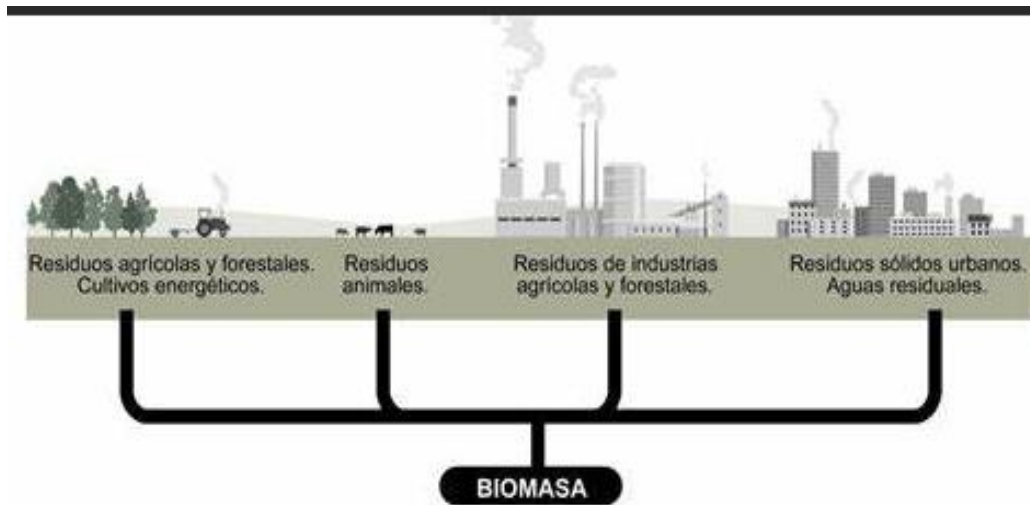


Figura 26. Esquema de obtención de la biomasa
Fuente: Camacho-Parra (2022)



Figura 27. Esquema de obtención de la energía por biomasa
Fuente: Camacho-Parra (2022)

✚ Sistemas representativos para la Alternativa III

La figura 28 muestra el sistema de la alternativa III, y la figura 29 muestra las partes de un panel solar

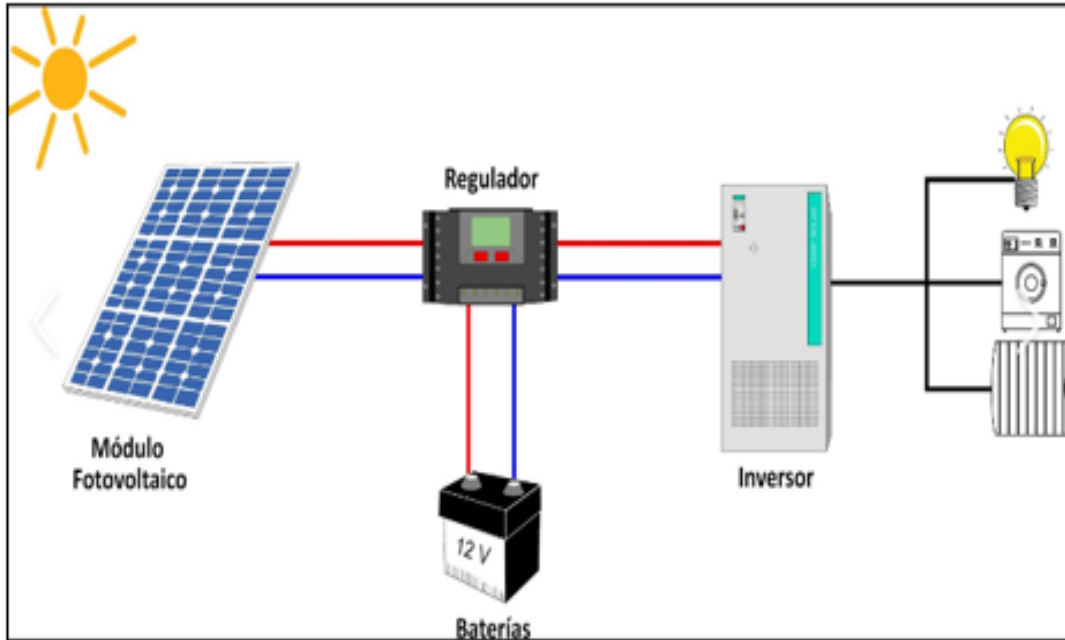


Figura 28. Esquema de obtención de energía solar
Fuente: Camacho-Parra (2022)

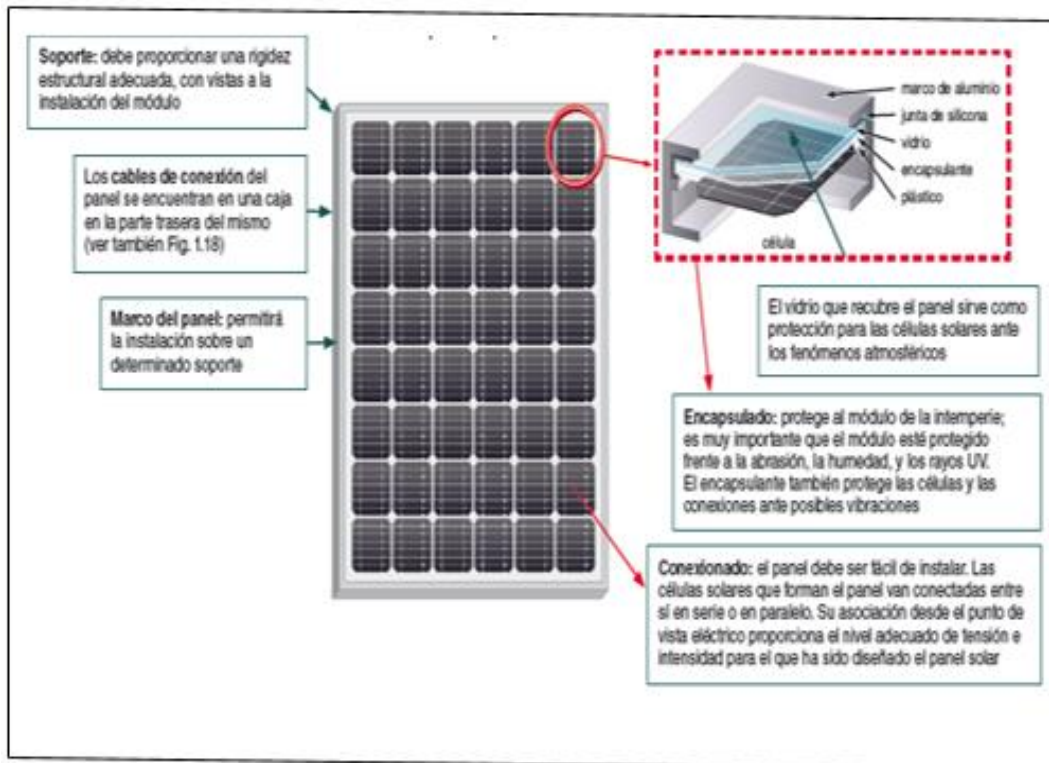


Figura 29. Componentes de un panel solar
Fuente: <http://www.tecnologiasapropiadas.com/biblioteca/.pdf>

4.3.2 Criterios de evaluación y escogencia de la propuesta

A continuación, se elaboró una lista de criterios (C) y de restricciones (R) para la selección de la fuente de energía alterna más conveniente para el cuarto de secado, aplicando el Método de Vílchez, con el objetivo de:

- ✓ Eliminar las formulaciones que se alejen de la definición operativa conveniente para el tipo de energía alternativa
- ✓ Seleccionar la propuesta más adecuada para solventar la situación problemática.
- ✓ **Lista de criterios y restricciones que debe cumplir el dispositivo de conversión de energía**
Criterios de selección

- Lista de restricciones y criterios para la selección de la energía adecuada

Los criterios comunes establecidos para la evaluación de todas las alternativas propuestas se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Criterios y restricciones

CRITERIOS C_i	RESTRICCIONES R_i
C1 Costo.	R1 Acceso a la obtención de los equipos
C2 Número de elementos constitutivos	R2 que los equipos tengan un tamaño para un espacio limitado.
C3 Tamaño.	R3 Poco contaminante
C4 Facilidad de adaptación.	
C5 Diseño estético.	
C6 Almacenamiento de energía	

Fuente: Camacho-Parra (2022)

- ✓ **Aplicación de restricciones y criterios para la selección de la mejor posible solución:**

A continuación, se procede a comparar las alternativas de solución con las restricciones planteadas, aquellas que no cumplan con las restricciones serán descartadas (ver Tabla 3). Las posibles soluciones que sí cumplan con las restricciones serán evaluadas con relación a los criterios y así tomar la decisión de cuál es la mejor solución.

Tabla 3. Comparación de restricciones vs. Posibles Soluciones

RESTRICCIONES	POSIBLE SOLUCIONES			
		A I	A II	A III
	R1	si	si	si
	R2	no	si	si
R3	si	si	si	

Fuente: Camacho-Parra (2022)

Debido a que la probable solución AI no cumple con las restricciones planteadas fue eliminada. Las posibles soluciones A II y AIII serán evaluadas mediante el método de ponderación de criterios (ver Tabla 4).

La Tabla 5 muestra los parámetros de puntuación. La tabla 6 muestra la ponderación de soluciones de acuerdo a los criterios empleados para la selección de la mejor solución. Y la tabla 7 la evaluación final de la alternativa seleccionada.

Tabla 4. Ponderación de criterios

CRITERIOR	DESCRIPCIÓN	ORDEN DE IMPORTANCIA
C1	Costo.	7
C2	Número de elementos constitutivos	6
C3	Tamaño.	5
C4	Facilidad de instalación.	4
C5	Diseño estético.	3
C6	Almacenamiento de energía	2

Fuente: Camacho-Parra (2022)

Tabla 5. Parámetros de puntuación

1	No cumple con el criterio a evaluar.
2	No cumple totalmente con la expectativa generada por el criterio.
3	Cumple totalmente con el criterio a evaluar.

Fuente: Camacho-Parra (2022)

Tabla 6. Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A II	2	2	2	2	2	2
A III	3	3	2	3	3	2

Fuente: Camacho-Parra (2022)

Tabla 7. Evaluación de soluciones

	EVALUAR SOLUCIONES	TOTAL PUNTOS
A II	$2x7 + 2x6 + 2x5 + 2x4 + 2x3 + 2x2$	54
A III	$3x7 + 3x6 + 2x5 + 3x4 + 3x3 + 2x2$	74

Fuente: Camacho-Parra (2022)

De acuerdo a la ponderación de criterios y al estudio efectuado la mejor solución es la energía solar, ya que es la que presenta mayor puntuación, es por esto que el resto de las soluciones son descartadas.

4.4 Diseño digitalizado de la alternativa seleccionada para cabina de pintura automotriz mediante el uso del programa SolidWorks

Para esta fase fue necesario contar con los estudios y el análisis de cálculos de ingeniería con referencia a la materia denominada transferencia de calor, cálculos como el calor total en la cabina de secado, el calor por convección, radiación, entre otros. En el proceso de los cálculos se debía dar a conocer ciertos datos que eran importantes para el diseño de la cabina de secado, entre ellos, dimensiones de los ductos, el coeficiente de conductividad térmica, viscosidad dinámica, espesor de la pintura luego de ser aplicada, entre otros. Resulta claro que al obtener cada uno de los datos, los resultados harán que el diseño sea más óptimo y sostenible.

4.4.1 Diseño de la cabina

A continuación, se muestran los planos y el diseño de la cabina de pintura automotriz desde la figura 30 a la 35. Dichos planos están con unidad de medida en milímetro.

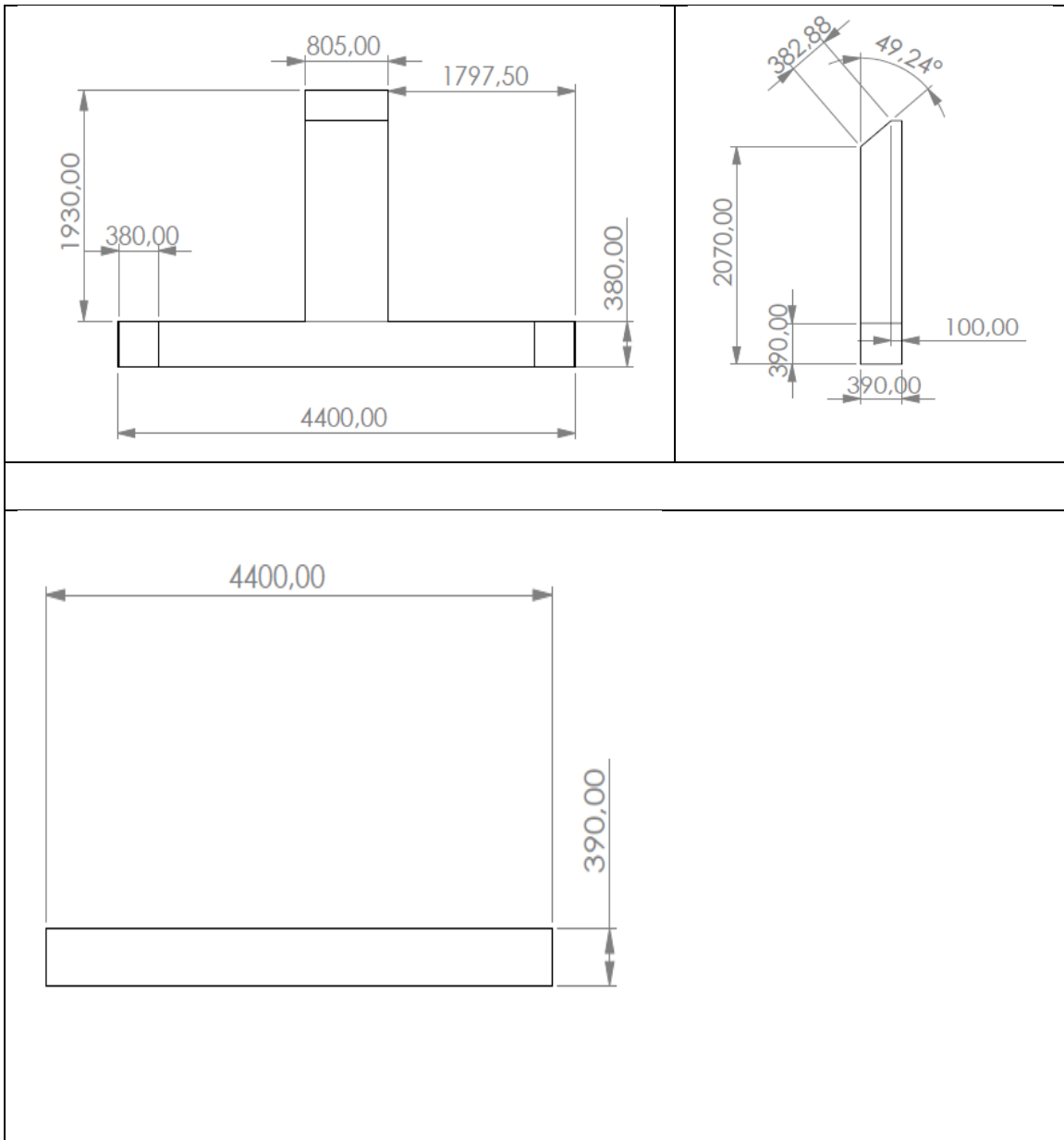


Figura 31. Ducto de los extractores
Fuente: Camacho-Parra (2022)

🚧 Ducto térmico

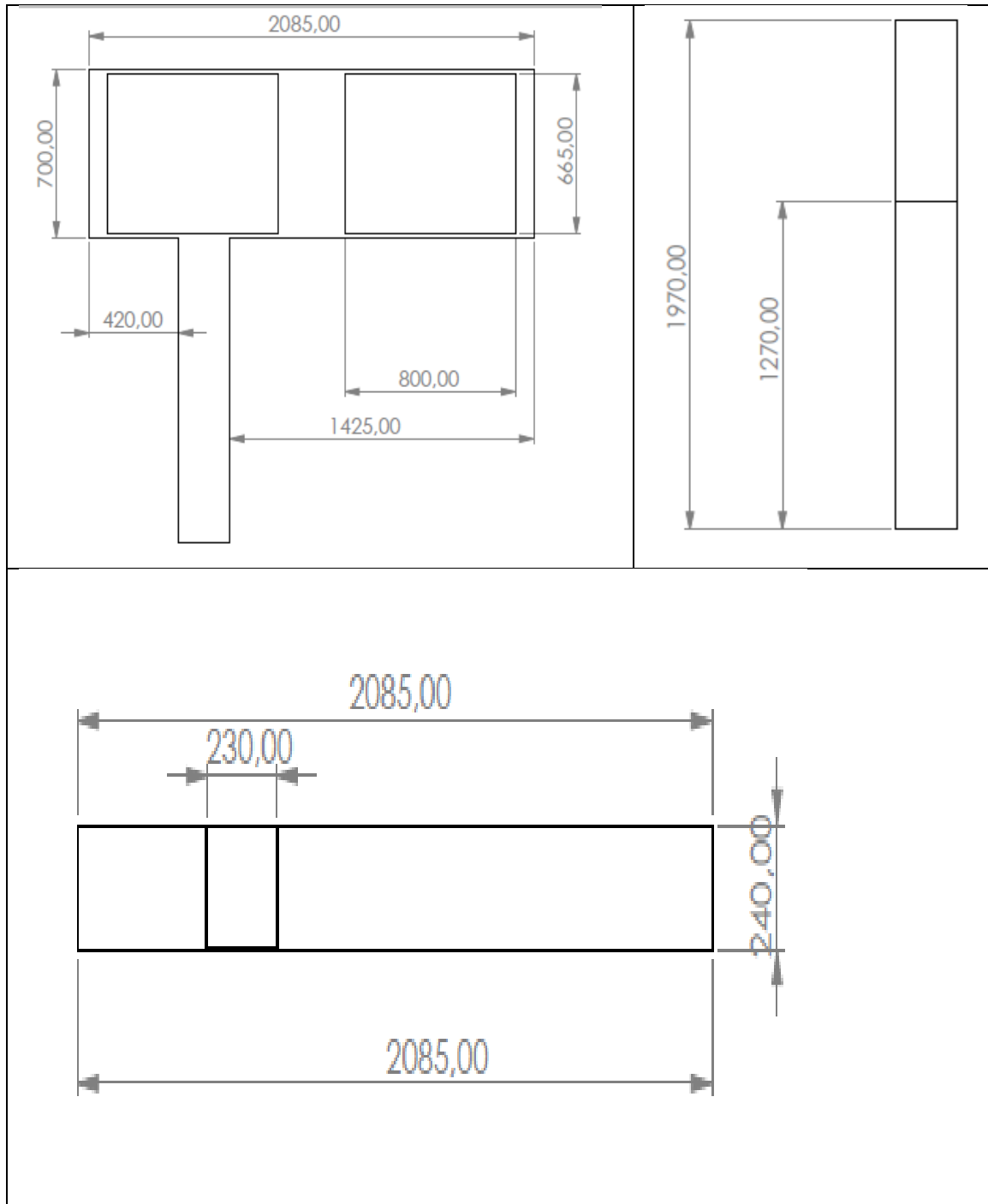


Figura 32. Ducto térmico
Fuente: Camacho-Parra (2022)

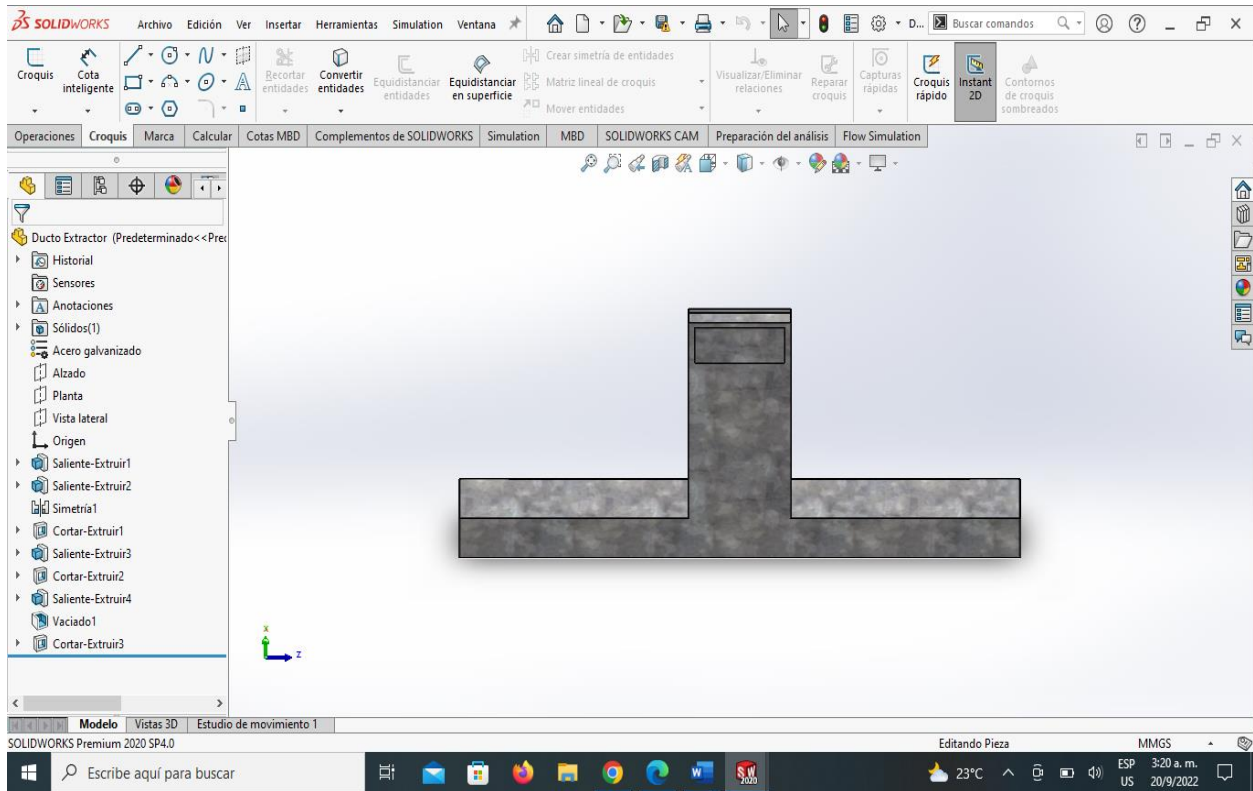


Figura 33. Ducto de extractores

Fuente: Camacho-Parra (2022)

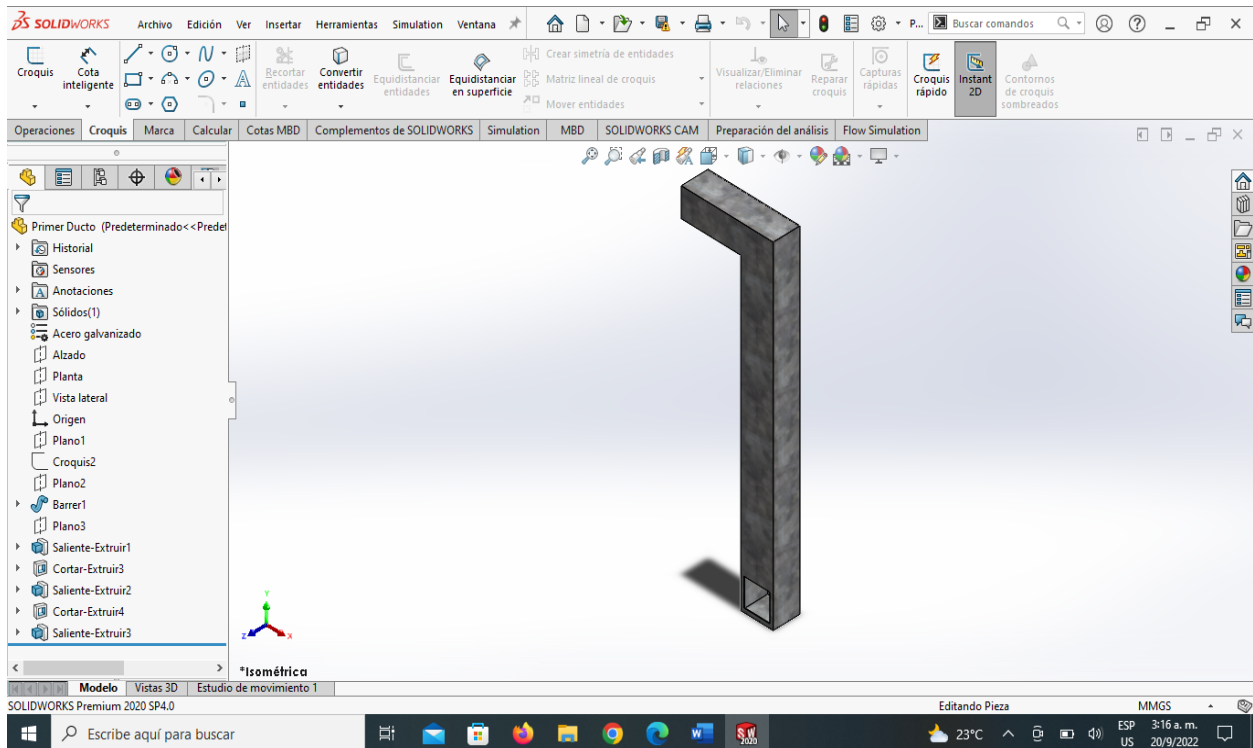


Figura 34. Ducto de ventilación

Fuente: Camacho-Parra (2022)

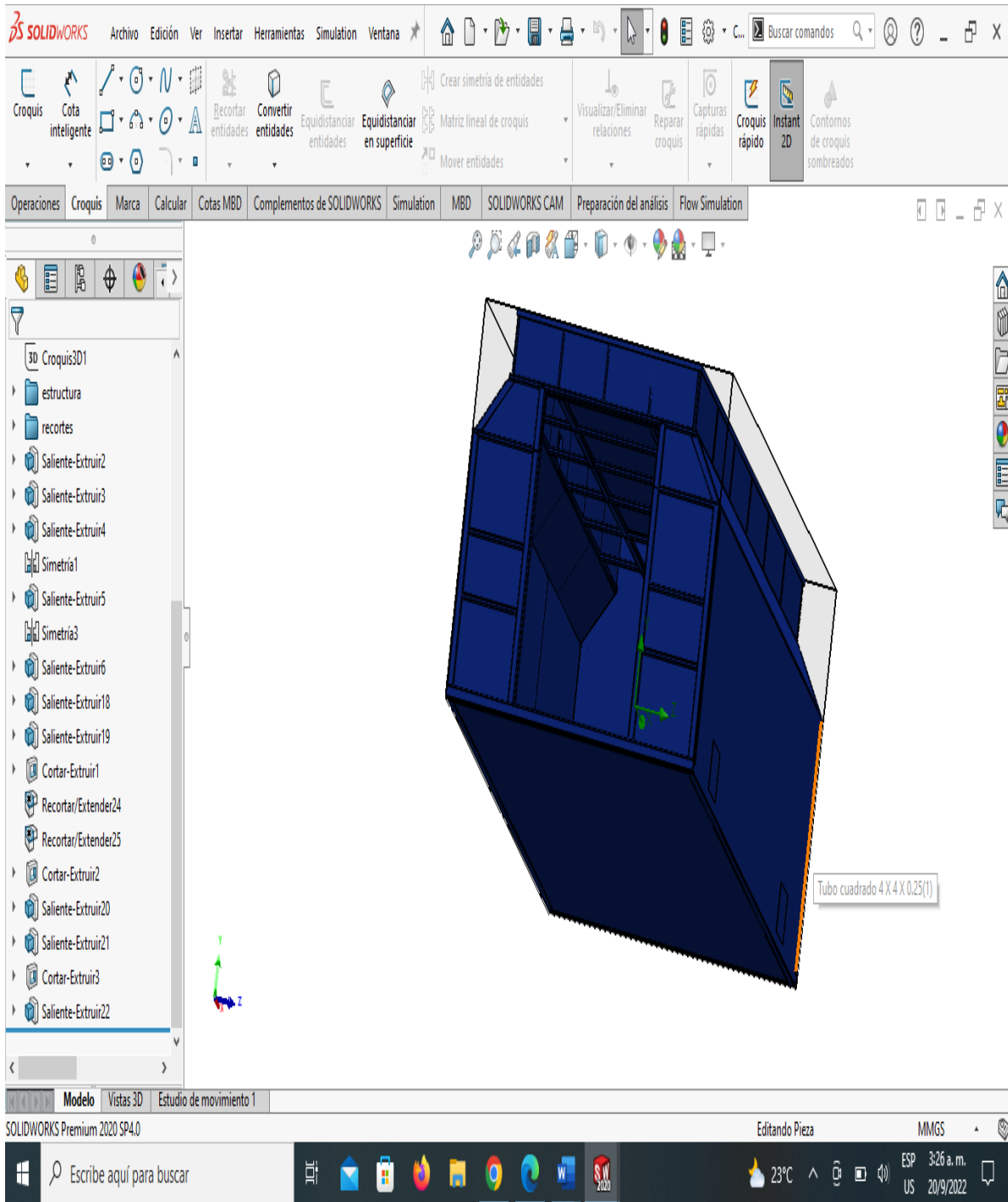


Figura 35. Cabina de pintura automotriz.

Fuente: Camacho-Parra (2022)

4.4.2 Diseño térmico

En el diseño térmico se toman diversos factores que se integran dentro del movimiento de fluidos en la cabina de pintura automotriz, así como el transporte de energía en forma de calor para lograr el secado de pintura automotriz.

✚ Potencia calorífica

$$P: \dot{m} PCI$$

Donde

$$\dot{m}: \text{Flujo masico } (\text{Kg}/\text{s})$$

$$PCI: \text{Poder calorifico interno } (\text{Kj}/\text{kg})$$

✚ Cálculo de calor requerido Q

Con frecuencia se hace referencia a las formas latente y sensible de la energía interna como calor y se habla del contenido de calor de los cuerpos. Sin embargo, en la termodinámica a esas formas de energía se les suele mencionar como energía térmica, con el fin de impedir que se tenga una confusión con la transferencia de calor. En la presente investigación, se toma en cuenta el calor sensible ya que, no hay cambio de fase apreciable en los fluidos contenido en la capa límite adyacente a la pieza.

En consideración a los factores más importante para el secado de la pieza de trabajo, es indispensable la determinación del intercambio térmico requerido para alcanzar secar la pintura automotriz de la pieza.

$$Q_{sensible} = mC_p \nabla T$$

Donde:

$$Q: \text{Intercambio termico requerido (kW)}$$

$$m: \text{Flujo masico } \left(\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right)$$

$$C_p: \text{Capacidad calorifica del fluido } (\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K})$$

$$\nabla T = \text{Diferencial de temperatura (K)}$$

$$Q_{sensible} = mC_p \nabla T$$

A continuación, se calcula el flujo másico del fluido dentro de la cabina de pintura automotriz para el secado de la pieza, se toma en cuenta que el flujo dentro de la misma corresponde al componente más volátil de la pintura, es decir, la trementina.

$$\dot{m} = \rho V_{cab}$$

Donde:

\dot{m} : Flujo másico (kg/s)

ρ : Densidad relativa del componente (Trementina) (kg/m^3)

V_{cab} = Volumen de la cabina (m^3)

$$V_{cab} = 3 \times 4 \times 6 = 72 m^3$$

$$\rho = 0,865 \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

Sustituyendo los valores pertinentes, como se obtiene:

$$\dot{m} = 62,28 \left(\frac{kg}{s} \right)$$

Ahora, con bases en las propiedades termofísicas de la trementina (Anexo A), se realiza la regresión de la regresión cuadrática de la capacidad calorífica del fluido versus la temperatura en grados Celsius.

$$Cp = 0,000006T^2 + 0,0039T + 1,7202; \quad r^2 = 1 \quad Cp = 1,9189875 \left(\frac{kJ}{kg.k} \right)$$

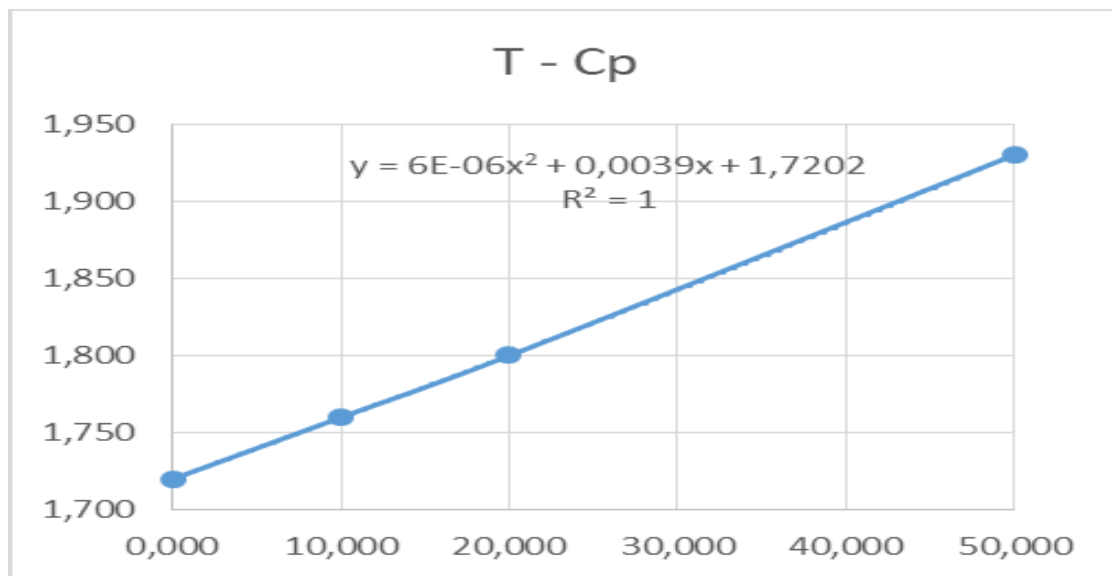


Gráfico 1. Capacidad Calorífica versus temperatura

Fuente: Camacho-Parra (2022)

Luego de haber calculado esta propiedad, es decir, la capacidad calorífica se procede a realizar el cálculo del intercambio térmico. Sabiendo que las temperaturas de operación son:

$$T_1 = 25^\circ\text{C} + 273,15 \text{ K} = 298,15 \text{ K}$$

$$T_2 = 70^\circ\text{C} + 273,15 \text{ K} = 345,15 \text{ K}$$

$$Q_{sensible} = (62,28 \text{ kg/s})(1,9189875 \text{ kJ/kg.k})(45 \text{ K}) = 5378,15437 \text{ W} = 5,378 \text{ kW}$$

El resultado obtenido es la cantidad de energía en forma de calor necesaria para el secado automotriz. Ya conocido este dato, es necesario estimar los 3 mecanismos de intercambio que participan en la transferencia de energía dentro de la cabina.

✚ Cálculo de intercambio térmico por conducción

Según Y. Cengel (2007):

En los gases y líquidos la conducción se debe a las colisiones y a la difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio. En los sólidos se debe a la combinación de las vibraciones de las moléculas en una red y al transporte de energía por parte de los electrones libres (p.18).

$$Q_{conduccion} = K_{pieza} \frac{A_{pieza}}{\Delta_x} \Delta T$$

Donde:

K_{pieza} : Coeficiente termico (W/m.K) o ($\text{W/m.}^\circ\text{C}$)

ΔT : Diferencial de temperatura (K) o ($^\circ\text{C}$)

A_{pieza} : Area de la pieza de trabajo (m^2)

Δ_x : Espesor de pintura (m)

Ahora, con bases en las propiedades termofísicas del acero (Anexo B), se realiza la regresión cuadrática del coeficiente de térmico de la pieza versus la temperatura.

$$k = 0,13 - 0,0001T; r^2 = 1 \quad k_{pieza} = 56,52404048 \text{ W/m.k}$$

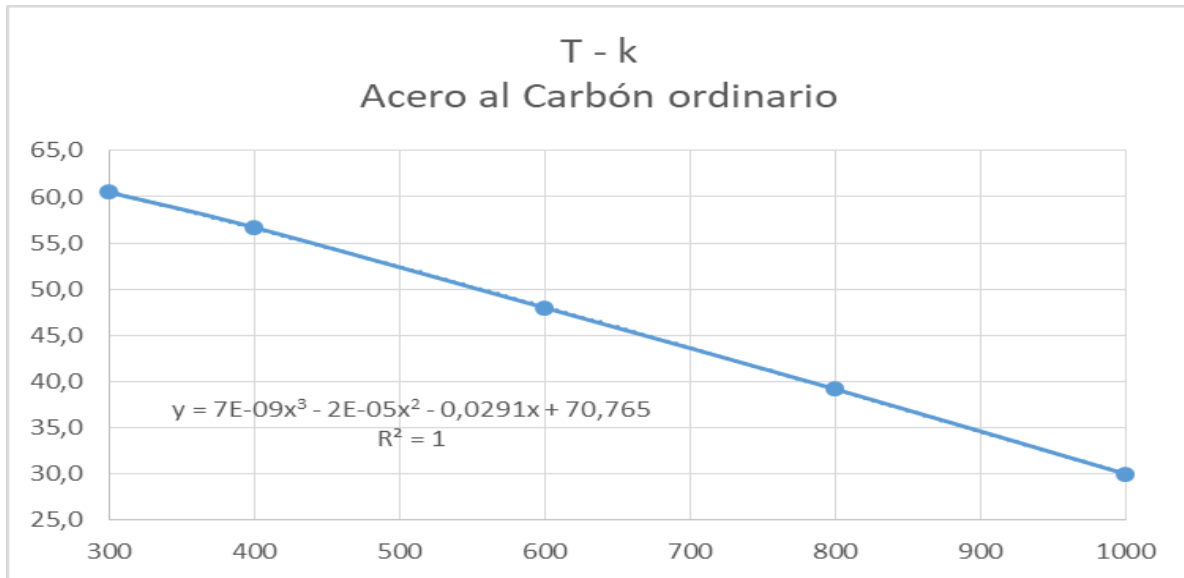


Gráfico 2. Coeficiente térmico de la pieza versus la temperatura.

Fuente: Camacho-Parra (2022)

Una vez obtenido el resultado del coeficiente térmico de la pieza, se procede a calcular el área de la misma:

$$A_{pieza} = 4 \times 3 = 12 \text{ m}^2$$

Al conocer el área de la pieza, es importante conocer el espesor de pintura para el cálculo de intercambio térmico por conducción

$$\Delta_x = 0,003 \text{ m}$$

Al obtener los datos que se necesitan para el cálculo se procede a estimar el intercambio térmico por conducción:

$$Q_{conduccion} = \frac{(56,52404048 \text{ w/m.k})(12 \text{ m}^2)(45 \text{ k})}{0,003 \text{ m}} = 10174327,2864 \text{ W}$$

🚦 Cálculo de intercambio térmico por convección

La convección recibe el nombre de convección forzada si el fluido es forzado a fluir sobre la superficie mediante medios externos como un ventilador, una bomba o el viento. Como contraste, se dice que es convección natural (o libre) si el movimiento del fluido es causado por las fuerzas de empuje que son inducidas por las diferencias de densidad debidas a la variación de la temperatura en ese fluido.

Los procesos de transferencia de calor que comprenden cambio de fase de un fluido también se consideran como convección a causa del movimiento de ese fluido inducido durante el

proceso, como la elevación de las burbujas de vapor durante la ebullición o la caída de las gotitas de líquido durante la condensación.

$$Q_{convectivo} = hA_{pieza}\nabla T$$

Donde:

h : Coeficiente de transferencia de calor por convección ($W/m.K$) o ($W/m.^{\circ}C$)

A_{pieza} : Area de la pieza de trabajo (m^2)

∇T : Diferencia de temperatura (k)

Al obtener cada uno de los datos que se toman en consideración para el cálculo de intercambio térmico por convección, se inicia el cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección:

$$h = \frac{k}{Deq} 0,023 Re_{deq}^{0,8} Pr^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$$

Donde:

k : Conductividad termica ($W/m.K$) o ($W/m.^{\circ}C$)

Deq : Diametro equivalente (m)

Re_{deq} : Reynolds referido al diametro equivalente

Pr : Numero de Prandtl

μ : Viscosidad cinematica ($Pa * s$)

μ_w : Viscosidad referida a la pared de la pieza ($Pa * s$)

Ahora, con bases en las propiedades termofisicas de la trementina (Anexo A), se realiza la regresión cuadrática de la conductividad térmica versus la temperatura.

$$k = 0,13 - 0,0001T; r^2 = 1$$

$$k = 0,12525$$

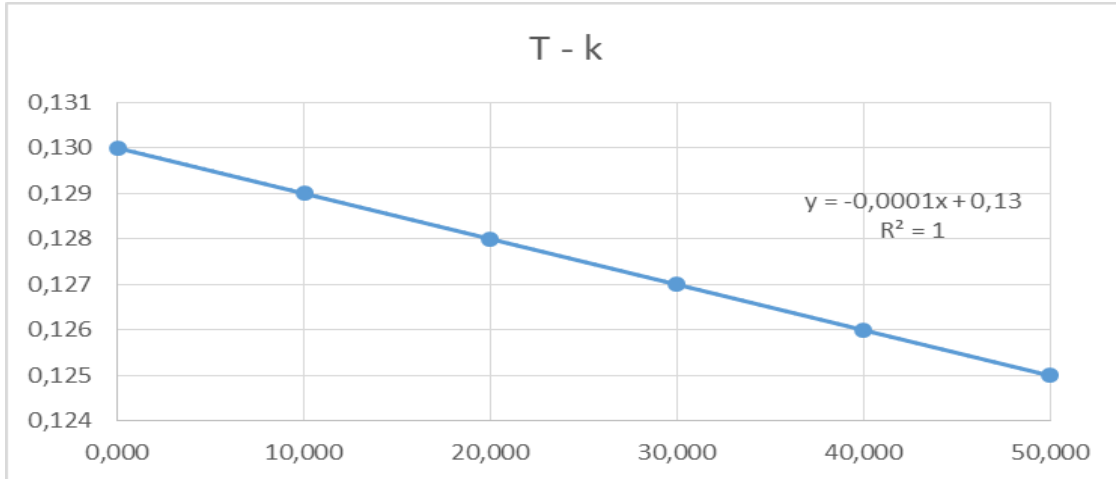


Gráfico 3. Conductividad térmica de la pieza versus temperatura
Fuente: Camacho-Parra (2022)

Al obtener el valor de la conductividad térmica de la trementina, es importante conocer los datos restantes los cuales son:

$$Re_{deq} = \frac{v}{\mu} Deq \qquad Deq = \frac{2a_{cabina}b_{cabina}}{a_{cabina} + b_{cabina}}$$

Se procede a calcular Reynolds referido al diámetro equivalente, donde se toman en cuenta los siguientes datos:

$$Deq = \frac{2a_{cabina}b_{cabina}}{a_{cabina} + b_{cabina}}$$

Donde:

a: Altura de la cabina de pintura (m)

b: Base de la cabina de pintura (m)

$$Deq = \frac{2a_{cabina}b_{cabina}}{a_{cabina} + b_{cabina}} = \frac{2(3m)(4m)}{3m + 4m} = \frac{24 m^2}{7 m} = 3,42857 m$$

Luego de obtener Diámetro equivalente, se procede a calcular Reynolds referido al diámetro equivalente, la cual es:

$$Re_{deq} = \frac{\bar{v}}{\nu} Deq$$

Donde:

Re_{deq} : Reynolds referido en el diámetro equivalente

\bar{v} : Velocidad del fluido

v : Viscosidad cinemática

Deq : Diámetro equivalente

En el **anexo A** se observa las propiedades termofísicas de la trementina, se tiene que la viscosidad cinemática es:

$$v = 0,59 \text{ mm}^2/\text{s} = 0,00000059 \text{ m}^2/\text{s}$$

Una vez conocida cada uno de los datos para calcular el Reynolds referido al diámetro equivalente:

$$Re_{deq} = \frac{\bar{v}}{v} Deq = \frac{2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,00000059 \text{ m}^2/\text{s}} (3,42857 \text{ m}) = 14527838,98$$

Por otra parte, el número de Reynolds es un número adimensional que relaciona varias fuerzas del fluido, causando cambios fenomenológicos en cuanto transporte de momento y energía, es decir, tiene una relación de las fuerzas cinéticas y viscosas en un diámetro de intercambio transportando energía a través de un diámetro equivalente. Una vez conocido lo antes mencionado se determinó que el fluido experimenta un régimen de flujo turbulento.

Número Adim.	Régimen	Régimen	Régimen
Froude $F = u/c_{rd}$	<i>Subcrítico</i> $F < 1$	<i>Crítico</i> $F = 1$	<i>Supercrítico</i> $F > 1$
Reynolds $Re = ud/\nu$	<i>Laminar</i> $Re < 1000$	<i>Transición</i> $1000 < Re < 3000$	<i>Turbulento</i> $Re > 3000$
Reynolds modificado $Re = Re/2S_0$	<i>Laminar</i> $Re < 1000$	<i>Transición</i> $1000 < Re < 3000$	<i>Turbulento</i> $Re > 3000$

Figura 36. Clasificación de régimen de fluidos

Fuente: http://ponce.sdsu.edu/zucarelli_morresi.pdf

Se calcula el coeficiente de transferencia de calor por convección al conocer los datos:

$$h = \frac{k}{Deq} 0,023 Re_{deq}^{0,8} Pr^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

Se procede a conocer el número de Prandtl, con bases en las propiedades termofísicas de la trementina (**Anexo A**) se realiza la regresión cuadrática del número Prandtl versus la temperatura:

$$Pr = -0,00009T^3 + 0,0111T^2 - 0,6314T + 29,748; r^2 = 0,9995$$

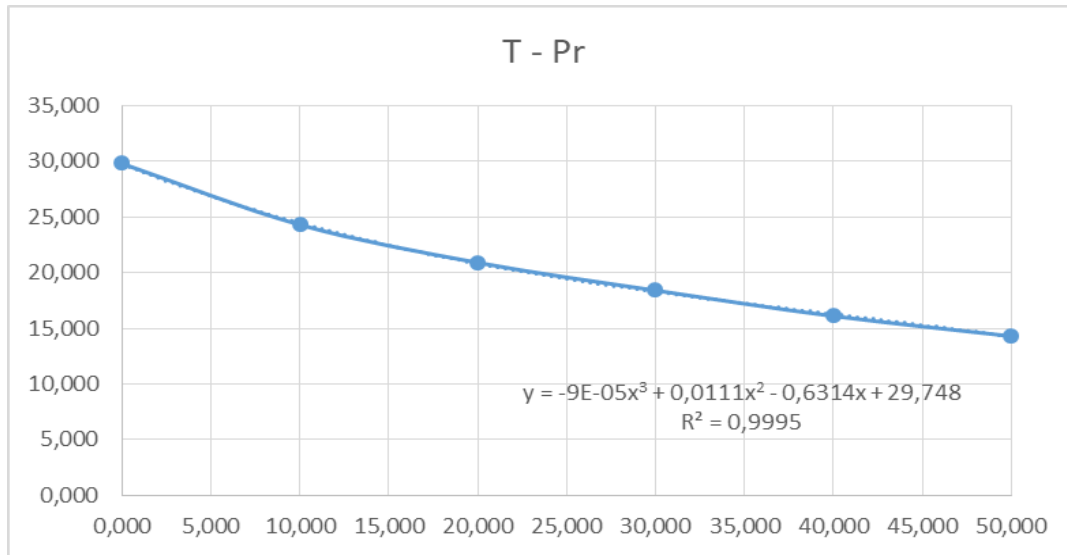


Gráfico 4. Numero de Prandtl versus temperatura

Fuente: Camacho-Parra (2022)

Una vez determinado el número de Prandtl, se procede a conocer la viscosidad en base a las propiedades termofísicas de la trementina mediante una regresión cuadrática de viscosidad versus temperatura: $\mu = -0,0000007T^3 + 0,00005T^2 - 0,0047T + 0,2231$; $r^2 = 0,9989$

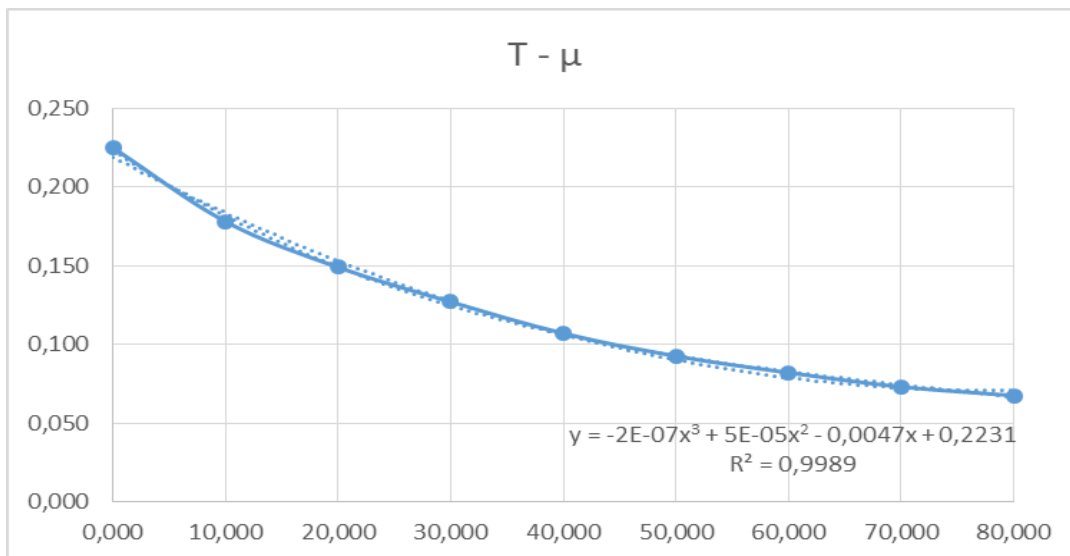


Gráfico 5. Viscosidad versus temperatura

Fuente: Camacho-Parra (2022)

$$h = \frac{0,12525}{3,42857 \text{ m}} (0,023)(14527838,98)^{0,8} (0,9995)^{1/3} \left(\frac{0,096125}{0,074}\right)^{0,14}$$

$$h = 1147,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Al obtener el coeficiente de transferencia de calor por convección se procede a calcular el intercambio térmico por convección, la cual es:

$$Q_{convectivo} = hA_{pieza}\nabla T$$

$$Q_{convectivo} = (1147,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K})(12\text{m}^2)(45\text{K}) = 309,7555 \times 10^3 \text{ kW}$$

✚ Calor por intercambio de radiación

La transmisión de calor por radiación se caracteriza porque la energía se transporta en forma de ondas electromagnéticas, que se propagan a la velocidad de la luz. El transporte de energía por radiación puede verificarse entre superficies separadas por el vacío.

Según Cengel, Y. (2007):

La radiación es un fenómeno volumétrico y todos los sólidos, líquidos y gases emiten, absorben o transmiten radiación en diversos grados. Sin embargo, la radiación suele considerarse como un fenómeno superficial para los sólidos que son opacos a la radiación térmica, como los metales, la madera y las rocas, ya que las radiaciones emitidas por las regiones interiores de un material de ese tipo nunca pueden llegar a la superficie, y la radiación incidente sobre esos cuerpos suele absorberse en unas cuantas micras hacia adentro de dichos sólidos (pg.28).

La ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$Q_{radiacion} = \varepsilon A_{resistencia} \sigma (T_2^4 - T_1^4)$$

Donde:

ε : Emisividad

$A_{resistencia}$: Area de la resistencia (generador de poder calorifico)(m^2)

σ : Constante de Stephen Boltzman ($\text{kW/m}^2\text{k}^4$)

T : Temperatura (K) o ($^{\circ}\text{C}$)

$a_{resistencia}$: 175 mm

$b_{resistencia}$: 310 mm

En el **anexo C** se observan las características de las resistencias eléctricas o baterías de almacenamiento.

$$Q_{radiacion} = \varepsilon A_{resistencias} \sigma (T_2^4 - T_1^4)$$

$$Q_{radiacion} = (1)(0,532m^2) (5,67E - 05 \text{ KW}/m^2 \cdot k^4) (343,15^4 - 298,15^4)K$$

$$Q_{radiación} = 18.343,50 \text{ kW}$$

Ya que a partir que las resistencias se ponen en operación los factores externos y de ubicación de la cabina, tienden a ensuciarse causando que el material de las resistencias se vuelva un cuerpo opaco por factores antes mencionados, repercutiendo en que la emisividad se reduzca desde un valor de diseño ideal a uno de operación estacionario.

Pérdidas de calor en los ductos

Conocido los mecánicos de transferencia de calor, se procede a calcular las pérdidas de calor en los ductos. Se conoce la ecuación de Fourier:

$$Q = \frac{k A (T_2 - T_1)}{L}$$

Donde:

K: Conductividad termica ()

A: Area a cubrir del ducto(m²)

L: Espesor del material (in)

T: Temperatura (K)

En el anexo D se conoció el espesor de la lana mineral (aislante). Se recalca que se puede seleccionar un espesor de aislante menor a 3 in, en este caso se sobredimensiona el aislante a 3 in o 0,0762 m.

$$L = 3 \text{ in} = 0,07632 \text{ m}$$

En el **anexo E** se observó que las conductividades térmicas varían según su temperatura. Se debe recordar que en el ambiente se opera en los rangos de 60°C-70°C. Se procede a interpolar:

$$y = y_o + \frac{y_1 - y_o}{x_1 - X_o} (x - x_o)$$

$$y = (0,048) + \frac{0,063 - 0,048}{93,3 - 37} (70 - 37)$$

$$y = 0,056 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$$

Una vez obtenido los datos pertinentes, se produce a efectuar la ecuación:

$$Q = \frac{k A(T_2 - T_1)}{L}$$

$$Q = \frac{(0,056 \text{ W/m.}^\circ\text{C}) (0,532 \text{ m}^2)(45^\circ\text{C})}{0,0762 \text{ m}} = 17,59 \text{ W}^\circ\text{C}$$

✚ Pérdidas de calor en las paredes

$$Q = \frac{k A(T_2 - T_1)}{L}$$

$$Q = \frac{(0,056 \text{ W/m.}^\circ\text{C}) (12 \text{ m}^2)(45^\circ\text{C})}{0,0762 \text{ m}} = 396,85 \text{ W}^\circ\text{C}$$

✚ Selección de Resistencia Eléctrica (Batería Recargable Rectangulares)

En base al resultado obtenido mediante el cálculo de calor requerido, se procedió a la selección de la resistencia eléctrica de 5kW, ya que genero el calor necesario para el secado de la pintura automotriz. Las baterías eléctricas de hilo al aire están formadas por una carcasa de chapa galvanizada y vienen equipadas con resistencias eléctricas de hilo al aire. Incluyen también un termostato de seguridad automático y un limitador de temperatura de rearme manual para garantizar un correcto funcionamiento. Para los modelos de mayor potencia, la batería eléctrica tiene unos refuerzos en el bastidor destinados a garantizar su robustez bajo las condiciones. (Ver figura 37)

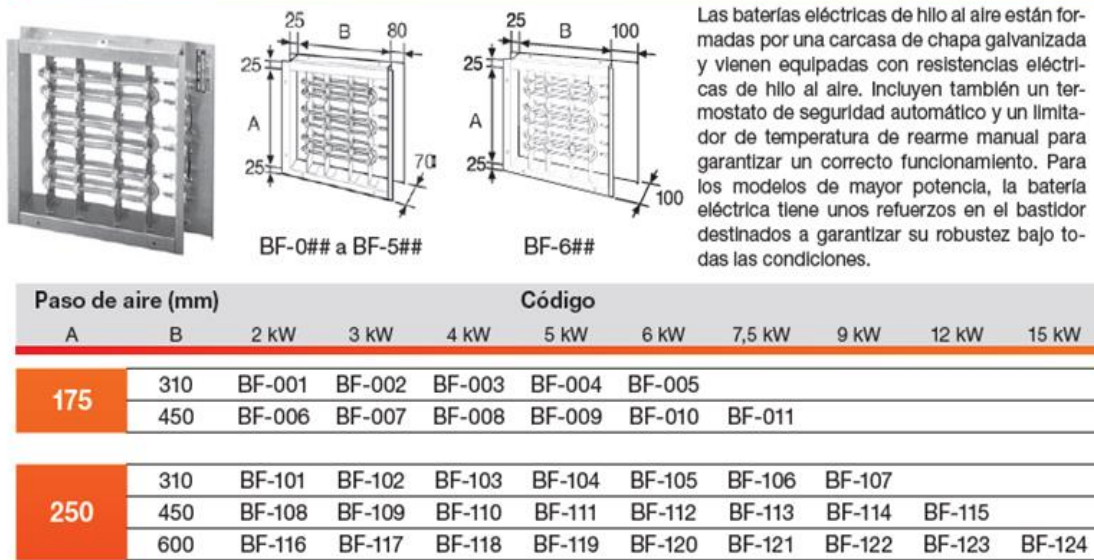


Figura 37. Baterías Recargables Rectangulares (Resistencia Eléctrica)
 Fuente: http://www.resistenciasasturgo.com/catalogo2021/Catalogo-ResistenciasAsturgo-2021_online.pdf

Selección de extractores

SVE/PLUS/EW






E.C. TECHNOLOGY
CON VSD INTEGRADO

Extractores en línea para conductos, con bajo nivel sonoro montados dentro de una envolvente acústica de 40 mm de aislante acústico fonoabsorbente

Ventilador:

- Envolvente acústica recubierta de material fonoabsorbente.
- Todos los modelos equipados con turbina a reacción.
- Bridas normalizadas en aspiración e impulsión, para facilitar la instalación en conductos.
- Equipados con tapa registro abatible.
- Pies soporte integrados en la caja, que facilitan su montaje.
- Dirección aire sentido lineal.
- Velocidad ajustable mediante un potenciómetro incorporado de 10 kΩ MTP010, o una señal exterior de 0-10 V

Motor:

- Monofásicos 200-240 V 50/60 Hz, protección IP54. Excepto modelo SVE/PLUS/EW-400/H,

- Temperatura máxima del aire a transportar: -25°C + 60 °C. Excepto modelo SVE/ PLUS/ EW-200/H, -25°C +45°C.
- Motores de rotor exterior E.C. Technology, de alta eficiencia y variador de velocidad integrado controlado mediante señal 0-10 V.

Acabado:

- Anticorrosivo en chapa de acero galvanizada



Figura 38. Extractor en línea SVE/PLUS/EW
 Fuente: E.C.Technology

Características técnicas

	Velocidad (rpm)	Intensidad máxima admisible 230V (A)	Potencia eléctrica máx. (kW)	Caudal máximo (m ³ /h)	Nivel presión sonora a 50% de velocidad máx* dB(A)	Peso aprox. (Kg)	According ErP
SVE/PLUS/EW-100/H	3200	0,75	0,083	450	38	11	2018
SVE/PLUS/EW-125/H	3200	0,75	0,083	500	36	11	2018
SVE/PLUS/EW-150/H	3200	0,75	0,083	545	33	11	2018
SVE/PLUS/EW-160/H	3200	0,75	0,083	585	31	11	2018
SVE/PLUS/EW-200/H	3230	1,40	0,168	895	36	14	2018
SVE/PLUS/EW-250/H	2510	1,40	0,170	1140	38	14	2018
SVE/PLUS/EW-315/H	1525	1,20	0,150	1800	29	23	2018
SVE/PLUS/EW-350/H	1250	1,40	0,168	2475	35	32	2018
SVE/PLUS/EW-400/H	1170	1,10	0,250	3080	38	39	2018

*Nivel de presión sonora irradiada en dB(A) a 1,5 m de distancia a caudal máximo.

Figura 39. Características técnicas de extractor en línea SVE/PLUS/EW-100H

Fuente: E.C.Technology

Dimensiones mm

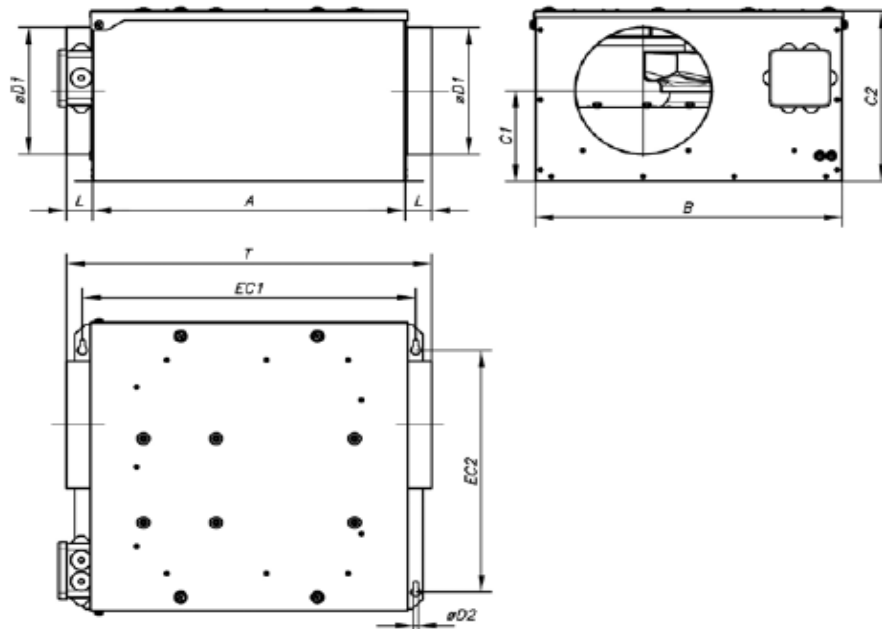


Figura 40. Dimensiones de extractor en línea SV/PLUS/EW-100H

Fuente: E.C.Technology

	A	B	C1	C2	øD1	L	øD2	EC1	EC2	T
SVE/PLUS/EW-100/H	380	380	174,5	255	100	37,5	7	405	305	455
SVE/PLUS/EW-125/H	380	380	164,5	255	125	37,5	7	405	305	455
SVE/PLUS/EW-150/H	380	380	160	255	150	37,5	7	405	305	455
SVE/PLUS/EW-160/H	380	380	155	255	160	37,5	7	405	305	455
SVE/PLUS/EW-200/H	460	450	140	265	200	37,5	7	485	380	535
SVE/PLUS/EW-250/H	460	450	165	310	250	52,5	7	485	380	565
SVE/PLUS/EW-315/H	565	540	210	390	315	57,5	9	595	440	680
SVE/PLUS/EW-350/H	650	600	265	465	350	57,5	9	680	525	765
SVE/PLUS/EW-400/H	650	680	280	500	400	80	9	680	600	810

Figura 41. Valores dimensionales de extractor en línea SV/PLUS/EW-100H

Fuente: E.C.Technology

🔧 Selección de ventilador

CBD/EW CBD/B/EW

Ventiladores centrífugos de doble aspiración con motor directo y turbina con álabes hacia delante, de alta eficiencia, equipados con motor E.C. Technology y electrónica integrada

Ventilador:

- Envoltorio en chapa de acero galvanizado.
- Turbina con álabes hacia delante, en chapa de acero galvanizado.
- Velocidad ajustable mediante señal 0-10 V o control automático integrado
- CBD/B/EW: con brida de impulsión.

Motor:

- Nuevos motores EC síncronos de alta eficiencia (IE4). Equipados con imanes de neodimio de alta intensidad.
- Conjunto compacto de motor y electrónica integrada que facilitan el paso del flujo de aire.
- Motor de alta fiabilidad y sin mantenimiento.

Equipados con rodamientos a bolas de larga duración.

- Protección IP54.
- Electrónica altamente configurable con 2 entradas analógicas, 2 entradas digitales, 1 salida de relé y 1 salida analógica o digital a seleccionar.
- Posibilidad de conexión a buses de campo MODBUS y CAN Open.
- Disponibles con entrada monofásica 220-240 V 50/60 Hz (VSD1/B) o trifásica 380-415 V 50/60 Hz (VSD3/B).
- Temperatura de trabajo ventilador: -25 °C +60 °C.

Acabado:

- Anticorrosivo en chapa de acero galvanizado.

Figura 42. Ventilador centrífugo CBD/EW

Fuente: E.C.Technology

Características técnicas

	Equivalencia Pulgadas	Velocidad min/max (rpm)	Intensidad máx. admisible (A)		Potencia eléctrica máxima (W)	Caudal máximo min/max (m3/h)	Nivel presión sonora (dBA)	Peso aprox. (Kg)	According ErP
			230 V	400V					
CBD/EW-1919-4 1/5	7/7	300 / 1410	2,13	0,62	260	325 / 1520	25 / 59	7,0	2020
CBD/EW-1919-6 1/10	7/7	300 / 960	1,17	0,34	140	385 / 1230	28 / 53	7,0	Excluded
CBD/EW-2525-4 1/2	9/9	300 / 1410	3,96	0,93	450	595 / 2800	32 / 66	13,2	2020
CBD/EW-2525-4 1	9/9	300 / 1410	7,94	1,87	905	765 / 3600	36 / 70	14,0	2020
CBD/EW-2525-6 1/3	9/9	300 / 960	2,93	0,68	330	845 / 2700	37 / 62	12,7	2020
CBD/EW-2828-4 1/2	10/10	300 / 1410	3,96	0,93	450	595 / 2800	31 / 65	15,7	2020
CBD/EW-2828-4 1	10/10	300 / 1410	7,94	1,87	905	840 / 3950	36 / 70	16,5	2020
CBD/EW-2828-6 1/3	10/10	300 / 960	2,93	0,68	330	1000 / 3200	37 / 62	15,2	2020
CBD/EW-3333-6 1	12/12	300 / 960	8,32	1,96	955	1875 / 6000	46 / 71	24,0	2020
CBD/EW-3333-6 1 1/2	12/12	300 / 960	11,51	2,71	1325	2440 / 7800	50 / 75	24,5	2020

Figura 43. Características técnicas de ventilador centrífugo CBD/EW-1919.1/5

Fuente: E.C.Technology

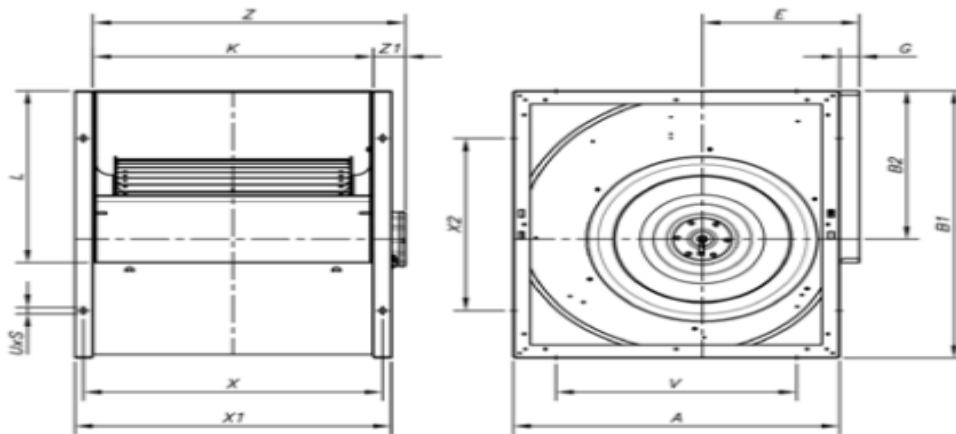


Figura 44. Dimensiones de ventilador centrifugo CBD/EW-1919.1/5
Fuente: E.C.Technology

	Equiv. pulg.	A	B1	B2	E	G	K	L	UxS	V	X	x1	x2	Z1	Z
CBD/EW-1919	7/7	315	333	189	152	30	230	208	9x13	225	258	290	175	70	300
CBD/EW-2525	9/9	380	400	218	183	30	300	263	9x13	275	328	360	214	57	357
CBD/EW-2828	10/10	422	450	246	202	30	326	292	9x13	315	352	386	254	45	371
CBD/EW-3333	12/12	493	526	290	230	25	387	345	18x9	390	415	447	324	70	457

Figura 45. Valores de las dimensiones ventilador centrifugo CBD/EW-1919.1/5
Fuente: E.C.Technology

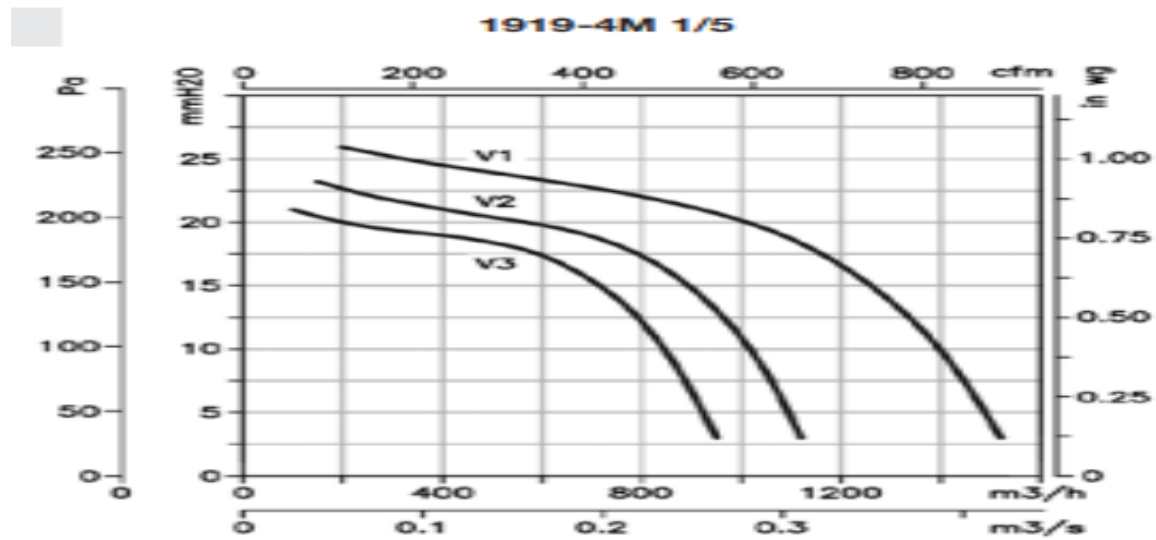


Figura 46. Curvas características de la Presión versus Caudal
Fuente: E.C.Technology

4.4.3 Diseño fotovoltaico

Luego de conocer el diseño térmico de la cabina de pintura automotriz para el secado de los autos, se realiza un análisis de la radiación solar en Venezuela para el conocimiento de la situación y tomar ventajas de ella para el uso de los paneles solares.

Respecto al Análisis de los datos de la radiación solar, en este punto, se tomó en consideración radiación solar global diaria media sobre Venezuela y lo establecido por la revista Sembrando Luz, publicada por FUNDELEC (2012), citada por Padilla (2017), donde resalta, que: “Venezuela por su ubicación geográfica y riqueza en fuentes y recursos naturales, cuenta con un valioso potencial para el aprovechamiento de las energías renovables en especial en los campos solar, hidroeléctrico y eólico con alto potencial de aprovechamiento” (p. 103).

Es decir que en el país por tener una ubicación geográficamente estratégica se puede aprovechar el potencial de la energía solar para solucionar los problemas energéticos que se presentan en la actualidad. Dicho potencial se ve reflejado en la figura que se muestra a continuación:

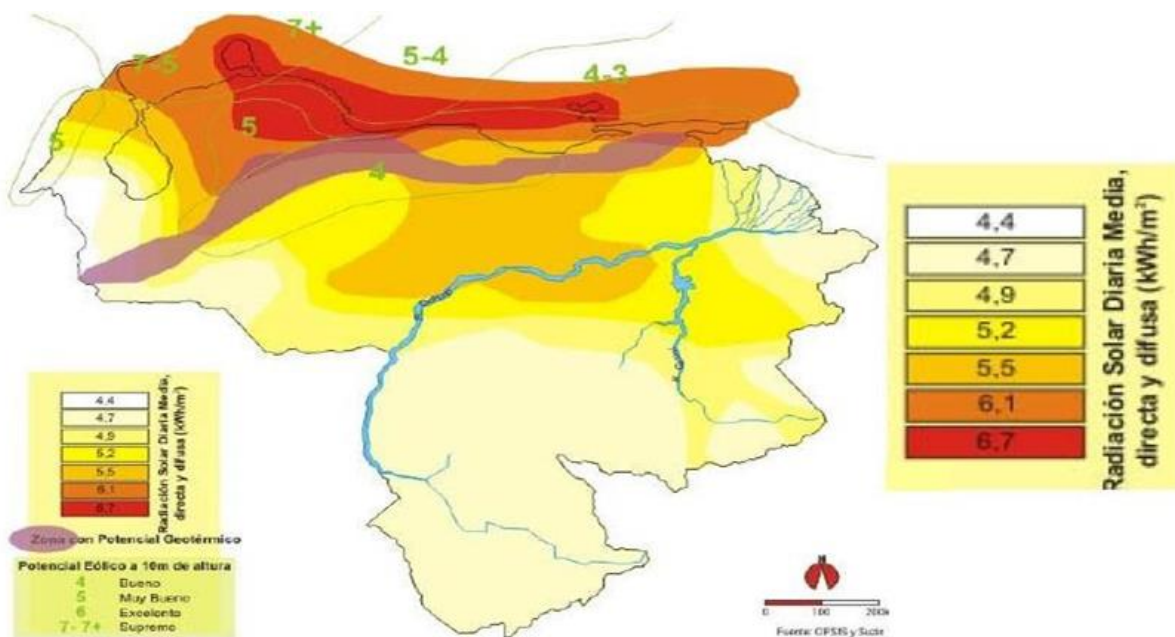


Figura 47. Mapa radiación solar global diaria media sobre Venezuela
Fuente: Hernández, Serafín y Viggiani (2012, p.11)

Tomando en consideración la ubicación geográfica estratégica de Venezuela y su cercanía con el Ecuador, la incidencia solar es constante y fuerte durante todo el periodo del año, y de acuerdo a la Figura 47, donde se percibe que la radiación solar media diaria directa y difusa en

kwh/m², tiene una insolación diaria promedio de 5,5 horas solar pico HSP, energéticamente aprovechables las cuales no poseen muchas variaciones durante el año, y en el caso de la zona de estudio, de acuerdo a las estimaciones de la Agencia de Administración Espacial, NASA, esta es de 5,48 kWh/m² día.

Posteriormente se presentara una tabla representativa del comportamiento de la radiación solar en Venezuela y conozcamos el potencial que tiene dicho país para poseer y/o trabajar con energía sustentable.

Tabla 8. Comportamiento de la radiación solar en Venezuela

	Enero	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
NorOriente	6,09	6,66	7,24	7,14	6,81	6,67	6,89	7,04	6,96	6,5	5,89	5,71
Oriente	5,04	5,34	5,79	5,74	5,37	5,05	5,14	5,33	5,52	5,29	4,88	4,79
Oriente 2	5,05	5,48	5,85	5,79	5,32	5,08	5,2	5,43	5,61	5,48	5,09	4,88
San Carlos	5,29	5,5	5,64	5,05	4,68	4,55	4,8	4,97	5,12	4,95	4,8	4,87
Lara	5,19	5,43	5,73	5,2	5,22	5,61	5,83	5,84	5,57	5,09	4,9	4,83
Falcón E.	5,19	5,61	6,1	5,77	5,66	5,86	6,05	6,13	5,85	5,27	4,95	4,82
Falcón W	5,91	6,46	6,93	6,61	6,37	6,53	6,85	7,01	6,56	5,96	5,66	5,45
Zulia N	5,21	5,68	6,1	5,85	5,66	6,03	6,22	6,12	5,64	5,2	4,91	4,88

Promedio
Anual(KWh/m2/año)

NorOriente	2419,95
------------	---------

Oriente	1923,55
---------	---------

Oriente 2	1952,75
-----------	---------

San Carlos	1828,65
------------	---------

Lara	1960,05
------	---------

Falcón E	2044
----------	------

Falcón W	2317,75
----------	---------

Zulia N	2051,3
---------	--------

Fuente: Hernández, Serafín y Viggiani

Adicionalmente se anexa la tabla 9, donde se logra visualizar la clasificación de radiación solar que con ella se puede seleccionar los sectores más adecuados para el uso de los paneles solares, obteniendo unas mayores eficiencias de los equipos para el suministro de energía en la cabina de pintura automotriz.

Tabla 9. Clasificación de potencial Voltaico

POTENCIAL FOTOVOLTAICO	
Radiación solar Kwh/m²día	Clasificación
< 4,7	Marginal
4,7 a 4,9	Regular
4,9 a 5,2	Bueno
5,2 a 5,5	Excelente
5,5 a 6,1	Premium
>6,1	Supremo

Fuente: La cruz, E. (2005)

Cálculos de dimensiones básicas para la instalación

Es importante resaltar que inicialmente se tenía previsto utilizar el programa FV -Expert, por ser una herramienta de gran utilidad para el análisis, el cálculo y el dimensionado básico de instalaciones fotovoltaicas, tanto autónomas como conectadas a red. No obstante dadas las limitaciones de los servicios públicos, hubo que realizar los cálculos de manera tradicional.

✚ Demanda eléctrica diaria proyectada

Tabla 10. Demanda eléctrica diaria

Área	Nombre equipo eléctrico	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Total (W)	Horas Uso (Día)	Energía (Wh)	Energía (Kw/h/Día)
Generadores de calor	Baterías eléctricas rectangulares	1	2kW	2kW	8	16kw	0.016
Ventilación	Ventiladores	1	260	260	8	2080	2,08
Ventilación	Extractores	2	0,000083	0,000166	8	0,001328	0,00000133
Iluminación	Tubo led T8 SMD2835 marca Epistar	30	35	1225	8	9,8kW	0,0098
Compresor de aire	Compresor de aire	1	2kW	2kW	8	16kW	0,016
Total		19	4295,0001	5485	8	43880,001	2,1218
Total (V)			594,875	759,6953	8		

Fuente: Camacho-Parra (2022)

✚ Porcentaje de incidencia del recurso solar

- ✓ Promedio más desfavorable: Junio 4,75 kWh/m²día (HPS = 4,75h)
- ✓ Promedio insolación anual: 5,5 kWh/m²día.
- ✓ Inclinación 35° sur (directamente hacia el Sol)
- ✓ Temperatura promedio: Máxima 37°C, Mínima 30°C
- ✓ Promedio días consecutivos sin Sol: 17,26 días

✚ Hora Solar Pico (HSP)

$$\text{HSP} = 4750 \text{ kWh/m}^2 / 1000 \text{ kWh/m}^2 = 4,75$$

$$\text{HSP} = 5 \text{ h}$$

✚ Densidad energética fotovoltaica

$$\rho_{\text{Pfv}} = [(4,75 \text{ kWh/m}^2 * 1000 \text{ kWh/m}^2) / 24\text{h}] = 197,92 \text{ Wm}^2$$

✚ Energía diaria de generación eléctrica

$$E = [(\text{consumo diario}) / (\text{n.cableado} * \text{n.carga de batería} * \text{n. inv})] * F_s$$

Donde:

Consumo diario= 43,880 kWh/día

n.cableado= 95%

n.carga de batería= 80%

n.inv= 90%

Fs Es un factor de seguridad (1,15), que se aplica por comprender que en la zona existen más de 4 días sin sol, de allí que se recomiende un factor más alto 1,25.

$$E = [43,880 / (0,95 * 0,80 * 0,90)] * 1,25 \quad E = (43,880 / 0,684) * 1,25$$

$$E = 80,19 \text{ kW/día}$$

.Características del sistema fotovoltaico

Con los datos anteriormente determinados se puede establecer las características que tiene que cumplir el sistema fotovoltaico

- **Energía total:** 80,19 kW/día
- **Carga instalada:** 5485,000166 W
- **Voltaje nominal del sistema:** 24V
- **Degradación del sistema:** 10%
- **Carga futura:** 10%

Capacidad necesaria

En este paso se determina la cantidad de energía generada por el sistema hora-día, la cual es expresada en amperios hora, y que se define como una unidad de intensidad eléctrica que indica la cantidad de energía que llega a los terminales de una batería. Es decir, es la cantidad de electricidad que puede almacenar durante la carga y devolver durante la descarga. Para esto se debe tomar en cuenta la tensión nominal del panel solar, que refleja los valores para los cuales está diseñado sin que sufra daños en sus componentes.

Capacidad necesaria = (Energía total / Voltaje nominal del sistema)

Capacidad necesaria = (80,19 kW/día) / 48V

Capacidad necesaria = 1,67 Ah/día

✚ Capacidad efectiva

$$\text{Capacidad efectiva} = [\text{capacidad necesaria} / (1 - \text{degradación del sistema})]$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 1,67 / 0,90$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 1,856 \text{ Ah/ día}$$

✚ Capacidad total

$$\text{Capacidad total} = \text{capacidad efectiva}(1 - \text{carga futura})$$

$$\text{Capacidad total} = \frac{1,856}{0,90}$$

$$\text{Capacidad total} = 2,0625 \text{ Ah/día}$$

✚ Cálculo del área donde se pretenden colocar las celdas fotovoltaicas

El lugar destinado para colocar los paneles solares consta con las siguientes dimensiones:

$$\text{Área} = \text{ancho} * \text{largo}$$

$$\text{Área} = 6 \text{ m} * 6 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 36 \text{ m}^2$$

Se calcula el espacio necesario para el uso de los paneles solares, el modelo seleccionado fue el SG350P, (Ver anexo), los cuales pueden adquirirse en empresa SAGET ubicada en la ciudad de Valencia, estado Carabobo, y quienes son distribuidores autorizados de los productos PEIMAR, fabricante de dichos paneles.(ver tabla 11)

Tabla 11. Medidas modelo SG350P

Largo (cm)	Ancho (cm)	Área
195,6	99,2	19403,52 cm ²

Fuente: Catálogo de la empresa italiana PEIMAR

Ahora bien, una vez calculadas las dimensiones del panel solar, se debe conocer el número de paneles necesarios para la instalación fotovoltaica en el caso estudio, para estos efectos es indispensable conocer tanto el rendimiento de trabajo como la potencia pico del módulo. En relación al primero de estos, se toma en consideración las posibles pérdidas ocasionadas por el deterioro y/o ensuciamiento de los paneles fotovoltaicos, los cuales normalmente oscilan entre 0,7 y 0,80.

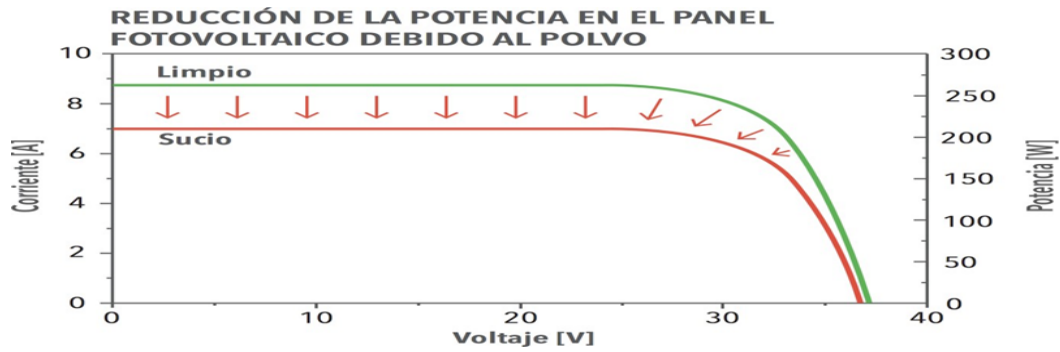


Figura 48. Curvas de dos módulos fotovoltaicos

Fuente: <https://www.phineal.com/el-polvo-enemigo-silencioso-de-la-energia-solar/>

Por otra parte, el rendimiento del producto fotovoltaico panel modelo SG350P se muestra características eléctricas ofrecidas por el proveedor, en este se puede observar potencia pico que posee el modelo seleccionado. (Ver tabla 12)

Tabla 12. Características técnicas de panel solar SG350P

Características eléctricas	SG350P
Potencia de pico (Max)	350W
Tolerancia de potencia	0%/+5W
Tensión a Pmax (Vmp)	38,7V
Corriente a Pmax (Imp)	9,5
Tensión de circuito abierto (Voc)	47,22V
Corriente de corto circuito (Isc)	9,68A
Tensión máxima del sistema	1500V
Máximo valor nominal del fusible	15A
Eficiencia del módulo	18,04%

Fuente: https://www.peimar.com/datasheet/Peimar_ESP_SG350P.pdf

✚ Cálculo del número de paneles solares fotovoltaicos

$$N_{dm} = [\text{Energía necesaria} / (\text{HSP} * \text{Rendimiento del trabajo} * \text{Potencia pico})]$$

$$N_{dm} = [5,485 \text{Kwh/día} / (4,75 * 0,80 * 350)]$$

$$N_{dm} = (5485,000166 / 1330)$$

$$N_{dm} = 4,124 \text{ paneles}$$

Ndm = 4 paneles

Se sobre evalúa las condiciones tomando una selección un total de cinco (5) paneles solares.

Estructura reforzada para cubiertas planas

Este tipo de estructura (ver figura 49 y 50) es diseñada con la finalidad de ser instalada tanto en suelo como en una cubierta plana, en su fijación se utilizan contrapesos o zapatas para evitar el movimiento de la estructura con el viento. Se dice que es “reforzada” porque en ella se disponen de triángulos de aluminio completos y ángulos cruzados entre dichos triángulos que ofrecen una rigidez superior a otras estructuras del mercado. Generalmente son utilizadas para la instalación de módulos fotovoltaicos que contengan entre 60 o de 72 células y con inclinación de 30°. Este tipo de estructura podría utilizarse también en cubiertas inclinadas utilizando el sistema de salvateja o varilla roscada



Figura 49. Estructura reforzada para cubiertas planas.

Fuente: <https://atersa.shop/tipos-de-estructuras-para-paneles-solares/>

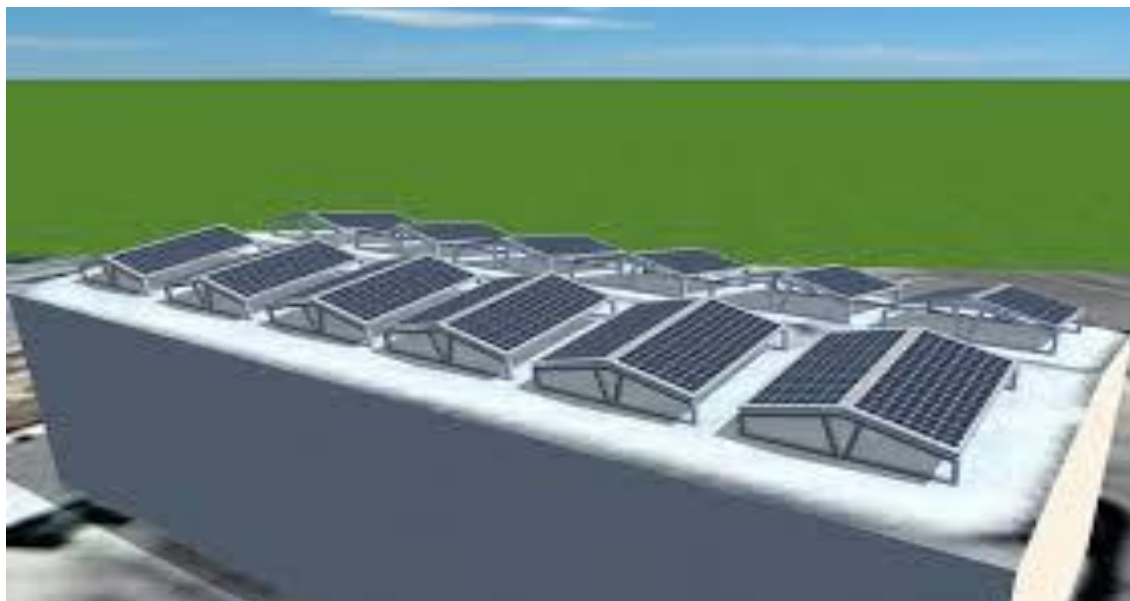


Figura 50. Disposición de paneles solares

Fuente: <https://enchufesolar.com>

✚ Comparación de paneles solares

Tabla 13. Comparación de paneles solares

COMPARACIÓN DE PANELES SOLARES		
SG350P	SG330P	SG290P(BF)
350(W)	330(W)	290(W)
		

Fuente: Camacho-Parra (2022)

Una vez hecho la comparación de los paneles solares en base a su potencia podemos notar, 350W es lo más ideal para el suministro de energía. Es importante aclarar que, el conjunto de paneles solares en una suma de serie, donde se obtuvo números favorables para su uso.

Banco de acumulación

El banco o bloque de acumulación está integrado por el cargador de baterías o controlador de carga, además del banco de baterías, para su determinación hay que considerar las funciones que tienen cada uno de sus componentes, el primero de ellos tiene como función recibir la energía del bloque de generación y cargar correctamente las baterías con ella, para su buen funcionamiento es importante, que no se realicen sobrecargas y/o sobre descargas de las baterías, pues las mismas pueden ocasionar accidentes, tales como; incendio por cortocircuito o explosión, que inciden significativamente en la vida útil de este.

En relación al banco de baterías por lo general este es diseñado en serie-paralelo de acumuladores conectados de forma que su tensión y corriente de salida sean los requeridos por el controlador y el bloque de carga. Cabe resaltar que en el caso de sistemas aislados como el que se propone en esta investigación Montero (2016), explica que cuando se diseña esta etapa del sistema aislado, se debe dimensionar al banco de baterías tomando en consideración tres (3) días de autonomía.

Días de autonomía: 3

Profundidad de descarga: 80%

Capacidad del banco de acumulación:

Capacidad (B) = [(Capacidad total * días de autonomía) / profundidad de descarga]

Capacidad (B) = [(2,0625Ah/día) / 0,80] * 3

Capacidad (B) = 7,734 Ah

Descarga diaria

Descarga diaria = [Consumo diario / C_{BAT}] * 100

Descarga diaria = [5,45/7,734] * 100

Descarga diaria = 70,46880

Basado en estos cálculos se elige la batería de ciclo profundo Bioenergy, código 00165

Tabla 14. Características de la batería. Código 00165

CARACTERÍSTICAS	
Capacidad	150Ah
Voltaje	12V
Capacidad nominal	10 horas

Temperatura en operación Descargada Cargada	-20°C / +50°C -10°C / +50°
Almacenada	-20°C / +40°C
Vida útil	20 año

Fuente: Catálogo SAGET Respaldo eléctrico.

En la tabla 14 se muestran las características de la batería Bioenergy.



Batería ciclo profundo

100Ah Código 00164	150Ah Código 00165	200Ah Código 00288
------------------------------	------------------------------	------------------------------

Características

12V, Capacidad nominal @10 horas, Rangos de Temperatura en operación: Descargada: -20°C / +50°C, Cargada: -10°C / +50°C, Almacenada: -20°C / +40°C

Garantía	1 años
Tipo de Uso	Comercial / Oficina
Presentación	Caja x 1 Und
Número de celdas	6

SAGET **BIOENERGY**

Figura 51. Batería Bioenergy

Fuente. SAGET. Catálogo Respaldo eléctrico 2021

✚ Número en serie

Nº en serie = (Voltaje nominal del sistema/Voltaje nominal de la batería)

Nº en serie = 48V/12V

Nº en serie = 4

✚ Número en paralelo

N° en paralelo = (Capacidad del banco de acumulación/capacidad de la batería)

N° en paralelo = 2.121,91 Ah/ 150 Ah

N° en paralelo = 14,14

N° en paralelo = 14

Capacidad total

CapT = Número en serie* Capacidad de la batería

CapT = 4*2.121,91

CapT = 8.488 Ah

Criterio para la selección

Para la selección se establece que la capacidad total sea mayor o igual a la capacidad del banco de acumulación, al cual se le dará una holgura del 15%. De allí que la capacidad de acumulación sería de $2.121,91 * 1,15 = 2.440$ Ah.

- **CapT \geq CapB**
- **8.488 Ah > 2.440 Ah Cumple**

Corriente máxima que deben suministrar los paneles con Vn= 48V

Para el cálculo de la corriente máxima que deben suministrar los paneles se toman en consideración el peor mes de radiación solar en la zona, es decir el mes de junio con 4,75 Kwh/día y la energía total diaria necesaria.

Corriente máxima= [Energía total /HSP del mes de peor radiación

Corriente máxima= [(43,88Kwh/día* 1Kwh/m2) / (4,75Kw/m2*48V=]

Corriente máxima= (43,88 kW/370,5)

Corriente máxima = 118,43

Lmax = 118,43 * 1,22

Lmax = 144,49

Lmax = 144

Potencia de arreglo

Para su cálculo debemos tomar el promedio de radiación en el lugar. (Ver tabla 8).

Potencia de arreglo = [(43,88 KWh/día * 1,2KWh/día) / 5.5 Kwh/m2día]

Potencia de arreglo = (52656,0015 /5.5)

Potencia de arreglo = 9573,818

✚ Capacidad del controlador, inversor o generador

Capacidad del controlador = [(5 paneles* 9,07*1,25) / 2 paneles]

Capacidad del controlador = 28,34 A

Capacidad del controlador = 28 A

Tabla 15. Características del inversor o generador seleccionado. INVSOL12KW-24V-120V-1, de 12000W Marca Bioenergy

CAPACIDAD DEL CONTROLADOR, INVERSOR O GENERADOR	
Modelo	INVSOL12KW-24V-120V-1
Voltaje de entrada	220V AC 60Hz
Potencia solar	Hasta 3000W en paneles solares
Corriente máxima de carga	35A/ 70A
Ruido audible	<60dB
Forma de onda	Senoidal pura
Tiempo de transferencia máximo	10ms
Voltaje DC	Desde 12V hasta 48V

Fuente: Catálogo SAGET Respaldo eléctrico.



INVERSOR-CARGADOR SOLAR HÍBRIDO DE 12000W

Inicio / Respaldo Eléctrico / Inversores-cargadores Solares Híbridos / Inversor-Cargador Solar Híbrido de 12000W

En SAGET realizamos arreglos de respaldo energético utilizando equipos inversores de corriente. Estos equipos convierten la corriente alterna (AC) a corriente directa (DC) para ser almacenada en bancos de baterías de ciclo profundo, y opcionalmente se pueden conectar a un conjunto de PANELES SOLARES.

Ventajas:

- Menos mantenimiento
- Cero emisión de gases del generador
- Cero ruido

Figura 52. Inversor o generador seleccionado

Fuente: SAGET. Catálogo Respaldo eléctrico 2021

✚ Sistema fotovoltaico seleccionado

El sistema fotovoltaico seleccionado es el Peimar SG350P de fabricación italiana, un inversor o generador marca BIOENERGY modelo INCAR6KW-48V- 120V-1. 6000W, baterías marca BIOENERGY, con distribución exclusiva en Venezuela por la empresa SAGET, ubicada en la ciudad de Valencia, estado Carabobo.(ver figura de la 50 a la 54)



SG350P

72-CELL LINE

 MÓDULO MADE IN ITALY

La línea de módulos Peimar de silicio policristalino representa una excelente síntesis de versatilidad y eficiencia. Dúctiles y resistentes, los mismos son adecuados para instalaciones comerciales y residenciales, así como para instalaciones de grandes tamaños. Gracias al empleo de células fotovoltaicas de alta calidad, los módulos de silicio policristalino Peimar alcanzan un rendimiento energético superior a la media y garantizan resultados constantes y confiables también en condiciones ambientales no precisamente óptimas.

El marco, livianísimo pero al mismo tiempo extremadamente resistente, facilita la instalación y contribuye a conferir robustez al panel.

Figura 53. Panel Solar SG350P

Fuente: <https://www.peimar.com>

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (STC) ⁽¹⁾

	SG350P
Potencia pico (Pmax) ⁽²⁾	350 W
Tolerancia de clasificación	0/+5 W
Tensión a Pmax (Vmp)	38.7 V
Corriente a Pmax (Imp)	9.05 A
Tensión de circuito abierto (Voc) ⁽²⁾	47.22 V
Corriente de corto circuito (Isc) ⁽²⁾	9.68 A
Tensión máxima de sistema	1500 V
Máximo valor nominal del fusible	15 A
Eficiencia Módulo	18.04%
Clase de protección contra descarga eléctrica	Clase II

Figura 54. Características de panel Solar SG350P

Fuente: <https://www.peimar.com>

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Células	72 (6x12) policristalinas
Tamaño Células	156.75x156.75 mm / 6.17x6.17"
Cubierta Frontal	3.2 mm / 0.13" grosor. vidrio templado
Cápsula	TPT (Tedlar-PET-Tedlar)
Cubierta Posterior	EVA (Etileno Vinil Acetato)
Marco	Aleación de aluminio anodizado doble grosor
Acabados Marco	Plata
Acabados Lámina posterior	Blanco
Diodos	3 Diodos de Bypass
Caja de conexiones	Certificado IP67
Conectores	MC4 o conectores compatibles
Longitud Cables	1100 mm / 43.31"
Sección Cables	4.0 mm ² / 0.006 in ²
Tamaño	1956x992x40 mm / 77.01x39.06x1.57"
Peso	20.5 Kg / 45.19 lbs
Carga máxima (test de carga) - SF	5400 Pa - 1.5 #/ft ²

CARACTERÍSTICAS TEMPERATURA

NMOT (1)	45±2 °C
Coefficiente temperatura de la potencia máxima	-0.39 %/°C
Coefficiente temperatura de la tensión de circuito abierto	-0.28 %/°C
Coefficiente temperatura de la corriente de corto circuito	0.042 %/°C
Temperatura de funcionamiento	-40 °C - +85°C

EMBALAJE (4)

Medidas Palé	2000x1200x1200 mm / 78.74x47.24x47.24"
Paneles por Palé	27
Peso	622 Kg / 1371 lbs

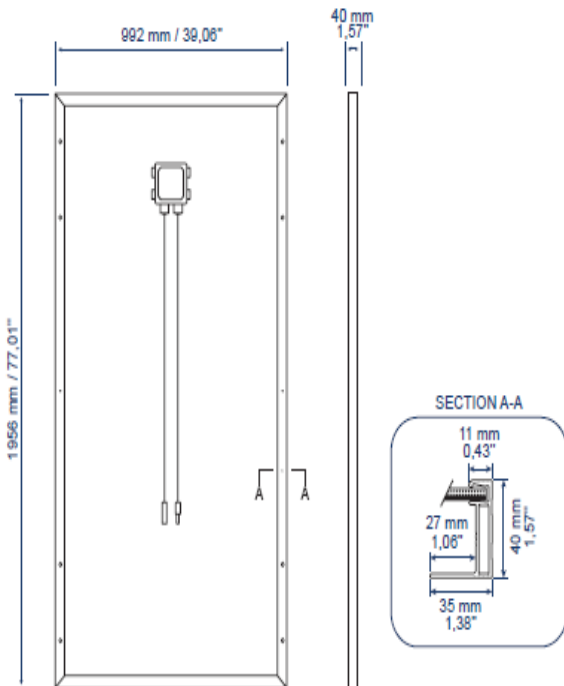
CERTIFICACIONES

Resistencia al fuego	Clase de reacción al fuego: 1 (UNI 9177)
PID free	IEC TS 62804-1:2015
Niebla sal	IEC 61701:2011
Amoniaco	IEC 62716:2013

Figura 55. Características de panel solar SG350P

Fuente: <https://www.peimar.com>

MEDIDAS



CARACTERÍSTICAS CORRIENTE/VOLTAJE

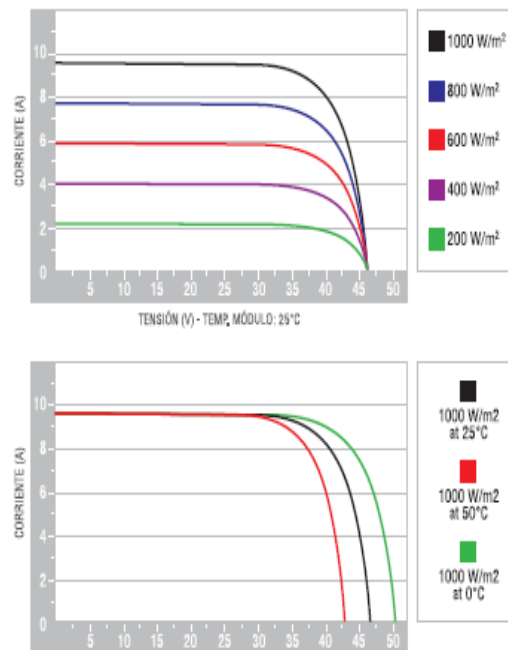


Figura 56. Características de panel solar SG350P

Fuente: <https://www.peimar.com>






Figura 57. Sistema solar promovido por la empresa SAGET
Fuente: https://bioenergyhk.com/Catalogo_Solar_y_Respaldo_Bioenergy.pdf

4.5 Determinar la viabilidad económica del proyecto

Para determinar la viabilidad económica de un proyecto se debe realizar un estudio para determinar el eventual éxito o fracaso del mismo. Cualquier proyecto que se desee poner en marcha tiene que tener como herramienta principal un plan de viabilidad que deje patente las posibilidades de éxito que aquellas iniciativas pueden tener. Es una herramienta necesaria para la toma de decisiones estratégicas; es imprescindible llevar a cabo una investigación completa que conduzca al conocimiento de si realmente el proyecto aportará los beneficios que se esperan de él y podrá sobrevivir durante un tiempo razonable. En consecuencia, Rodríguez, L. (2017) dice que:

Para lograr esto determinar la viabilidad económica, se parte de un análisis de la situación con datos empíricos (que pueden ser contrastados) a los que accede a través de diversos tipos de investigaciones (encuestas, estadísticas, etc.), que sirva para identificar las fortalezas y debilidades del enfoque actual. Es decir, comienza con un análisis de la realidad concreta en la que se quiere desarrollar para minimizar el margen de error.

Asimismo, la viabilidad de un proyecto está condicionada por el cumplimiento de los siguientes tres aspectos:

-  Viabilidad técnica
-  Viabilidad social
-  Viabilidad Económica

Viabilidad técnica

Según Rodríguez, L. (2017) la viabilidad técnica:

Hace referencia a aquello que atiende a las características tecnológicas y naturales involucradas en un proyecto. El estudio de la viabilidad técnica suele estar vinculado a la seguridad y al control de lo que vamos a hacer; esto es, a sus características, funcionalidades y propiedades físicas y a cómo lo vamos a hacer. Tendremos que conocer cuál es el proceso de fabricación/realización, los medios técnicos necesarios, los medios humanos que van a intervenir y su cualificación, los materiales necesarios, control de calidad, gestión de residuos, etc. El estudio de viabilidad técnica conlleva resolver la pregunta de si es posible, desde el punto de vista tecnológico, desarrollar eficientemente nuestros productos/servicios.

Por lo tanto, se debe evaluar si los recursos técnicos actuales son suficientes o si hay que complementarlos para su correcta ejecución, ya que de no contar con las herramientas necesarias será difícil llevar a cabo de forma correcta la propuesta.

Viabilidad social

En el proyecto se debe evaluar si es socialmente viable tomando en cuenta el impacto que se tendrá dentro de la sociedad. Kendall, K. y Kendall, J. (1997), concluyen que tiene como objetivo “buscar la satisfacción de las necesidades humanas materiales. Aquí se analizarán la población afectada, sus impactos (beneficios o perjuicios) y su relación con las variables económicas”.

Este proyecto busca satisfacer las necesidades de las personas que habitan en el Estado Carabobo, los cuales requieren de un servicio de pintado y secado de vehículos automotrices a un costo accesible y que cuente con los estándares de calidad del mercado.

Viabilidad Económica

Por su parte, Rodríguez, L. (2017) indica que un proyecto es económicamente viable si “con los recursos que somos capaces de conseguir, es capaz de generar beneficios y tener una rentabilidad suficiente que compense los riesgos en los que se va a incurrir”.

En función a lo anterior, se debe considerar que el diseño debe ser factible económicamente para que se pueda ejecutar. Adicionalmente, los costos estimados en USD se realizaron tomando en consideración el tipo de cambio publicado por el Banco Central de Venezuela a la fecha del 19 de septiembre de 2022, es cual era de Bs. 8,05 por dólar (ver tablas de la 16 a la 19).

Tabla 16. Factibilidad económica

Cantidad	Descripción	Precio unitario (Bs)	Precio total (Bs)	Precio total (USD)
5	Planchas de acero inoxidable AISI 304	Bs.1.365,10	Bs.6.825,50	\$847,89
5	Tubo estructural ASTM A-500	Bs.353,32	Bs.1.766,60	\$219,45
5	Planchas de acero galvanizado ASTM A653	Bs.483,00	Bs.2.415,00	\$300,00
5	Lana de vidrio	Bs.56,21	Bs.281,05	\$34,91
1	Baterías eléctricas rectangulares “Resistencias eléctricas”	Bs.3.059,00	Bs.3.059,00	\$380,00
2	Extractores	Bs.963,60	Bs.1.927,20	\$239,40

1	Ventiladores	Bs.1.311,82	Bs.1.311,82	\$162,96
1	Panel de control	Bs.1.870,82	Bs.1.870,82	\$232,40
5	Paneles Solares	Bs.1.982,72	Bs.9.913,60	\$1.231,50
4	Baterías 12V, 150amp	Bs.3.984,75	Bs.15.939,00	\$1.980,00
30	tubo LED T8 SMD2835 de 35W	Bs.47,70	Bs.1.431,00	\$177,76
1	Compresor de aire	Bs.484,29	Bs.484,29	\$60,16
1	Filtro de techo	Bs.2.415,00	Bs.2.415,00	\$300,00
1	Filtro de piso	Bs.2.415,00	Bs.2.415,00	\$300,00
1	Inversor solar 12000W	Bs.14.490,00	Bs.14.490,00	\$1.800
1	Mantenimiento cada 6 meses	Bs.8.050,00	Bs.8.050,00	\$1.000,00
1	Pistola para pintar	Bs.281,75	Bs.281,75	\$35,00
		Total	Bs.74.876,63	\$9.301,44

**Tasa de cambio BCV Bs. 8,05*

Fuente: Camacho-Parra (2022)

Tabla 17. Costo de mano de obra

Descripción	Total USD
Construcción de piso	\$420,00
Obra civil	\$135,00
Construcción estructural: Montaje estructural, construcción de ductos, montaje ductos, pintura de paredes, piso, puerta y accesorios, arreglo puerta, techo	\$1.732,00
instalaciones eléctricas	\$237,00
Total	\$2.524,00

Fuente: Camacho-Parra (2022)

Tabla 18. Costo total del proyecto

Costo Total Descripción	Monto (USD)
Materiales (tabla 16)	\$9.301,44
Mano de obra y otros (tabla 17)	\$2.524,00
Total	\$11.841,44

Fuente: Camacho-Parra (2022)

Tabla 19. Comparación de los costos del diseño propuesto y una cabina comercial importada

Costo diseño propuesto (USD)	Costo de una cabina comercial + costo de envío (USD)	Ahorro (USD)	Diferencia porcentual
\$11.841,44	\$17.000,00	\$5.174,56	30%

Fuente: Camacho-Parra (2022)

Por último, cuando se comparó el costo del diseño de cabina de pintura automotriz basada en energía solar como fuente alternativa para su funcionamiento y una cabina-horno de pintura automotriz importada de china, se determinó un ahorro del 30% del costo de dicha cabina comercial. Adicionalmente, hay que tomar en cuenta que habrá un ahorro significativo al aplicar este tipo de diseño, ya que su fuente de energía proviene del sol y no genera contaminación por CO₂ como es el caso de la cabina en comparación la cual utiliza diésel para su funcionamiento. Por lo tanto se puede concluir que el proyecto es económicamente viable.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La Presente investigación titulada “diseño de cabina de pintura automotriz basada en energía solar como fuente alternativa para su funcionamiento”. Se concluyó que el análisis y estudios del trabajo de grado, es completamente factible, tanto, de manera social, ambiental, técnica, académica y económica. Partiendo de la observación directa, y aplicando un Check List de las condiciones actuales y un análisis del diagnóstico de la situación actual de las cabinas de pintura automotriz, dando un secado automotriz ideal y sobre todo de una manera sustentable.

Por otra parte, en el desarrollo del primer objetivo de la presente investigación, se evaluó la situación actual de la cabinas de pintura automotriz en el Estado Carabobo, donde se observó las dificultades que enfrentan con respecto a la electricidad, ya que, como bien se sabe se enfrentan muchos cortes eléctricos en Venezuela y aumentos progresivos de su servicio haciendo que, cada vez sea más difícil cotizar y/o incrementar los ingresos por servicios de pintado y secado automotriz. Se pudo constatar y conocer cada situación de actual de talleres. A su vez, se conoce la variedad de cabinas-horno de pintura automotriz que se encuentra en variedad de talleres.

Por consiguiente, mediante el segundo objetivo se alcanzó a identificar cada una de las variables que se contemplan en un diseño de cabina de pintura automotriz, esto mediante la recolección de datos donde se podía constatar cada una de las partes que conforman la cabina y así lograr idear los posibles cambios que favorecieron al medio ambiente. A su vez, también se realizó mediante la observación directa la identificación de las partes.

Posteriormente, en el tercer objetivo luego de haber concluido con la recolección de datos y el diagnóstico de la situación actual de las cabinas- Horno de pintura automotriz, se realizó una comparación mediante el método de Vílchez, el cual permitiendo identificar cual es la mejor alternativa de energía sustentable para aplicarlo al uso de acabado de pintura automotriz. A través de ello, se logra reconocer que la mejor energía renovable a usar en este caso mediante la radiación Solar, es decir, se usó paneles solares para generar energía renovable, donde pasa a acumularse en baterías o también denominadas acumuladores.

Después, en el desarrollo del cuarto objetivo de la presente investigación, se demostró que las baterías solares permiten almacenar la energía que se genera gracias a las placas solares durante las horas de sol mientras que un acumulador es un dispositivo que transforma la energía química en electricidad, siendo su principal característica que permite la recarga eléctrica, por lo que se seleccionó los acumuladores de energía brindando gran efectividad al sistema; dicha selección se logró gracias a los cálculos realizados para el suministro de energía en la cabina de pintura automotriz con la finalidad de generar un acabado superficial de alta calidad. Por último, en el quinto objetivo del proyecto se realizó un análisis económico para estudiar la viabilidad del mismo donde se concluye que hay un ahorro de un 30% en los costos si se realiza la cabina de pintura en Venezuela con relación a una importada de China.

RECOMENDACIONES

Este trabajo de grado se enfocó en un tema bastante amplio, donde se obtuvieron muchas variantes de interpretación y análisis, y todas, enfocadas en pro de la innovación y la mejoría de la humanidad. Las energías alternativas son el futuro energético del mundo, por lo tanto se recomienda:

- ✚ Continuar desarrollando los estudios sobre las fuentes de energías alternativas para Latinoamérica, pero, principalmente Venezuela que enfrenta una complicada circunstancia, además, Venezuela posee rubro para todas las energías.
- ✚ Se recomienda también, preparar al personal en energías alternativas, y sus respectivos mantenimientos, que puedan impulsar ideas futuras en pro del progreso.
- ✚ A la escuela de ingeniería mecánica de la universidad José Antonio Páez. Que siga promoviendo a sus estudiantes proyectos que pueden contribuir con el desarrollo ambiental, social y económico del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arancibia C., y Best y Brown R, (2010). **Energía Solar**. Revista Ciencia N° 61. Abril-junio. Centro de investigación en energía de la Universidad autónoma de México. Recuperado de: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaSol.pdf.

Aloma, E. y Malaver, M. Análisis de los conceptos de energía, calor, trabajo y teorema de Carnot en textos universitarios de termodinámica. Enseñanza de las ciencias: 25(3), 387-400 (2007).

Asqueta P., (2006) **Algunos conceptos, definiciones y ecuaciones usadas en la geometría solar**. https://m1db.files.wordpress.com/2012/05/conceptos-de-geometria-solar_azqueta.pdf

Arias, F. (2006). **El proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica**. 5° edición. Caracas. Episteme C. A.

Balestrini, M. (2002). **Como se elabora el proyecto de Investigación**. 6° edición. Caracas. BL Consultores Asociados. Servicio Editorial.

Bertomeu P. (2016). *La entrevista no estructurada*. Recuperado de: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/3810>.

Bohórquez, R. (2005). **Diseño y construcción de una cabina-horno para el acabado y secado de la pintura aplicada en las carrocerías de vehículos para el centro mecánico de servicios Navas. Tesis Ingeniería Automotriz**. Sangolquí, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. Gaceta Oficial N° 5.908 Extraordinario del 19-02-200.

Cengel&Boles(2012). **Termodinámica**. 7ª Edición. Recuperado de: <http://joinville.ifsc.edu.br/~evandro.dario/Termodin%C3%A2mica/Material%20Did%C3%A1tico/Livro%20-%20Cengel/Termodinamica%20-%20Cengel%207th%20-%20espanhol.pdf>

El colapso eléctrico de Venezuela y los desafíos para superarlo. (13 de febrero de 2022). Sistema eléctrico en Venezuela. Recuperado de: <http://www.debatesiesa.com/el-colapso-electrico-de-venezuela-y-los-desafios-para-superarlo/#:~:text=Venezuela%20vive%20desde%20hace%20varios,disponer%20de%20suficientes%20recursos%20financieros.&text=Hoy%2C%20en%202020%2C%20el%20sector,crisis%20econ%C3%B3mica%20y%20la%20cuarentena>.

Efe, (22 de Mayo de 2022). **Instalación de Paneles Solares.** Recuperado de: <https://www.efecom.com/efe/america/economia/la-instalacion-de-renovables-crecio-un-6-en-2021-y-subira-8-2022/20000011-4803128>

Energía radiada por el Sol y la Tierra. (10 de marzo de 2022). Radiación solar. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>.

Esquema de un generador SFCR. (10 de marzo de 2022). Metodología de un sistema fotovoltaico conectado a la red (SFCR) para uso en luminarias del edificio 3 de la ESIME Zacatenco. Recuperado de: <https://1library.co/document/oz1e04ey-metodologia-sistema-fotovoltaico-conectado-luminarias-edificio-esime-zacatenco.html>.

Esquema de un sistema fotovoltaico autónomo. (10 de marzo de 2022). Esquema de una instalación fotovoltaica. Recuperado de: <https://medioambienteynaturaleza.com/esquema-instalacion-fotovoltaica/>.

Espectro de radiación solar fuera de la atmósfera de la tierra y a nivel del mar para condiciones del cielo despejado. (10 de marzo de 2022). Características de la radiación solar. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>.

Dominguez, E. (2008). **Embellecimiento de superficies**. Madrid: Editex S.A.

Fichas de registro. (11 de abril de 2022). Tipos de fichas. Recuperado de: <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/tlriid4/unidad3/procesamiento/fichasRegistro>.

FONDONORMA de la República Bolivariana de Venezuela COVENIN 200: 2004. (24 de marzo 2022). Código Eléctrico Nacional. Recuperado de: <https://pandectasdigital.blogspot.com/2018/10/norma-fondonorma-200-2004-codigo.html>.

FONDONORMA de la República Bolivariana de Venezuela COVENIN 4004:2000. (24 de marzo 2022). Sistema de Gestión de Seguridad e Higiene Ocupacional (SGSHO). Recuperado de: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/4004-00.pdf>.

Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 39.823. (24 de marzo 2022). Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía. Recuperado de: http://www.mppp.gob.ve/wp-content/uploads/2018/05/GO-39823_energia.pdf.

Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.833. (24 de marzo 2022). Ley Orgánica del Ambiente. Recuperado de: <https://transparencia.org.ve/project/proyecto-de-ley-de-reforma-de-ley-organica-del-ambiente/>.

García, J., Navarro, J., Gomez, T., Agueda, E., & Gracia, J. (2010). **Preparación de Superficies**. Madrid: Ediciones Praninfo S.A.

García, J., Agueda, E., Navarro, J., Gracia, J., & Gómez, T. (2013). **Pintado de Vehículos**. Madrid: Ediciones Paraninfo S.A.

- González, R. (2004). *Diseño de la cabina de pintura de un taller automotriz de enderezado y pintura* [Tesis de pregrado Universidad Rafael Landívar]. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2011/02/03/Gonzales-Roberto/Gonzales-Roberto.pdf>.
- García, J., Gomez, T., Navarro, J., Agueda, E., & Gracia, J. (2009). **Embelllecimiento de superficies** 2da edición. Madrid: Ediciones Paraninfo S.A.
- Gonzales, T. (2006). **Cámara de pintura tipo húmedo. Diseño de una cabina de lacado y horno de secado para 8 carrocerías por hora, de longitud máxima de 5000mm y peso de 500Kg.** Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Hernández, R. (2010). **Metodología de la Investigación.** 5° edición. Mexico.
- Holman, J. P. (1998). **Transferencia de Calor** 8va edición. Madrid: Mc Graw Hill/Interamericana de España S.A.U.
- Hurtado de Barrea, M (2006). **El proyecto de investigación: Metodología de la investigación holística.** Cuarta edición. Quirón editores. Colombia
- Hastingsfilter. (12 de abril de 2013). **Filtros de Aire de salida.** Recuperado el 18 de enero de 2015, de www.hastingsfilter.com/es:<http://www.hastingsfilter.com/es>
- Hora Solar Pico.** (10 de marzo de 2022). La hora solar pico equivalente, definición e interpretación. Recuperado de: <https://geccaivenezuela.wordpress.com/energia-solar/>.
- Instrumentos de recolección de datos: Definición, características y tipos.** ((11 de abril de 2022). ¿Cuáles son los instrumentos para la recolección de datos? Recuperado de: <https://tesisymasters.mx/instrumentos-de-recoleccion-de-datos/#:~:text=Un%20instrumento%20de%20recoleccion%20de,poblacion%20que%20se%20desea%20investigar.>

La Venezuela de los apagones desperdicia su potencial para la energía solar. (4 de abril de 2022). Electricidad en Venezuela. Recuperado de: <https://www.efe.com/efe/america/economia/la-venezuela-de-los-apagones-desperdicia-su-potencial-para-energia-solar/20000011-4665528>.

Mapa solar de Venezuela. (10 de marzo de 2022). Energía solar. Recuperado de: <https://geccaivenezuela.wordpress.com/energia-solar/>.

Mecanismos de transferencia de calor. (10 de marzo de 2022). Radiación, conducción y convección: tres formas de transferencia de calor. Recuperado de: <https://nergiza.com/radiacion-conduccion-y-conveccion-tres-formas-de-transferencia-de-calor/>.

Manrique, J. (2002). *Transferencia de calor 2da edición*. Mexico S.A.:Oxford University Press México S.A de C.V.

Metodología de la Investigación. (01 de abril de 2022) Marco Metodológico. Recuperado de: <https://bianneygiraldo77.wordpress.com/category/capitulo-iii/>.

Moscoso, D., & Quinga, M. (2010). Pintura. **Diseño e implementación de una cabina de pintura automotriz controlada electrónicamente, para los talleres multimarcas Moscoso. Latacunga, Ecuador:** Universidad Politécnica del ejército.

Minda, J. y Toapanta, M. (2013). **“Diseñar y construir una cámara de pintura automotriz y secado funcional que servirá como material didáctico para su demostración práctica, en las instalaciones de la universidad técnica del norte además elaborar las guías de uso y mantenimiento para su aplicación”**. . [Tesis de pregrado Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1694/1/05-FECYT-1607.pdf>

Morales, L. (2021). *Propuesta de implementación de un generador eléctrico a través de conversión de energía solar por medio de paneles solares. Caso: parcela 566, sector*

Uverote, municipio Francisco de Miranda, estado Guárico [Tesis de pregrado no publicada].
Universidad José Antonio Páez.

Nedelcu (2009). **Suministro de energía eléctrica a una vivienda rural aislada mediante fuentes de energía renovable.** [Trabajo de grado para optar al título en Ingeniería Técnica Industrial mención Electricidad ante la Universtitat Rovira /Virgili. Tarragona, España]
<http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1430res.pdf>

Parra (2003). *CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO - Muestra.* Recuperado de:
<https://docplayer.es/98186849-Capitulo-iii-marco-metodologico.html>

Patazca, S. (2020). **Diseño de una cabina de secado de pintura con energía solar para mejorar el servicio automotriz, Carmas SAC Chiclayo, 2019.** [Tesis de pregrado Universidad CesarVallejo]https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58991/Patazca_SSF-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pinto, J. (2021). *Diseño y construcción de una cabina de pintura automotriz que funcione con energía solar* [Tesis de pregrado Escuela Politécnica del Ejército].
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/3810>.

PracoDidacol. (2013). Alturas adecuadas de Chimeneas en las cabinas de pintura. Recuperado el 01 de 2015, de www.pracodidacol.com:
<http://www.pracodidacol.com/Inicio/RSE/tabid/1811/Default.aspx>

QuimiNet(2015).**Características de los Hornos de pintura automotriz**
[.https://www.quiminet.com/articulos/caracteristicas-de-los-hornos-de-pintura-automotriz-4152525.htm](https://www.quiminet.com/articulos/caracteristicas-de-los-hornos-de-pintura-automotriz-4152525.htm)

Recolección de datos: métodos, técnicas e instrumentos. (11 de abril de 2022). Métodos para recolección de datos. Recuperado de: <https://blog.hubspot.es/marketing/recoleccion-de-datos>.

Sisvent. (2014). **Metal cabinas presurizadas**. Recuperado el 23 de julio de 2015, de www.sisvent.com: <http://www.sisvent.com/metal-cabinaspresurizadas.php>

Sánchez, P. (2020). *Diseño de una cabina de secado de pintura con energía solar para mejorar el servicio automotriz, Carmas SAC Chiclayo, 2019* [Tesis de pregrado Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58991>.

S. Esplugas y M. E. Chamorro, Fundamentos de transmisión de calor, Barcelona: Universitat de Barcelona, 2005

Tamayo y Tamayo, M. (2004), **El Proceso de Investigación Científica**. México. Limusa.

Técnicas de investigación fichas de registro. (11 de abril de 2022). Instrumentos para la investigación. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/herreramarina4/tnicas-de-investigacin-fichas-de-registro>.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos. (11 de abril de 2022). Técnicas e instrumentos para recolección de datos según autor. Recuperado de: <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/22.pdf>.

Tesis de investigadores. (15 de marzo de 2022). Antecedentes de la investigación. Recuperado de: <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2013/06/antecedentes-de-la-investigacion-ejemplo.html>.

Tipos de Sistemas Fotovoltaicos de Bombeo. (10 de marzo de 2022). Sistemas de bombeo solar. Recuperado de: <https://ai-pvsystems.com/bombeo-solar>.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador UPEL (2006) **Manual de trabajos de grado, de especialización, maestría y tesis doctorales**. 4º edición. Caracas. Fedeupel.

Universidad José Antonio Páez. (2007). **Normas para Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado**. San Diego, Carabobo, Venezuela.

Valderrama (2017). *Niveles de la investigación*. Recuperado de: <https://docplayer.es/98186849-Capitulo-iii-marco-metodologico.html>

Vitriago, A, (2017). “Propuesta de una vivienda unifamiliar de desarrollo progresivo: empleando el uso de tecnología eólica y solar como suministro de energía alternativa. Los Tanques, estado Falcón. Caso: Carácter híbrido(ED – FV)”. [Tesis de pregrado para obtener el título de Ingeniero civil por la Universidad Nueva Esparta]<http://miunespace.une.edu.ve/jspui/handle/123456789/2966>

Yonus A.Cegel y Afshin J.Gmahar (2020). **Transferencia de calor y masa. Sexta Edición**.
Recuperado de:
https://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=10213.

Yonus A.Cegel y Afshin J.Gmahar (2004). **Transferencia de calor y masa. Cuarta Edición**.
Recuperado de:
file:///C:/Users/Gabriel/Downloads/Transferencia_de_Calor_y_Masa_4ta_ed_Yun.pdf

ANEXOS

Anexo A

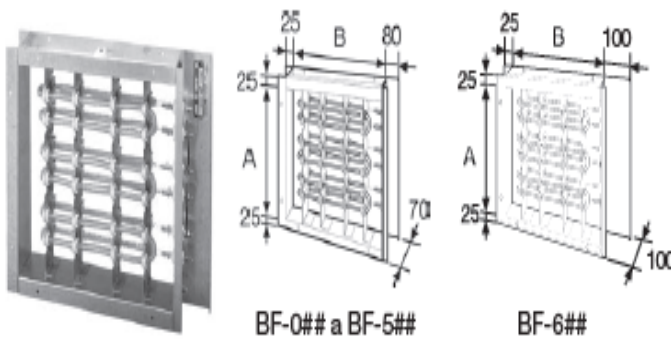
Propiedades de la trementina en condiciones de saturación				
T (°C)	Cp (kJ/kg*K)	μ (Pa*s)	k (W/m*K)	Pr (adim)
0,000	1,720	0,225	0,130	29,800
10,000	1,760	0,178	0,129	24,300
20,000	1,800	0,149	0,128	20,900
30,000		0,127	0,127	18,400
40,000		0,107	0,126	16,100
50,000	1,930	0,093	0,125	14,300
60,000		0,082	ρ (kg/m ³)	
70,000		0,073	0,865	
80,000		0,068		

Anexo B

Propiedades del acero al carbón	
T(K)	k (W/m*k)
300	60,5
400	56,7
600	48,0
800	39,2
1000	30,0

Baterías eléctricas rectangulares: hilo al aire

5



Las baterías eléctricas de hilo al aire están formadas por una carcasa de chapa galvanizada y vienen equipadas con resistencias eléctricas de hilo al aire. Incluyen también un termostato de seguridad automático y un limitador de temperatura de rearme manual para garantizar un correcto funcionamiento. Para los modelos de mayor potencia, la batería eléctrica tiene unos refuerzos en el bastidor destinados a garantizar su robustez bajo todas las condiciones.

Paso de aire (mm)		Código								
A	B	2 kW	3 kW	4 kW	5 kW	6 kW	7,5 kW	9 kW	12 kW	15 kW
175	310	BF-001	BF-002	BF-003	BF-004	BF-005				
	450	BF-006	BF-007	BF-008	BF-009	BF-010	BF-011			
250	310	BF-101	BF-102	BF-103	BF-104	BF-105	BF-106	BF-107		
	450	BF-108	BF-109	BF-110	BF-111	BF-112	BF-113	BF-114	BF-115	
	600	BF-116	BF-117	BF-118	BF-119	BF-120	BF-121	BF-122	BF-123	BF-124
450	310	BF-201	BF-202	BF-203	BF-204	BF-205	BF-206	BF-207	BF-208	BF-209
	450	BF-210	BF-211	BF-212	BF-213	BF-214	BF-215	BF-216	BF-217	BF-218
	600	BF-219	BF-220	BF-221	BF-222	BF-223	BF-224	BF-225	BF-226	BF-227

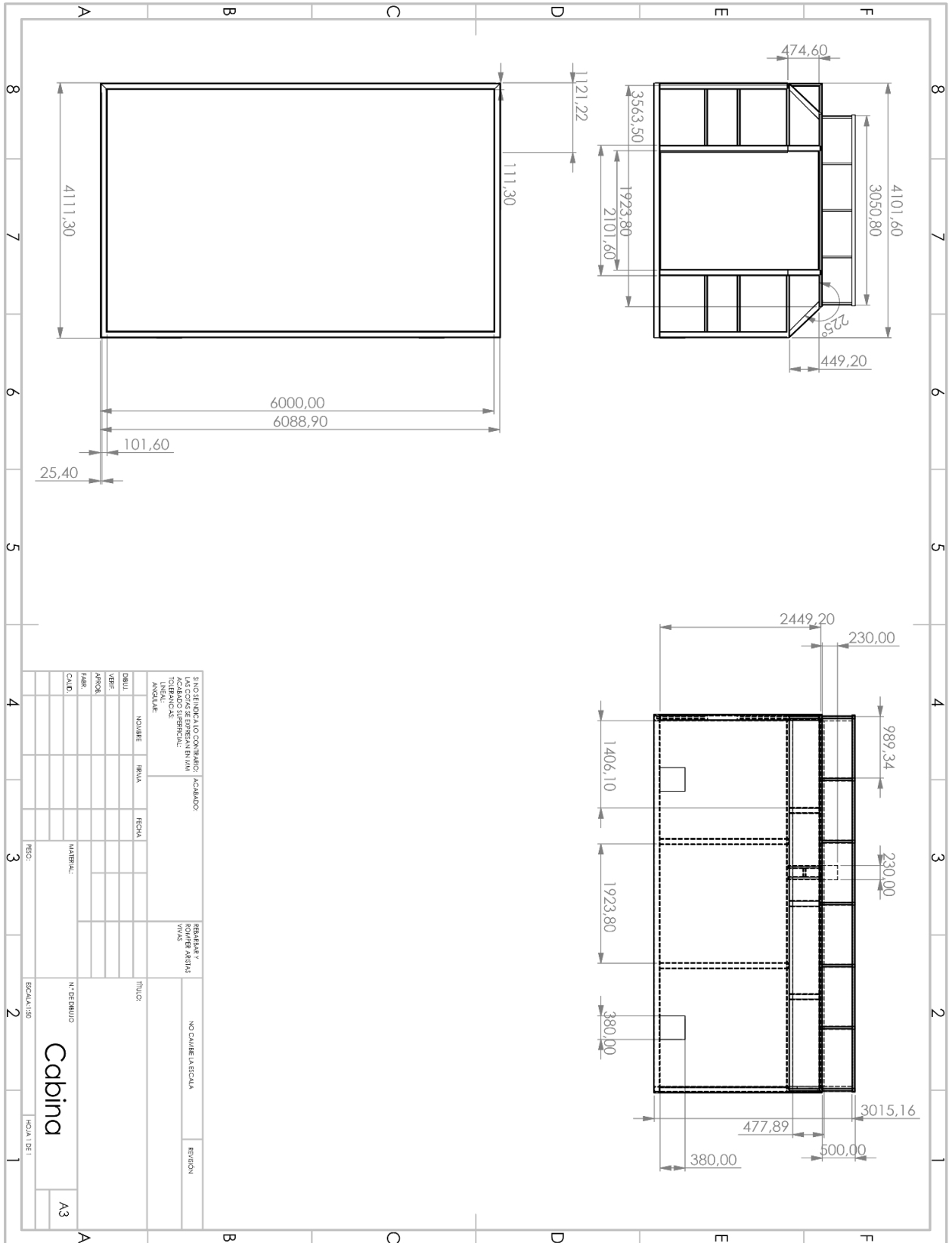
Anexo D

DESEMPEÑO TÉRMICO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE SERVICIO (1)								
TEMPERATURA DE SERVICIO	ESPESOR DE AISLAMIENTO							
	1,5 in	2 in	3 in	4 in	6 in	8 in		
250 °F	ST (°F)	94,6	90,4	85,7	83,2	80,7	79,3	
	HL (Btu/hr/ft²)	33,39	25,60	17,46	13,25	8,95	6,75	
	EFF (%)	92,03	93,89	95,83	96,84	97,87	98,39	
400 °F	ST (°F)	116,4	107,7	98,2	93,0	87,4	84,5	
	HL (Btu/hr/ft²)	76,66	58,69	39,98	30,32	20,45	15,43	
	EFF (%)	92,45	94,22	96,06	97,01	97,99	98,48	
550 °F	ST (°F)	143,4	129,5	114,0	105,5	96,4	91,5	
	HL (Btu/hr/ft²)	137,50	105,20	71,57	54,26	36,58	27,59	
	EFF (%)	92,73	94,44	96,22	97,13	98,07	98,54	
700 °F	ST (°F)	175,6	155,8	133,5	121,1	107,6		
	HL (Btu/hr/ft²)	219,90	168,00	114,20	86,58	58,34		
	EFF (%)	93,00	94,65	96,36	97,24	98,14		
850 °F	ST (°F)	212,7	186,5	156,6	139,7	121,2		
	HL (Btu/hr/ft²)	327,50	250,20	170,00	128,80	86,75		
	EFF (%)	93,27	94,86	96,51	97,35	98,22		

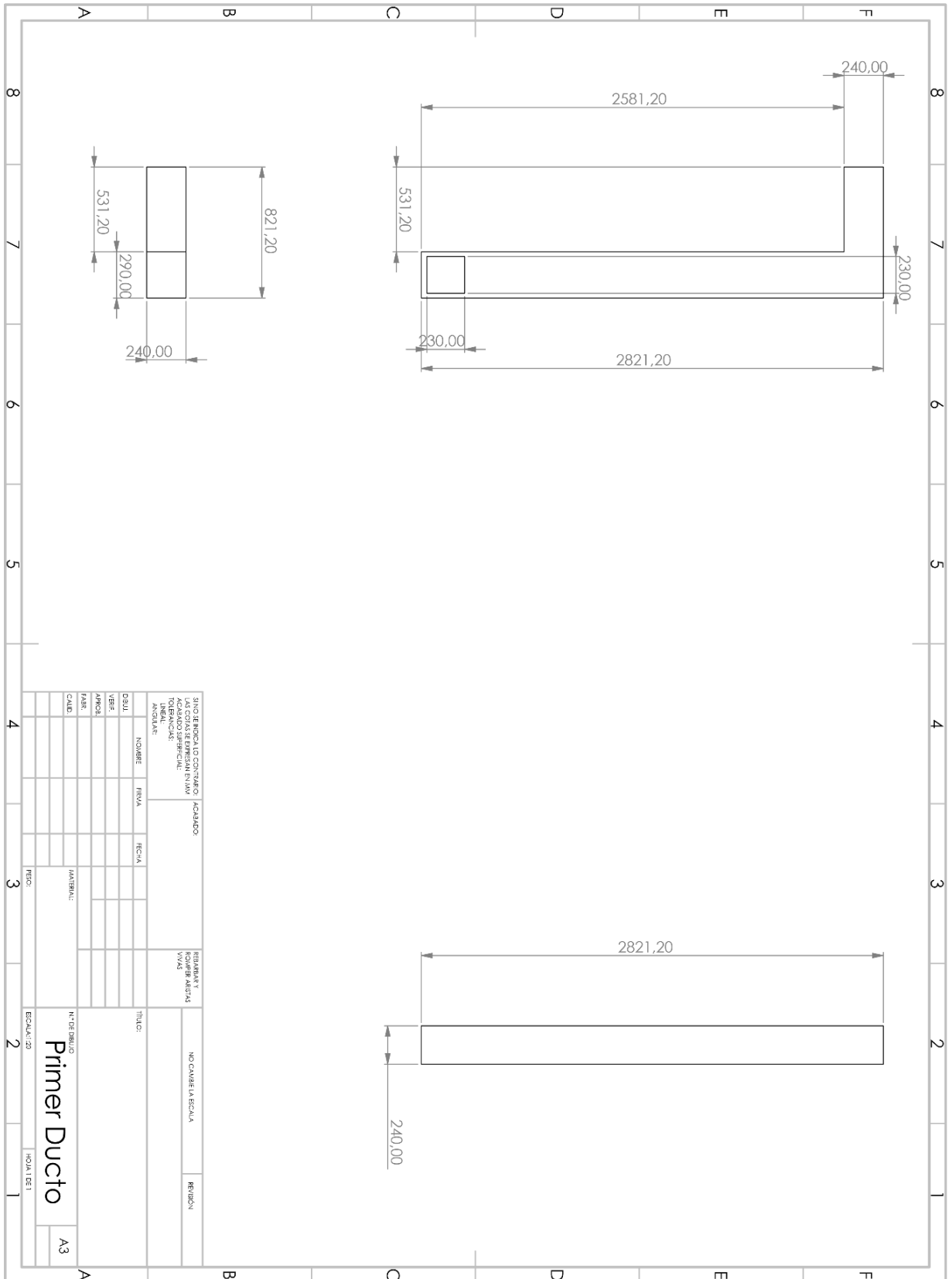
Anexo E

TEMPERATURA		CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	
°F	°C	BTU.in/hr.ft ² .°F	W/m.°C
25	-3.9	0.30	0.043
75	23.9	0.31	0.045
100	37.8	0.33	0.048
200	93.3	0.44	0.063
300	148.9	0.60	0.087
400	204.4	0.89	0.128
500	260.0	1.10	0.159
600	315.6	1.50	0.216

Anexo F



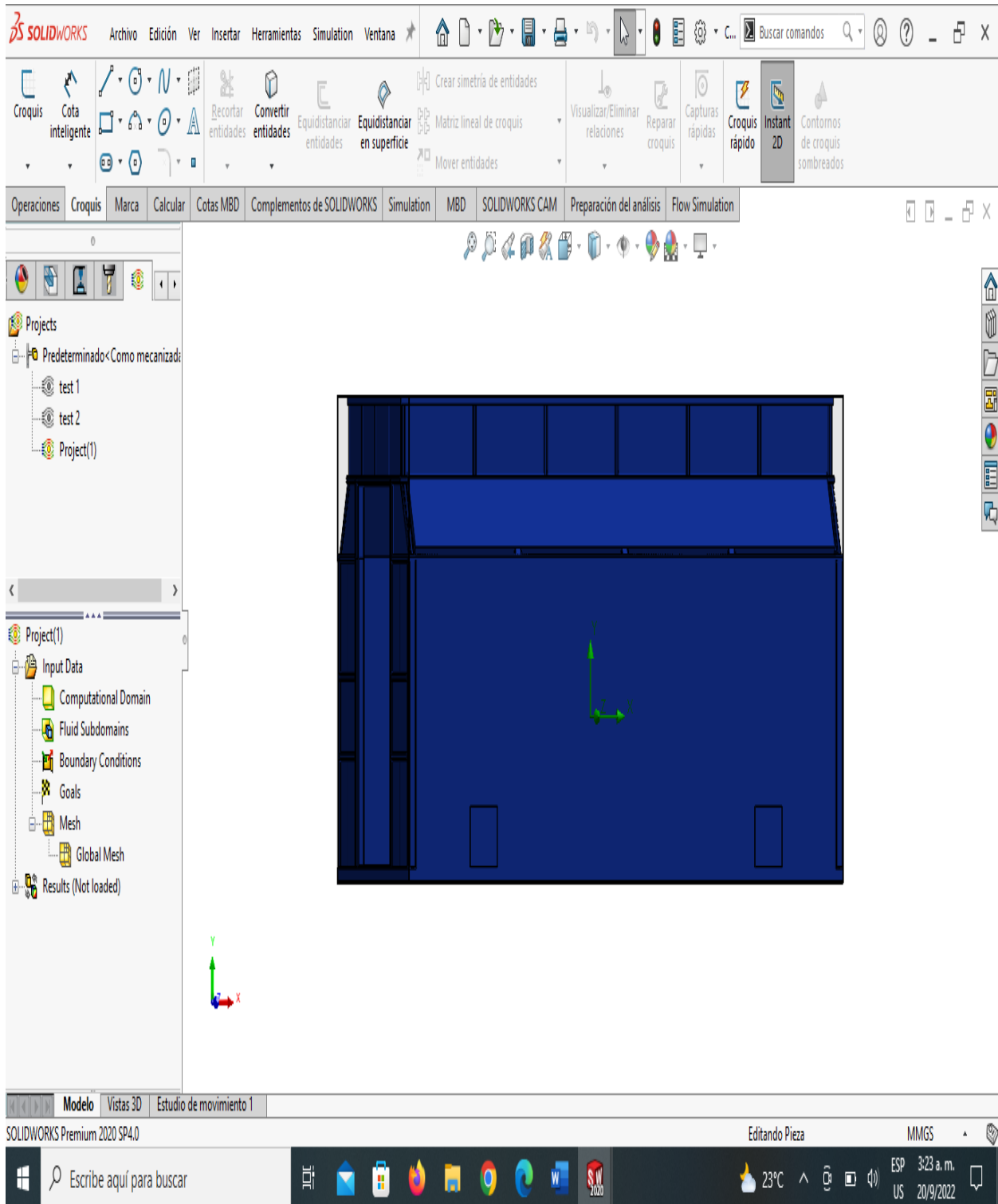
Anexo J



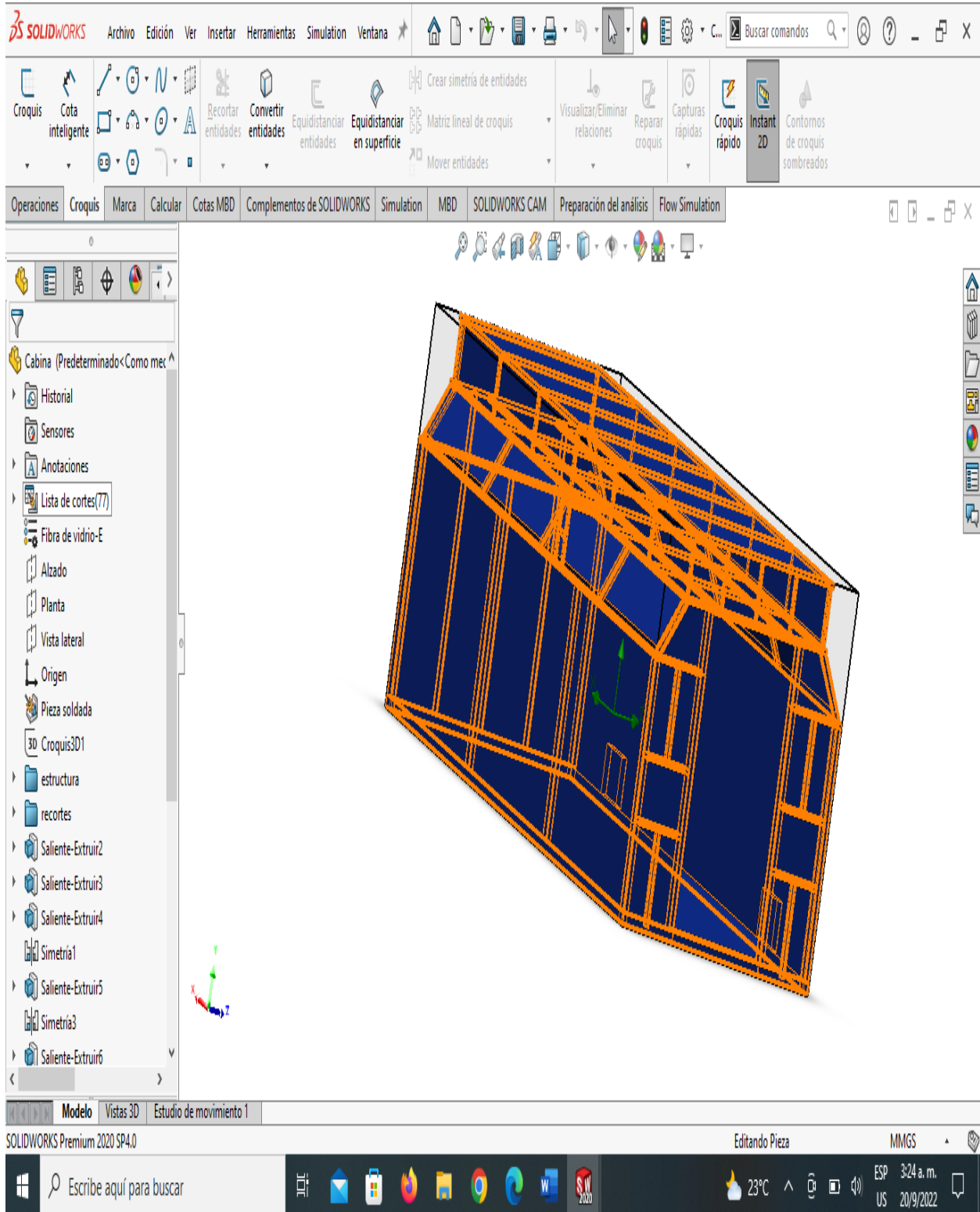
INGENIERIA LA CONTINUA		ACERADO	
LAS COBAS DE EMERSON EN LA		RESERVA T	
DISEÑO DE EMERSON EN LA		COMER ABERTAS	
DISEÑO DE EMERSON EN LA		VIVAS	
DISEÑO DE EMERSON EN LA		TITULO:	
DISEÑO DE EMERSON EN LA		NO CUBRE LA ESCALA	
DISEÑO DE EMERSON EN LA		REVISION	
DISEÑO DE EMERSON EN LA		N.º DE DIBUJO	
DISEÑO DE EMERSON EN LA		Primer Ducto	
DISEÑO DE EMERSON EN LA		ESCALA: 1:20	
DISEÑO DE EMERSON EN LA		HOJA 1 DE 1	
DISEÑO DE EMERSON EN LA		A3	

Anexo K

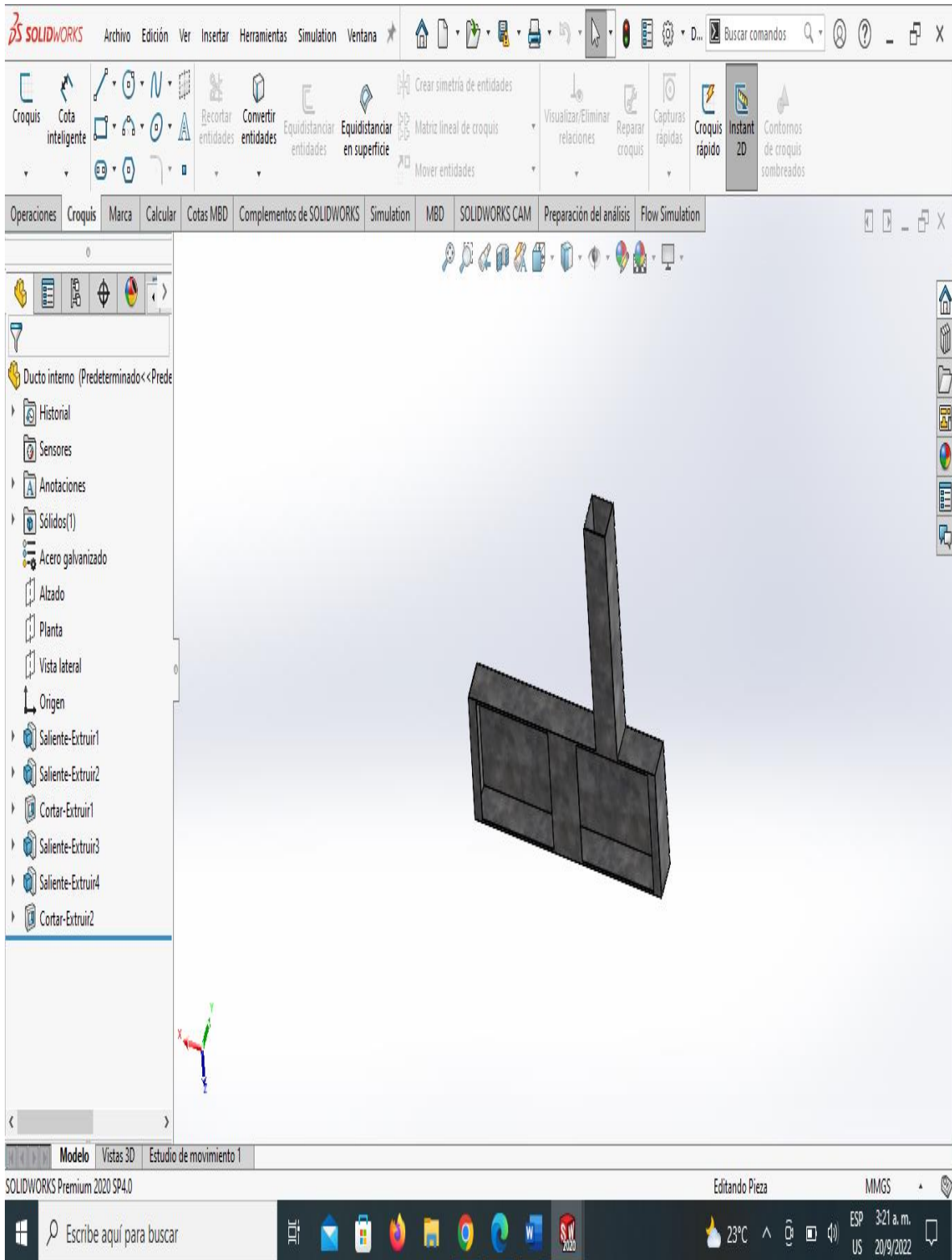
CABINA DE PINTURA AUTOMOTRIZ



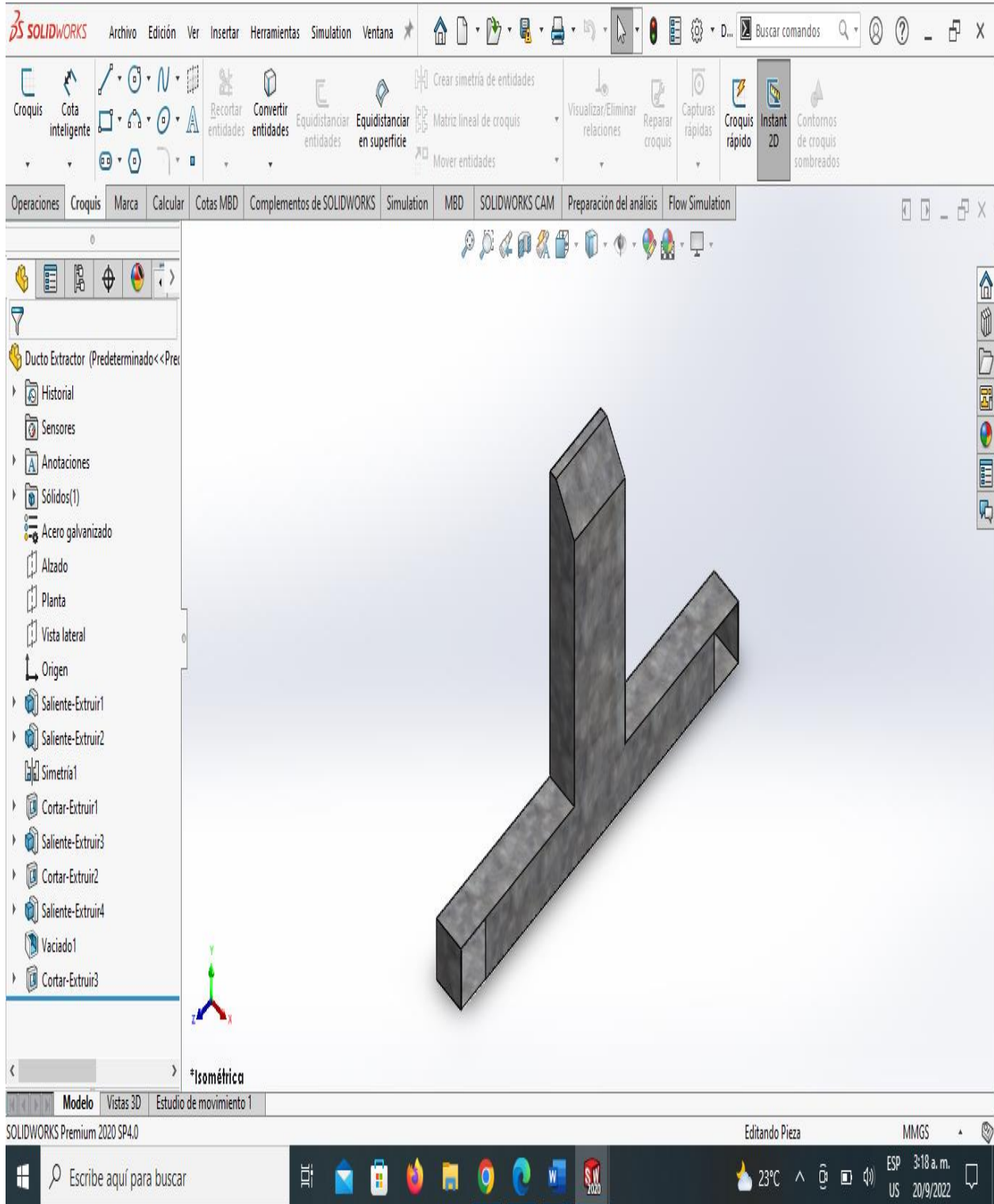
CABINA DE PINTURA AUTOMOTRIZ CON SILUETAS DE SUS ESTRUCTURAS PRINCIPALES



DUCTO TÉRMICO



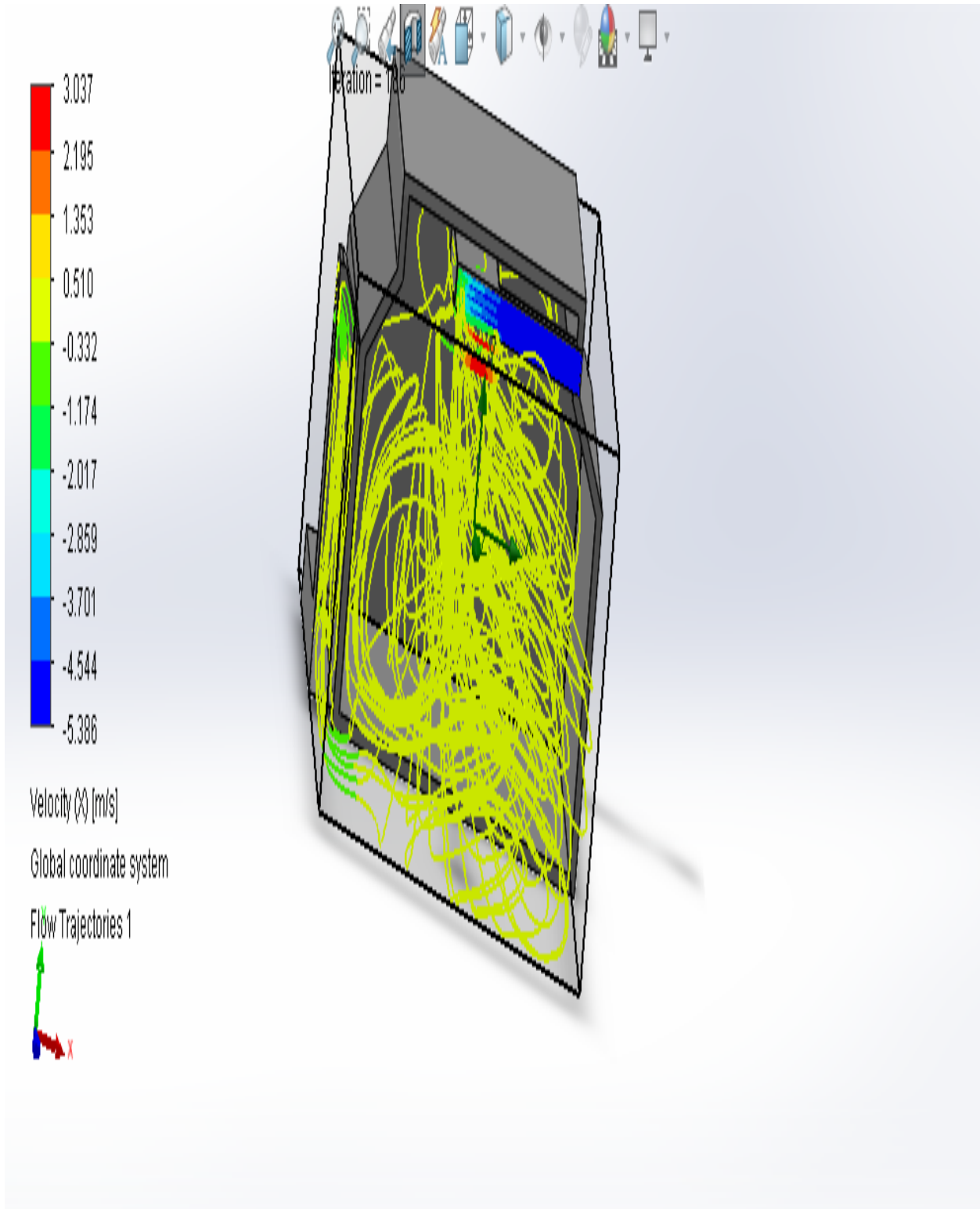
DUCTOS EXTRACTORES



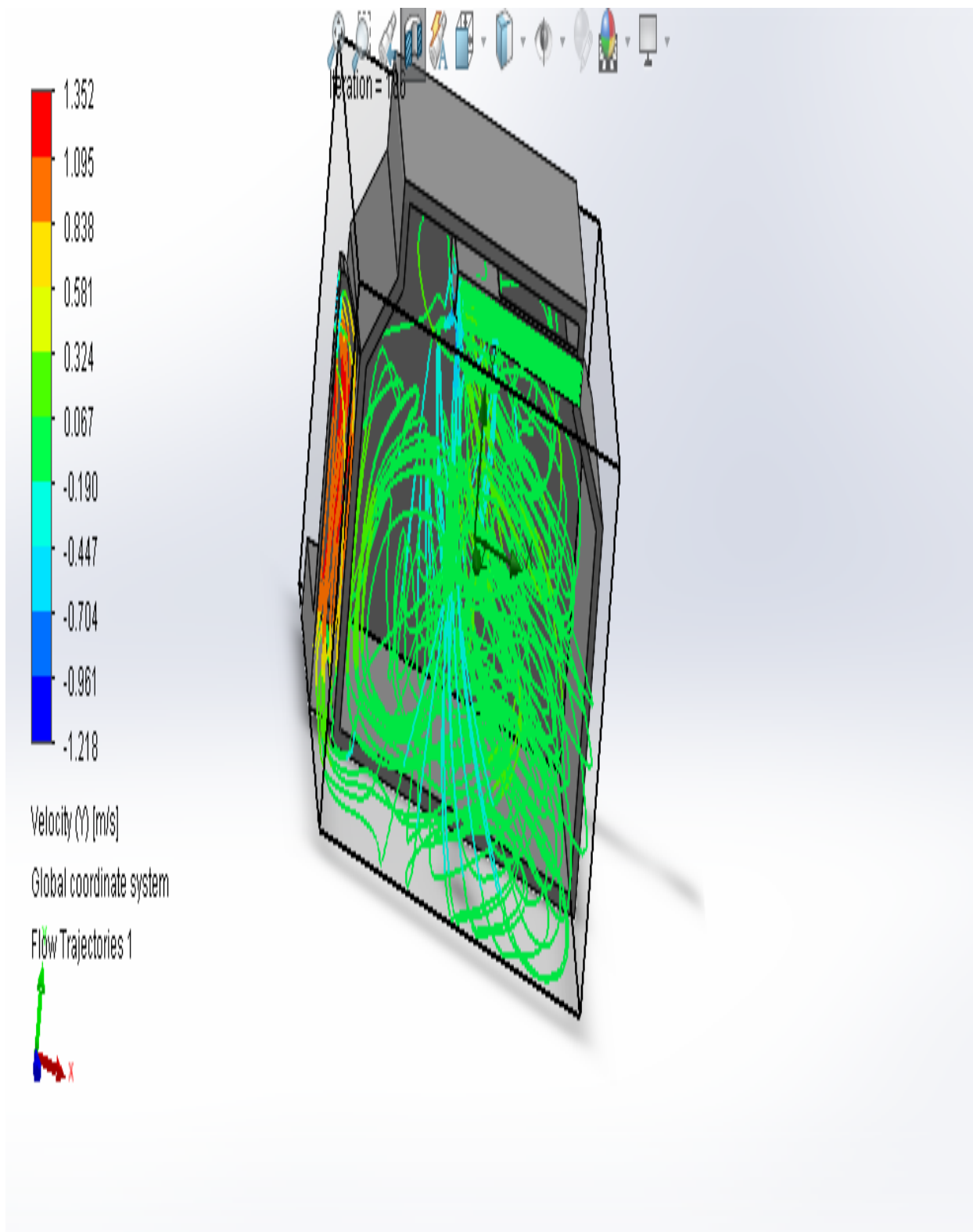
DELINEADO DE DUCTO DE VENTILACIÓN

The image shows the SolidWorks software interface for creating a ventilation duct. The top menu bar includes options like Archivo, Edición, Ver, Insertar, Herramientas, Simulation, and Ventana. The ribbon contains various tools for sketching and modeling, such as Croquis, Cota inteligente, Recortar entidades, Convertir entidades, Equidistanciar entidades, and Instant 2D. The left-hand tree view shows the model structure, including Primer Ducto (Predeterminado), Historial, Sensores, Anotaciones, Sólidos(1), Acero galvanizado, and various planes and extrusions. The central 3D model shows a vertical duct with a flange at the bottom. The bottom status bar indicates the current model is 'Modelo' and the view is 'Vistas 3D'.

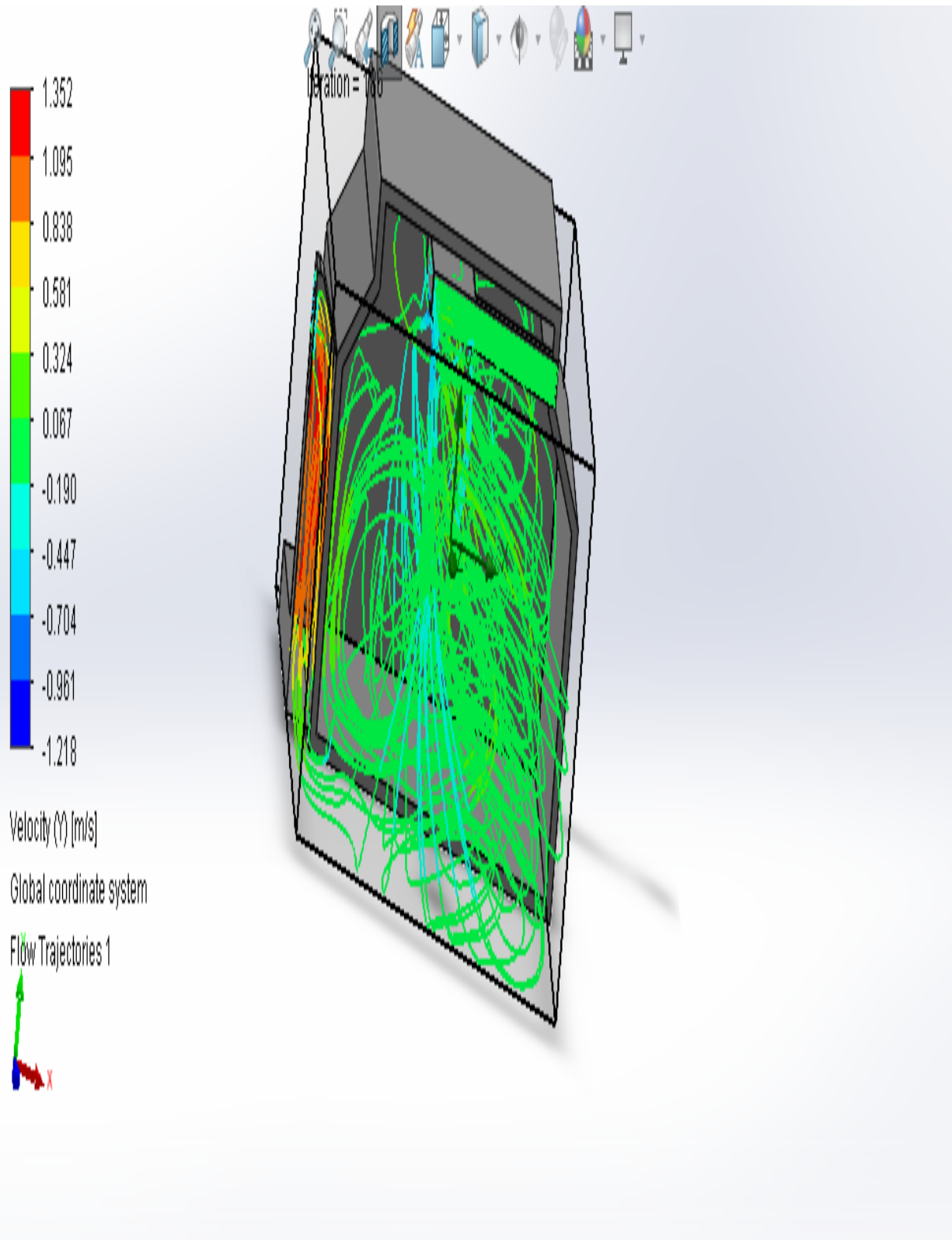
ENSAMBLAJE Y SIMULACIÓN DEL FLUIDO EN “X” DENTRO DE LA CABINA DE PINTURA AUTOMOTRIZ



ENSAMBLAJE Y SIMULACIÓN DEL FLUIDO EN “Y” DENTRO DE LA CABINA DE PINTURA AUTOMOTRIZ



ENSAMBLAJE Y SIMULACIÓN DEL FLUIDO EN “Z” DENTRO DE LA CABINA DE PINTURA AUTOMOTRIZ



Anexo L

TALLER DE PINTURA SHOPPING AUTOS VALENCIA, C.A



INTERIOR DEL HORNO DE SECADO, ILUMINACIÓN Y FILTROS



PUERTAS DEL HORNO DE SECADO



CHIMENEA DE SALIDA DE LOS GASES DE LA COMBUSTIÓN DEL QUEMADOR



TANQUE DEL COMBUSTIBLE DIÉSEL DE 200L



SISTEMA DE PRESIÓN DE AIRE



DUCTOS



DUCTOS



PANEL DE CONTROL ELÉCTRICO



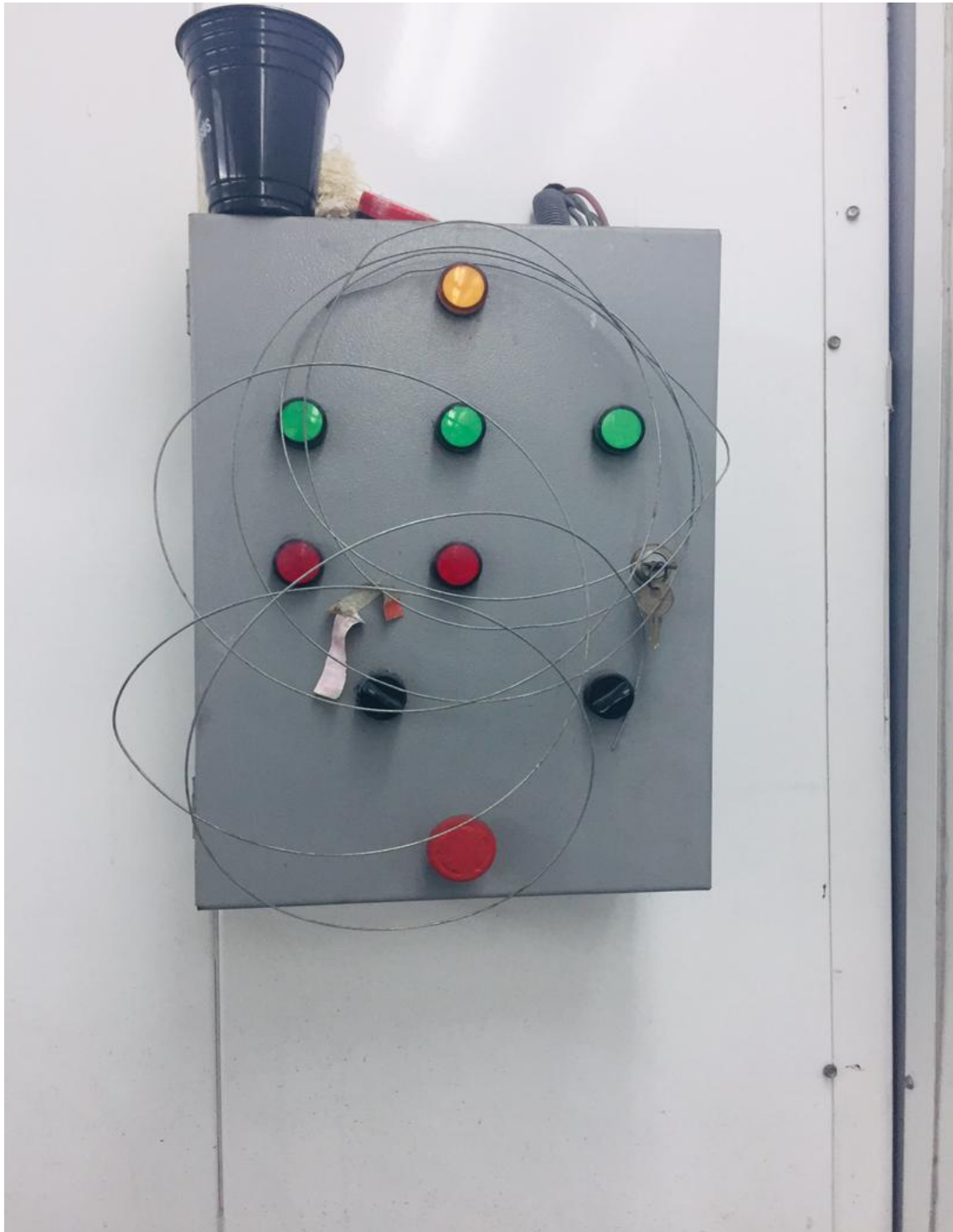
CABINA DE PINTURA



ABSORCIÓN DE PARTÍCULAS



PANEL DE CONTROL ELÉCTRICO



Anexo M

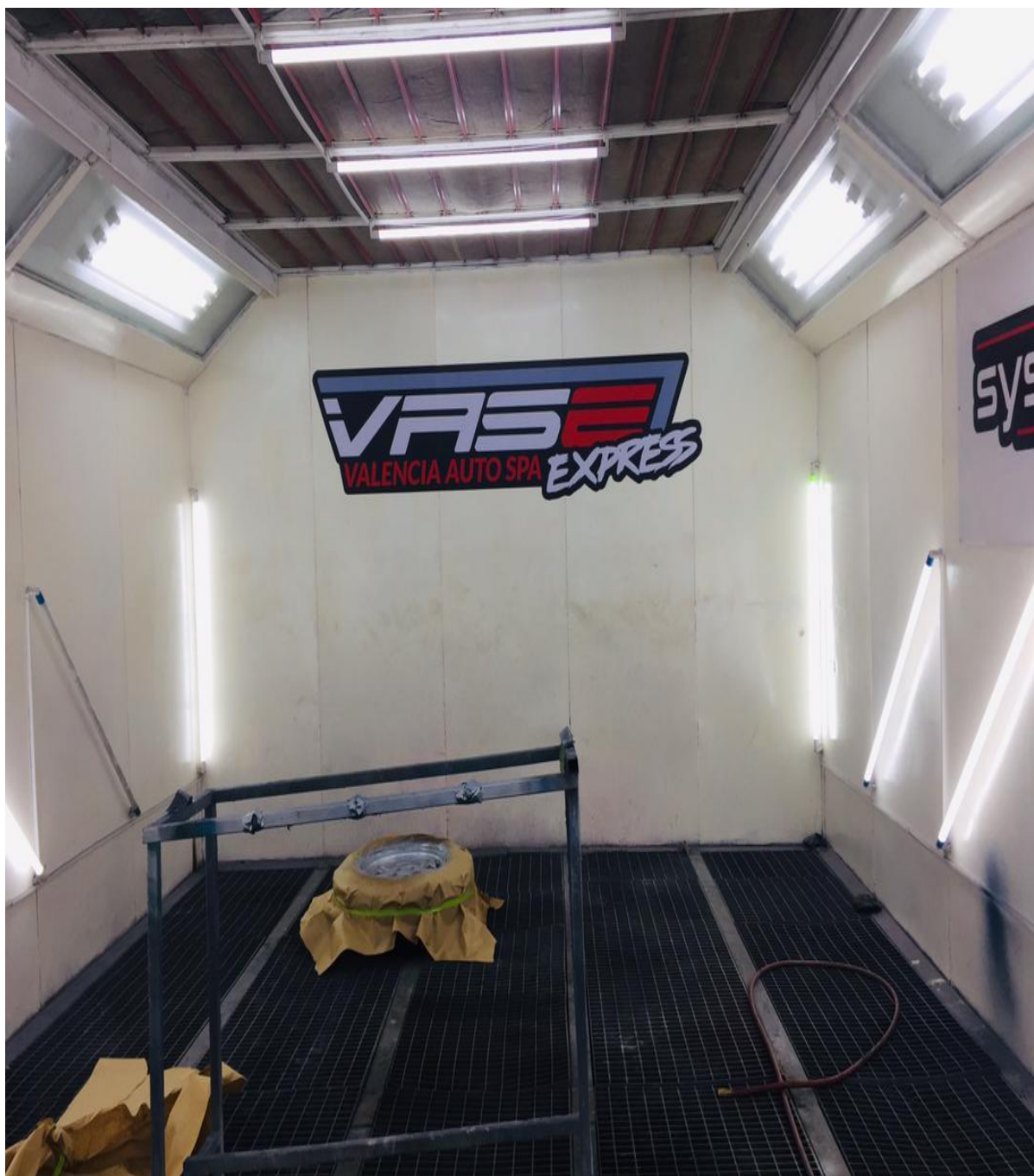
TALLER DE PINTURA VALENCIA AUTO SPA EXPRESS, C.A



PISO DE LA CABINA-HORNO



INTERIOR DE LA CABINA-HORNO



FILTROS DE LA CABINA-HORNO



ILUMINACIÓN DE LA CABINA-HORNO



SALIDA DE AIRE DEL COMPRESOR



DUCTOS



DUCTOS



Anexo N

ESQUEMA DE INSTALACIÓN



Anexo N

FICHA TÉCNICA DEL TUBO LED T8

Ficha técnica

Tubo LED T8 SMD2835 Epistar - Aluminio - 35W -240cm, Conexión dos Laterales

LEDBOX®



Tubo LED T8 SMD2835 Epistar - Aluminio - 35W -240cm, Conexión dos Laterales

Fabricado con cuerpo de aluminio y difusor en policarbonato opal. Materiales de alta calidad con chip led SMD2835 EPISTAR y driver CERTIFICADO CE por lo que aumenta la vida útil. Sustituyen a los tubos fluorescentes convencionales, ahorrando más del 60% de electricidad, no emite parpadeos ni radiaciones ultravioleta y su encendido es inmediato. Son de fácil sustitución, no requieren mantenimiento y aseguran una alta durabilidad.



35W



120°

HIGH
CRI



AC220V



T8



IP44

ESPECIFICACIONES

Conexiones de tubo led	Conexión por dos lados
Potencia	35W
Flujo luminoso	2900lm, 3150lm, 3500lm
Ángulo de apertura	120º
Temperatura de color	3000K, 4000K, 6000K
CRI	85
Alimentación	AC220V
Chip	Epistar SMD2835
Casquillo	T8 (TL-D)
Interior-exterior	Interior
Protección IP	IP44
Temp. de trabajo	-20°C +45°C
Factor de potencia	0.95

Dimensiones del producto

26x2400x26mm

Dimensiones del packaging

4x250x4cm

Certificados

CE

ROHS

ECORAEE

Ficha técnica

Tubo LED T8 SMD2835 Epistar - Aluminio - 35W -240cm, Conexión dos Laterales

LED BOX®

MODELOS

Color de luz	Temperatura color (k)	Luminosidad (lm)
Blanco cálido	3000K	2900lm
Blanco neutro	4000K	3150lm
Blanco frío	6000K	3500lm