

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

**TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN
MECANICA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO, SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
CLIMATIZACIÓN A GAS PARA LA CABINA DE PINTURA DE LA FACULTAD DE
MECANICA AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL
ECUADOR**

Proaño Cadena Pablo Andrés

Cajas Montalvo Martín Nicolás

Leiva Zambrano Bolívar Paúl

Director: Ing. Miguel Estuardo Granja Paredes

2010

Quito, Ecuador

CERTIFICACIÓN

Yo, Proaño Cadena Pablo Andrés declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Pablo A. Proaño.
CI: 1716866643

Yo, Miguel Estuardo Granja Paredes, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor, Proaño Cadena Pablo Andrés, es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Ing. Miguel Granja
Director Técnico de Trabajo de Grado

CERTIFICACIÓN

Yo, Cajas Montalvo Martín Nicolás, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Martín Cajas.
CI: 1714266150

Yo, Miguel Estuardo Granja Paredes, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor, Cajas Montalvo Martín Nicolás, es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Ing. Miguel Granja.
Director Técnico de Trabajo de Grado

CERTIFICACIÓN

Yo, Leiva Zambrano Bolívar Paul, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Paul Leiva
CI: 1713403143

Yo, Miguel Estuardo Granja Paredes, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor, Leiva Zambrano Bolívar Paul, es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Ing. Miguel Granja.
Director Técnico de Trabajo de Grado

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto es el resultado del esfuerzo conjunto de todos los que formamos el grupo de trabajo. Por esto agradezco a nuestro director de tesis, mis compañeros Martín y Paul, quienes a lo largo de este tiempo han puesto a prueba sus capacidades y conocimientos en el desarrollo de este proyecto. A mis padres y hermanos quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado, creyendo en mi sin dudar un solo momento de mis habilidades y capacidades.

Pablo A. Proaño.

A mi padre de quien aprendí todos sus valores y siempre fue un ejemplo a seguir de ética, responsabilidad, honestidad y trabajo, a mi madre por todas las innumerables cosas que cada día hizo y hace por mis hermanos y yo, quienes le debemos todo lo que somos y tenemos, y a mis hermanos quienes siempre me apoyaron, cuidaron, enseñaron y supieron ser mi luz en momentos oscuros.

Martin N. Cajas.

Quiero expresar mi mas sentido agradecimiento a mis padres, familia y compañeros sin los cuales no se hubiese culminado con este proyecto, además a los profesores y personas que colaboraron en el.

Bolívar P. Leiva

DEDICATORIA

La concepción y culminación de este proyecto está dedicada a mi familia, pilar fundamental en mi vida. A mis padres que con su esfuerzo y lucha incansable se han convertido en el gran ejemplo a seguir, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general.

Pablo A. Proaño.

Quiero dedicar este proyecto de tesis a mis padres y hermanos, que siempre me apoyaron y confiaron en mi potencial y capacidad para alcanzar todos los objetivos y metas planteadas a lo largo de mi vida y en especial a mi madre, una mujer increíble quien siempre a estado a mi lado y supo inculcarme todos los valores, consejos y herramientas necesarias para ser lo que soy.

Martin N. Cajas.

La culminación de esta tesis va dedicada a mi papa, mi mama y familia en general por que fueron la inspiración y apoyo incondicional para la culminación de la misma.

Bolívar P. Leiva.

INDICE GENERAL

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1	Descripción del problema.....	1
1.2	Antecedentes.....	1
1.3	Justificación.....	2
1.4	Marco teórico.....	3
1.4.1	Historia de la pintura automotriz.....	3
1.4.2	Evolución de los acabados automotrices.....	4
1.4.3	Pintura automotriz.....	5
1.4.4	Componentes básicos de la pintura automotriz.....	5
1.4.4.1	Ligantes.....	5
1.4.4.2	Pigmentos.....	6
1.4.4.2.1	Clasificación y función de los pigmentos.....	6
1.4.4.3	Ajustadores.....	7
1.4.5	Clasificación de las pinturas.....	7
1.4.6	Factores ambientales y de aplicación que afectan a las pinturas.....	8
1.4.7	Mantenimiento de la pintura de acabado.....	9
1.5	Cabinas de pintura.....	9
1.5.1	Concepto básico de cabina de pintura.....	9
1.5.2	Tipos de cabina de pintura automotriz.....	10
1.5.2.1	Cabinas de infrarrojos.....	10
1.5.2.2	Cabinas-hornos de pintura.....	11
1.5.2.3	Transferencia de calor.....	11

1.5.2.3.1	Conducción térmica.....	12
1.5.2.3.2	Convección térmica.....	13
1.5.2.3.3	Radicación térmica.....	14
1.6	Energía calorífica.....	14
1.7	Atmosfera de un horno.....	15
1.8	Acondicionamiento de aire.....	15
1.9	Aspectos medioambientales y de seguridad.....	16

CAPITULO 2

DISEÑO Y SELECCIÓN DEL HORNO

2.1	Introducción.....	18
2.2	Diseño térmico.....	19
2.2.1	Consumo total de calor.....	20
2.2.1.1	Calor consumido por la cabina.....	21
2.2.1.2	Calor consumido por el auto.....	21
2.3	Quemador.....	22
2.3.1	Principio de funcionamiento del combustible gaseoso.....	23
2.3.2	Selección del Quemador a gas.....	23
2.4	Aislante térmico.....	24
2.5	Diseño del sistema de ventilación.....	26
2.5.1	Caudal de aire al ingreso.....	27
2.5.2	Caudal de aire a la salida.....	27
2.5.3	Selección del diámetro del ducto.....	28
2.5.3.1	Cálculo del diámetro del ducto.....	28
2.5.3.2	Diámetro del ducto principal.....	29

2.5.3.3	Ducto equivalente cuadrado.....	29
2.5.3.4	Ducto equivalente rectangular.....	29
2.6	Diseño y modificación de ductos.....	30
2.6.1	Diseño del nuevo sistema de evacuación de aire.....	31
2.6.2	Diseño del nuevo sistema de admisión de aire.....	35
2.7	Diseño del ducto de recirculación.....	38
2.8	Sistema de ventilación.....	40
2.8.1	Selección de ventiladores.....	41
2.8.1.1	Extractores seleccionados.....	42
2.8.1.2	Ventilador seleccionado.....	43
2.8.2	Motor del ventilador.....	44
2.8.2.1	Aplicaciones del motor.....	45
2.8.2.2	Desempeño y calidad del motor.....	46
2.8.3	Poleas.....	46
2.8.3.1	Principales posibilidades de reductor o multiplicador de velocidades....	48
2.8.3.1.1	Disminuir la velocidad de giro.....	48
2.8.3.1.2	Mantener la velocidad de giro.....	48
2.8.3.1.3	Aumentar la velocidad de giro.....	48
2.8.3.2.	Selección de poleas entre motor y ventilador.....	49
2.8	Aislamiento de ductos.....	50
2.8.1	Tipos de aislamientos.....	50
2.9	Silicona sellante.....	51
2.9.1	Datos técnicos de la silicona sellante.....	52
2.10	Sistema eléctrico.....	53
2.10.1	Circuitos eléctricos.....	53

2.10.2	Sistema de iluminación.....	53
2.10.2.1	Puntos clave para una buena iluminación industrial.....	54
2.10.2.2	La iluminación dentro de cabinas de pintura.....	55
2.10.2.2.1	Lámparas fluorescentes.....	55
2.10.2.3	Sistema de iluminación de la cabina.....	56
2.10.3.	Sistema de control.....	56
2.10.3.1	Tablero de control.....	57
2.11.	Seguridad y mantenimiento del equipo instalado.....	58

CAPITULO 3

PROCESO DE MODIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN

3.1	Proceso de modificación de la cabina.....	61
3.1.1	Extracción de partes inservibles.....	62
3.1.1.1	Extracción del ducto posterior.....	62
3.1.1.1.1	Extracción del ventilador de salida.....	63
3.1.1.2	Extracción del cableado y sistema eléctrico.....	64
3.1.1.3	Extracción del enrejado y filtro de admisión.....	65
3.1.1.4	Extracción de cañerías de aire y acoples de presión.....	66
3.1.1.5	Extracción del tol exterior.....	67
3.1.2.	Colocación del aislante térmico.....	69
3.1.3	Modificación del ducto paralelo del piso de la cabina.....	71
3.1.3.1	Reducción del ducto en la parte posterior.....	74
3.1.4	Reparación y corrección de defectos internos de la cabina.....	76
3.1.5	Construcción y colocación de ángulos laterales de techo.....	78
3.1.6	Reubicación de lámparas para la iluminación.....	80

3.1.7	Reducción de la parte interior del ducto superior de admisión.....	81
3.1.8	Ducto de recirculación.....	83
3.1.8.1	Construcción del ducto de recirculación.....	83
3.1.8.1	Colocación y montaje del ducto de recirculación.....	84
3.1.8.2	Construcción y montaje de las bases dentro del ducto.....	89
3.1.9	Ducto de extracción.....	90
3.1.9.1	Construcción del ducto de extracción.....	90
3.1.9.2	Montaje de los extractores dentro del ducto.....	92
3.1.10	Montaje de las poleas en ventilador y motor.....	93
3.1.11	Montaje del ventilador dentro del ducto.....	94
3.1.12	Montaje del motor dentro del ducto.....	95
3.1.13	Montaje del quemador dentro del ducto.....	95
3.1.14	Montaje del tablero de control.....	98
3.1.15	Montaje del filtro y enrejado del ducto de admisión.....	99
3.1.16	Acabados finales.....	100
3.2	Diagrama de trabajo.....	100
3.3	Hoja de procesos.....	104

CAPITULO 4

PRUEBAS Y EVALUACION DE RESULTADOS

4.1	Pruebas.....	110
4.1.1	Pruebas sin carga.....	110
4.1.2	Pruebas con carga.....	111
4.2	Análisis de resultados.....	112

CAPITULO 5

ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO

5.1	Antecedentes.....	116
5.2	Factores externos.....	116
5.2.1	Factores Políticos.....	116
5.2.2	Factores sociales.....	117
5.2.3	Factores económicos.....	117
5.3	Factores internos.....	118
5.3.1	Factor económico interno.....	118
5.3.2	Factor tecnológico.....	118
5.4	Costos de inversión, producción y ejecución.....	119
5.4.1	Materiales.....	119
5.4.2	Mano de Obra.....	121
5.4.3	Costo preliminar del Proyecto.....	121
5.4.4	Costo de diseño y coordinación.....	121
5.4.5	Costo total final.....	122
5.5	Recuperación de la inversión.....	123
5.5.1	Depreciación.....	123

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones.....	124
6.2	Recomendaciones.....	126
6.3	Bibliografía.....	128
6.4	Glosario de términos.....	129

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Evolución de los acabados automotrices.....	5
Tabla 1.2	Clasificación de los pigmentos.....	7
Tabla 1.3	Clasificación de las pinturas.....	7
Tabla 2.1	Calores consumidos.....	20
Tabla 2.2	Propiedades del aire.....	21
Tabla 2.3	Propiedades del acero.....	22
Tabla 2.4	Tabla de propiedades del quemador a gas.....	24
Tabla 2.5	Propiedades aislante térmico.....	26
Tabla 2.6	Características técnicas de los extractores.....	42
Tabla 2.7	Características del ventilador soplador.....	43
Tabla 2.8	Datos técnicos de Sikaflex 221.....	52
Tabla 4.1	Análisis de resultados sin carga.....	112
Tabla 4.2	Análisis de resultados con carga.....	113
Tabla 5.1	Materiales y Equipos Utilizados.....	119
Tabla 5.2	Costo de mano de obra y otros.....	121
Tabla 5.3	Costo preliminar.....	121
Tabla 5.4	Costo de Diseño e Ingeniería.....	122
Tabla 5.5	Costo total final.....	122

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Conducción térmica.....	12
Figura 1.2	Convección forzada térmica.....	13
Figura 1.3	Convección natural térmica.....	14
Figura 1.4	Radiación térmica.....	14
Figura 2.1	Esquema básico de una cabina de pintura.....	18
Figura 2.2	Quemador a gas.....	24
Figura 2.3	Fibra de vidrio por rollos.....	25
Figura 2.4	Cabina de pintura original.....	31
Figura 2.5	Esquema de ducto de salida antiguo vista superior de la cabina.....	31
Figura 2.6	Esquema de ducto de salida antiguo vista superior de la cabina.....	32
Figura 2.7	Esquema de ducto de salida antiguo vista posterior de la cabina.....	32
Figura 2.8	Esquema de ducto de salida nuevo vista superior de la cabina.....	33
Figura 2.9	Esquema de ducto de salida nuevo vista lateral de la cabina.....	33
Figura 2.10	Esquema de ducto de salida nuevo vista posterior de la cabina.....	33
Figura 2.11	Esquema de ducto de salida ubicación de elementos.....	34
Figura 2.12	Esquema de ducto de salida vista posterior.....	35
Figura 2.13	Esquema de ducto de admisión antiguo vista superior de la cabina...36	
Figura 2.14	Esquema de ducto de admisión antiguo vista lateral de la cabina.....	36
Figura 2.15	Esquema de ducto de admisión antiguo vista frontal de la cabina.....	36
Figura 2.16	Esquema de ducto de admisión nuevo vista superior de la cabina....	37
Figura 2.17	Esquema de ducto de admisión nuevo vista lateral izquierda de la	

	cabina.....	37
Figura 2.18	Esquema de ducto de admisión nuevo vista frontal de la cabina.....	38
Figura 2.19	Esquema del ducto de recirculación.....	39
Figura 2.20	Esquema del ducto de recirculación con elementos.....	40
Figura 2.21	Extractor.....	42
Figura 2.22	Ventilador Dayton.....	44
Figura 2.23	Dimensiones motor marca Weg.....	45
Figura 2.24	Relación entre poleas.....	47
Figura 2.25	Poleas-disminuir la velocidad de giro.....	48
Figura 2.26	Poleas-mantener velocidad de giro.....	48
Figura 2.27	Poleas-Aumentar la velocidad de giro.....	49
Figura 2.28	Esquema básico de relacion de poleas.....	49
Figura 2.29	Silicona sellante.....	51
Figura 2.30	Tablero de control seleccionado.....	57
Figura 3.1	Cabina de pintura.....	61
Figura 3.2	Antiguo ducto de evacuación.....	62
Figura 3.3	Silicona sellante y ángulo de sujeción.....	63
Figura 3.4	Armazón y espuma sellante.....	64
Figura 3.5	Extracción con amoladora.....	64
Figura 3.6	Lámparas ubicación original.....	65
Figura 3.7	Extracción del filtro y enrejado de admisión 1.....	66
Figura 3.8	Extracción del enrejado y filtro de admisión 2.....	66
Figura 3.9	Ductos de aire a presión.....	67

Figura 3.10	Cabina sin tol exterior.....	68
Figura 3.11	Extracción ventilador del ducto de admisión.....	68
Figura 3.12	Sección de la cabina recubierta con lana de fibra.....	69
Figura 3.13	Lámina y fibra remachadas.....	69
Figura 3.14	Lana de fibra en el techo de la cabina.....	70
Figura 3.15	Cabina recubierta en su totalidad con lana.....	71
Figura 3.16	Ducto paralelo de extracción partes a modificar 1.....	72
Figura 3.17	Trabajos en ducto paralelo.....	72
Figura 3.18	Ductos paralelos de extracción partes a modificar 2.....	73
Figura 3.19	Ductos paralelos de extracción partes a modificar 3.....	74
Figura 3.20	Ductos paralelos de extracción partes a modificar 4.....	74
Figura 3.21	Modificación de ducto en parte de extracción en la parte posterior...75	
Figura 3.22	Modificación de ducto de extracción en la parte posterior terminado.75	
Figura 3.23	Esquema de ducto antiguo y ducto nuevo de extracción.....	76
Figura 3.24	Deformaciones internas de la cabina.....	77
Figura 3.25	Ducto de admisión sin ventilador.....	78
Figura 3.26	Esquema ángulos reductores inclinados.....	79
Figura 3.27	Cabina original de pintura sin ángulos laterales de techo.....	79
Figura 3.28	Ángulos laterales de techo.....	80
Figura 3.29	Esquema de dimensiones y ubicación de las lámparas.....	81
Figura 3.30	Esquema reducción del ducto de admisión (vista lat.).....	82
Figura 3.31	Esquema reducción del ducto de admisión (vista frontal).....	82
Figura 3.32	Esquema del ducto de recirculación.....	84

Figura 3.33	Trabajos en ducto de recirculación (vista superior).....	85
Figura 3.34	Ducto de recirculación vista posterior.....	86
Figura 3.35	Ducto recirculación unión con admisión.....	87
Figura 3.36	Esquema ducto de recirculación (vista superior y frontal).....	88
Figura 3.37	Ducto de recirculación montado.....	89
Figura 3.38	Esquema bases dentro del Ducto (vista superior y frontal).....	89
Figura 3.39	Bases dentro del ducto montadas.....	90
Figura 3.40	Esquema ducto de recirculación.....	90
Figura 3.41	Esquema ventiladores dentro del ducto de extracción.....	92
Figura 3.42	Polea montada en el eje del ventilador.....	93
Figura 3.43	Esquema montaje del ventilador soplador en ducto.....	94
Figura 3.44	Esquema montaje del quemador.....	95
Figura 3.45	Esquema montaje del quemador y la flama.....	96
Figura 3.46	Cámara de combustión montada en el ducto.....	97
Figura 3.47	Tubos calefactores.....	97
Figura 3.48	Esquema montaje tablero de control.....	99

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	Volumen de la cabina.....	134
ANEXO 2	Calor consumido por el vehículo.....	137
ANEXO 3	Capacidad máxima del quemador.....	138
ANEXO 4	Tabla de selección de ductos.....	139
ANEXO 5	Circuito eléctrico de luces.....	140
ANEXO 6	Tabla de propiedades del aislante cerámico.....	142
ANEXO 7	Esquema eléctrico y electrónico de control.....	143
ANEXO 8	Manual de usuario y recomendaciones generales para el uso de la cabina horno.....	144
ANEXO 9	Planos 3d en Autocad de la cabina horno de pintura.....	150
ANEXO 10	Galería fotográfica.....	152

S I N T E S I S

El presente trabajo de tesis consiste básicamente en la transformación de la cabina de pintura automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador en una cabina horno, esto con la finalidad de no solo brindar un espacio esterilizado idóneo para los trabajos de pintura que es lo que proporcionaba la cabina sino también un espacio ideal para trabajos de acabados automotrices mediante la climatización del ambiente dentro de la cabina, consiste en la modificación del sistema de evacuación de gases nocivos en la fase de pintura con las respectivas mejoras, incluyendo la reubicación de los extractores existentes para mejorar la circulación o renovación de aire en este proceso.

Adicionalmente el diseño, selección y construcción de un sistema de recirculación de aire para la fase de secado, esta consta de un ducto de recirculación de aire que en el proceso de secado lo que hace es permitir la reutilización del aire del interior de la cabina, el aire es elevado a una temperatura seleccionada con lo que se mejora notablemente el acabado de la pintura automotriz, esto se logra mediante la instalación de un quemador a gas para elevar la temperatura, un ventilador tipo soplador y un motor eléctrico que hará girar al ventilador.

El quemador es seleccionado de acuerdo a la masa de aire que se contiene en la cabina y la masa del vehículo a calentar, el ventilador cumple la misión de hacer re circular el aire contenido en la cabina a través de un elemento calefactor ubicado en el interior del ducto de recirculación con lo que se eleva la temperatura del aire hasta lo seleccionado.

El censo de la temperatura se realiza mediante un sensor térmico de aplicación, este está controlado por un circuito electrónico que a su vez esta instalado en un tablero de control, este contiene también los interruptores de los ventiladores y el quemador así como un graduador de temperatura donde se selecciona la temperatura de operación de la cabina, el sistema está censando constantemente la temperatura y apaga o enciende automáticamente el quemador para mantener la temperatura seleccionada.

S I N T E S I S E N I N G L E S

This thesis is basically the transformation of automotive paint cabin at the International University of Ecuador in a cabin oven, this in order to not only provide a sterile space suitable for painting work is what provides the cabin but also an ideal space for automotive finishes work environment through the air conditioning inside the cabin, is the modification of the evacuation system of harmful gases in the process of painting with the respective improvements, including relocation of existing extractors improve air circulation or renewal in this process.

Additionally the design, selection and construction of an air recirculation system for the drying phase, it consists of a recirculating air duct in the drying process it does is allow the reuse of air inside the cabin, the air is raised to a selected temperature thereby greatly improves the automotive paint finish, this is achieved by installing a gas range to raise the temperature, a fan type blower and an electric motor that will spin the fan . The burner is selected according to the air mass that is contained in the cabin and the vehicle mass to heat, the fan meets the mission to re circulate the air in the cabin through a heating element located inside recirculation duct with rising air temperature until it selected. The census of temperature is achieved by a thermal sensor application, this is controlled by an electronic circuit which in turn is installed on a dashboard, this also contains the switches and the burner fan and a temperature grader where you select the operating temperature of the cabin, the system is constantly census temperature and automatically turn off or turn on the burner to maintain the selected temperature

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Este proyecto se desarrolló con la finalidad de instalar un sistema de climatización a gas dentro de la cabina de pintura de la Universidad Internacional del Ecuador.

Esta idea se basa en que actualmente se realizan trabajos de pintura al horno es decir los trabajos de pintura convencionales están quedando relegados, de ahí nace la necesidad de la Universidad de no solo tener una cabina de pintura, sino también la posibilidad de contar con un horno de pintura, que a mas de mejorar los laboratorios es de fundamental ayuda para la formación de los alumnos, y, si es necesario llegar a ser un usada como elemento lucrativo para la institución.

1.2. ANTECEDENTES

En los últimos tiempos los procesos de pintura automotriz han evolucionando de acuerdo a los avances tecnológicos y a las necesidades de producción en gran escala o en masa, también con la necesidad de proporcionar mejores acabados en menos tiempo y con una reducción de costos considerable para lo cual se construyó o se diseñó la cabina de pintura que posteriormente se convirtió en horno de pintura automotriz cuando se le introdujo un climatizador.

El desarrollo de este proyecto permitirá que la facultad de la Universidad Internacional del Ecuador cuente con una moderna cabina de pintura al horno acorde a los avances tecnológicos y que cubra las necesidades de los estudiantes de la Facultad.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La razón para la realización del presente proyecto es introducir a la cabina de pintura de la Universidad Internacional en el mundo de la pintura al horno y la mejora de los acabados automotrices, por lo cual este proyecto busca diseñar, seleccionar y montar un sistema de climatización que colabore con la formación de los estudiantes de la facultad y sea de gran aporte para los laboratorios de la Universidad internacional del Ecuador.

Es así que el proyecto constará de un sistema electrónico de control de censo y regulación de temperatura, un sistema a gas que permitirá que se encienda el calefactor, un ventilador llamado soplador que empujará el aire a través del equipo calefactor, un sistema de extracción de aire con filtro hacia el exterior de la facultad y un sistema de recubrimiento que funcionará como sellador y aislante térmico. Para esto la cabina sufrirá modificaciones a nivel estructural así como la adición de nuevos equipos de primer nivel tecnológico.

1.4. MARCO TEÓRICO

1.4.1. Historia de la pintura automotriz

Los primeros antecedentes sobre pintura automotriz se encuentran a finales del siglo pasado, con algo conocido como barniz japonés, que se usaba para pintar los carruajes y coches que eran tirados por caballos. Esto fue utilizado por la naciente industria automotriz, a través de un proceso de pintura con brocha, muy empírico, y un trabajo de varios días y hasta semanas en los que se pintaba los primeros automóviles que se producían.

A principio de los años veinte se desarrolló una pintura que fue una laca a base de resina de nitrocelulosa, este producto superaba por mucho al barniz japonés en cuanto a terminado y tiempo de secado, pero debido a los inconvenientes que presentaba el pintado con brocha empezaron a aparecer las primeras pistolas de aplicación por medio de aire a presión, las mismas que permitieron mayor rapidez, mejor acabado y secado debido a la aplicación uniforme que estas permitían, además de proporcionar la facilidad de encerar y pulir, lo que perfeccionaba la apariencia y durabilidad del acabado en forma considerable.

A continuación de este y gracias a los avances tecnológicos apareció el esmalte, que superaba por mucho a la laca en cuanto a flexibilidad, brillo y durabilidad, por lo que reemplazó a sus antecesores con mucha facilidad y contribuyó de gran manera a la producción de vehículos en serie.

A principios de la década de los 60`s se dio el siguiente paso considerable en cuanto a recubrimientos automotrices con la creación de la laca acrílica y el esmalte acrílico, cuyas características resultaron ser superiores a los demás productos ya existentes.

Luego en la década de los 70`s surgieron los esmaltes de poliuretano básicos que superaban a los esmaltes acrílicos, en cuanto a dureza y resistencia, poco después aparecen los acrílico-uretanos que presentaban mucha mayor resistencia a los agentes químicos producidos por la contaminación. A finales de los 80`s y usados hasta hoy en día aparecen los sistemas bicapas y tricapas, cuyas bases elaboradas con resina de polietileno y resina de poliéster, proporcionan una mayor durabilidad, belleza, profundidad y protección como recubrimiento automotriz.

Además no se puede dejar pasar por alto las innumerables innovaciones que se están dando en cuanto a pinturas agua-base y altos sólidos, en la actualidad existen ya excelentes acabados para el mundo automotor, además gran cantidad de los estudios e investigaciones actualmente realizados están enfocados a mejorar este tipo de productos como es el caso de los altos sólidos, que no emiten solventes a la atmósfera, reducen la contaminación y se encaminan a ser predominantes dentro de la pintura de recubrimiento y embellecimiento automotriz.

1.4.2. Evolución de los acabados automotrices

La tabla siguiente muestra la evolución de los acabados automotrices:

Tabla 1.1. Evolución de los acabados automotrices¹

EVOLUCIÓN DE LOS ACABADOS AUTOMOTRICES
LACA DE NITROCELULOSA
ESMALTE ALQUIDALICO
LACA ACRILICA
ESMALTE ACRILICO
ESMALTE DE POLIURETANO
ESMALTE ACRILICO URETANO

1.4.3. Pintura automotriz

La pintura es un compuesto conformado comúnmente por ligantes, pigmentos y ajustadores, este es un producto generalmente encontrado en estado líquido, y se aplica sobre superficies a las cuales se adhiere, se seca y forma un recubrimiento que sella, protege y embellece superficies.

1.4.4. Componentes básicos de la pintura automotriz

Básicamente la pintura se encuentra compuesta por ligantes, ajustadores y pigmentos.

1.4.4.1. Ligantes

Los ligantes están formados por materiales como la nitrocelulosa llamados resinas, la acrílica, el poliuretano y otras que son disueltas en ajustadores.

¹ http://www.venezolanadepinturas.com/reacabado_his.htm

El ligante es el responsable de mantener unidos todos los componentes que conforman la pintura.

Puede servir para proteger el acabado del recubrimiento contra los ataques inclementes del medio ambiente y del uso, garantizando la durabilidad. Esto quiere decir que pone resistencia al desgaste por luz solar, la lluvia, la contaminación ambiental y el rayado, también tiene la función de proporcionar brillo y tersura al acabado, además de evitar el agrietamiento del recubrimiento.

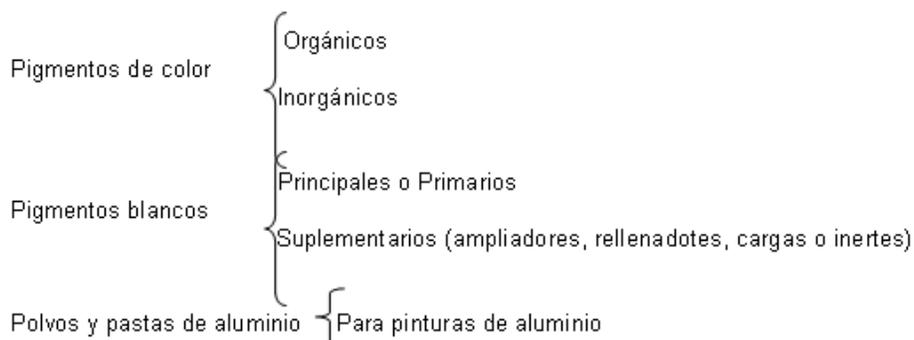
1.4.4.2. Pigmentos

Por pigmento se define a una sustancia colorida, finamente dividida, que es esencialmente insoluble en el medio en el cual va a ser dispersado (los colorantes son solubles y no serán considerados dentro de ésta presentación).

1.4.4.2.1. *Clasificación y función de los pigmentos.*- Imparten color para mejorar la presentación y acabado y también los pigmentos dan poder de recubrimiento a la pintura protegiendo superficies de elementos externos reacciones químicas e inclemencias climáticas.

Se clasifican en tres tipos generales que son: pigmentos de color, pigmentos blancos y pigmentos de aluminio, para una mejor clasificación se muestra la tabla siguiente:

Tabla 1.2. Clasificación de los pigmentos



1.4.4.3. Ajustadores

Son productos líquidos de composición variada, estos facilitan la aplicación del recubrimiento y el lavado de las herramientas o piezas de trabajo, mejoran los acabados y también influyen en el tiempo de secado de acuerdo a las necesidades del pintor.

1.4.5. Clasificación de las pinturas

Las pinturas pueden clasificarse de muy diversas maneras, atendiendo a varios factores:

Tabla 1.3. Clasificación de las pinturas²

Según	Tipo
Medio ambiente	Interiores
	Exteriores

² <http://www.monografias.com/trabajos37/pintura-organica/pintura-organica.shtml>

Grado de brillo	Mate
	Semi mate
	Brillante
Condiciones de secado	Secado de aire
	Secado forzado
	Secado de horneado
Medio de aplicación	Brocha
	Pistola
	Inmersión
Uso general	Industrial
	Domésticos
	Misceláneos
Manera de endurecimiento	Oxidación
	Termo polimerización
	Por evaporación
	Por agente curador
Uso específico	Marinas
	Para maquinarias
	Para pisos
	para implementos agrícolas
	para aparatos domésticos

1.4.6. Factores ambientales y de aplicación que afectan en las pinturas

Las pinturas y los acabados o recubrimientos automotrices pueden verse afectados o influenciados por factores ambientales que pueden interferir en la tonalidad de color, así como directamente en el tiempo de secado, también influye en esto la composición de la pintura, el tipo de mezcla, cantidad de ajustador y adelgazante o tiñen que se utilice.

También influyen en cuanto a la pistola, la presión de aire utilizada, la abertura de la boquilla, el control de aguja, la presión de aire, el abanico de aplicación, además de las herramientas utilizadas, y la distancia de aplicación, la velocidad y el tiempo entre manos en cuanto a técnica de aplicación utilizada.

1.4.7. Mantenimiento de la pintura de acabado

La pintura de acabado o acabado automotriz tienen como objetivo básico hacer visualmente atractivo un elemento, parte provee al mismo de propiedades protectoras y anticorrosivas a factores ambientales como lluvia, excesiva temperatura ambiental, polvo. Cabe indicar que la película protectora de pintura al estar expuesta constantemente a cambios ambientales y sin el correcto mantenimiento o si este es dejado de lado, podría ir perdiendo sus propiedades como el brillo y llegar al punto de sufrir daños como resquebrajamiento o agrietamiento. Por tal razón el propósito del mantenimiento de pinturas de acabado es evitar los deterioros y conservar el perfecto estado de la pintura. Los tipos de mantenimiento y materiales varían de acuerdo a la composición o tipo de pintura.

1.5. CABINAS DE PINTURA

1.5.1. Concepto básico de cabina de pintura

La cabina de pintura es un recinto cerrado herméticamente donde se introduce el vehículo o pieza a pintar. Es un elemento indispensable en un taller de pintura actual, ya que en este se produce el ambiente idóneo para un trabajo de repintado con calidad, pero es de vital importancia no solo por la calidad en acabados que proporciona si no también desde el punto de vista de la seguridad industrial, ya que reduce los riesgos laborales y ambientales ya que evita la emisión a la atmósfera de partículas de pintura y compuestos orgánicos volátiles.

1.5.2. Tipos de cabina de pintura automotriz

Existen varios tipos de cabinas de pintado, las cuáles presentan el mismo principio de funcionamiento, pero varían en dimensiones u ofrecen distintas alternativas para adaptarse al espacio disponible en el taller y posibilidades económicas de los inversores o propietarios de talleres. Además una cabina puede ofrecer distintas opciones, como caudales de aire que van desde los 10.000 a los 60.000 m³/h, con grupo de aspiración e impulsor de aire de uno o dos motores, equipo de calefacción de funcionamiento eléctrico, a gas, o luz solar (poco factible), con o sin equipos depuradores de carbón activo, con enrejillado y trampa de agua, equipados con secado mediante radiación infrarroja. En fin el funcionamiento es el mismo pero lo que cambia es la configuración y equipamiento de acuerdo a las necesidades y demandas de los talleres.

1.5.2.1. Cabinas de infrarrojos

Los equipos de infrarrojos están destinados a reducir los tiempos de secado aumentando la productividad y economizando recursos.

Con este sistema el secado se realiza desde adentro hacia afuera que es lo que lo diferencia del sistema convencional de calentamiento por aire, funciona exponiendo la superficie a secar a una pantalla emisora de radiación, la radiación emitida atraviesa el aire sin elevar al temperatura ambiental. La película de pintura de acabado apenas absorbe energía esta es atravesada por completo

y llega hacia la superficie o chapa pintada la cual si absorbe la radiación y se calienta. Con esto se reducen los tiempos de secado debido a que el calentamiento se da de adentro hacia afuera.

1.5.2.2. Cabinas - hornos de pintura

Una vez ya realizado todo el proceso de pintura se procede al proceso de secado este puede realizarse a una temperatura ambiente aproximadamente 18°C o acelerar el proceso de secado aumentando la temperatura a un rango entre 30 a 60°C. Por lo general, la misma cabina de pintura actúa como horno de pintura, circulando el aire en su interior a una temperatura deseada durante unos 45 minutos de secado aproximadamente. Por lo tanto, estas cabinas-hornos tienen dos fases de funcionamiento: La primera, una fase de pintado y acabados automotrices, con un volumen de aire admitido determinado y temperatura ambiental pero proporcionando la correcta evacuación de aire impuro. Y una segunda, la fase de secado, donde se ingresa aire calentado a una temperatura adecuada aproximada de 35°C y durante un tiempo determinado para apresurar y mejorar el proceso de secado.

1.5.2.3. Transferencia de calor

Transferencia de calores el proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos elementos, o entre diferentes partes de un mismo elemento que están a distinta temperatura.

El calor puede ser transferido mediante 3 procesos convección, radiación o conducción, estos procesos pueden realizarse simultáneamente o también puede ocurrir que solo se de uno de ellos.

1.5.2.3.1. *Conducción térmica.*- En la actualidad aún no se comprende la forma o el mecanismo exacto de la conducción de calor entre cuerpos sólidos pero la única forma en que se transmite el calor es por conducción.

Esta teoría explica por qué los buenos conductores eléctricos también tienden a ser buenos conductores del calor.

La ley de Fourier de la conducción del calor establece que la velocidad de conducción de calor a través de un cuerpo por unidad de sección transversal es proporcional al gradiente de temperatura que existe en el cuerpo (con el signo cambiado).

Este factor se denomina conductividad térmica. Los materiales como el oro o el cobre tienen altas conductividades térmicas, mientras que materiales como el vidrio tienen conductividades menores, debido a lo cual son conocidos como aislantes térmicos ya que no conducen calor.

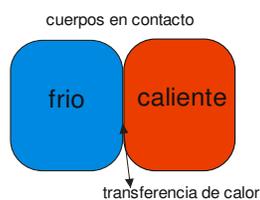


Figura 1.1. Conducción térmica

1.5.2.3.2. *Convección térmica.*-La convección se da entre un líquido o gas que está en movimiento y una superficie solida, esto está íntimamente ligado con el movimiento del fluido y la conducción térmica.

Es decir la transferencia de calor es directamente proporcional al movimiento del fluido, en el caso de que no exista ningún movimiento por parte del fluido la transferencia de calor se da netamente por conducción.

Existen 2 tipos de convección: la forzada y la natural.

La convección forzada se da por ejemplo cuando colocamos una placa metálica caliente frente a un ventilador, en este caso se disipa el calor debido a una transferencia de calor por convección.

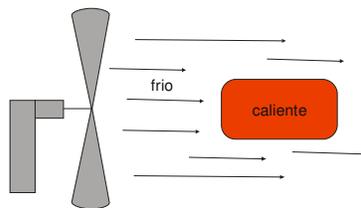


Figura 1.2. Convección forzada térmica

La convección natural en cambio se da si se expone la misma placa metálica caliente al aire ambiente de una habitación, gracias a los gradientes de densidad cerca de la placa se obtiene un movimiento de aire

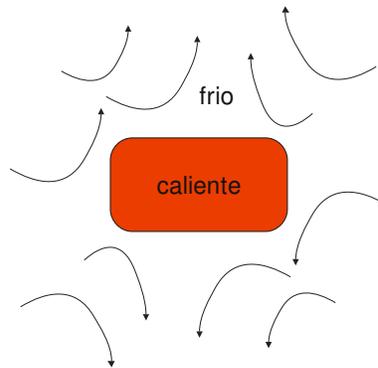


Figura 1.3. Convección natural térmica

1.5.2.3.3. *Radiación Térmica.*-En este caso la transferencia de calor se realiza sin contacto directo entre dos cuerpos, la energía térmica emitida por una fuente puede transportarse también a través del vacío, a través del aire, mediante radiaciones caloríficas que, partiendo de una fuente pueden calentar los cuerpos que las reciben. Una forma muy clara de esta forma de transferencia de calor es la que permite a la tierra recibir el calor del sol.

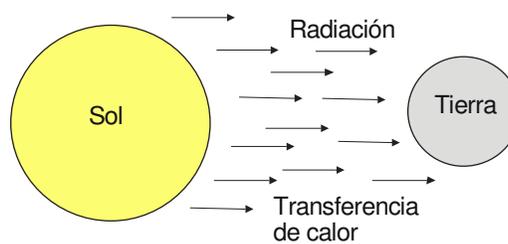


Figura 1.4. Radiación térmica

1.6. ENERGÍA CALORÍFICA.

Energía calorífica o térmica es la energía producida en forma de calor, esta puede ser obtenida a partir de energía química como la combustión, por una reacción

nuclear o por energía eléctrica, o incluso por rozamiento, esta es el resultado de otros procesos químicos o mecánicos.

Las defunciones comunes sobre energía calorífica hacen comprender que mientras más calor se produzca se es más eficiente y esto no es así, el sistema de calentamiento mas efectivo es aquel que alcanza una temperatura deseada a menor costo de operación.

1.7. ATMÓSFERA DE UN HORNO

La atmósfera de un horno es un ambiente idóneo higiénico, esterilizado para el secado y los acabados automotrices, por estas razones debe evitarse el ingreso de aire impuro y frío hacia el ambiente de secado de metales o partes automotrices. Debido a esto en la cabina se crea una ligera sobrepresión es decir del caudal de aire que ingresa en un 100 % solo sale un 90% con lo que se crea la sobrepresión deseada.

1.8. ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

El acondicionamiento de aire es el proceso más completo de tratamiento del aire ambiente para locales confinados, consiste en regular las condiciones en cuanto a la temperatura deseada, la humedad, la limpieza, el número de renovaciones, el filtrado, y el tipo de aire dentro. Si no se trata de la humedad, sino solamente de la temperatura, podría llamarse climatización.

Entre los sistemas de acondicionamiento se cuentan los autónomos y los centralizados. Los autónomos producen calor o frío y limpian el aire, los centralizados mediante actuadores y equipos tratan el aire y obtienen la energía térmica (calor o frío) de un sistema. En este caso, la producción de calor suele confiarse a calderas o quemadores que funcionan bajo una gran cantidad de combustibles o fuentes de energía.

El término aire acondicionado con frecuencia determina enfriamiento, esto es incorrecto puesto que se refiere a la capacidad de modificar las condiciones atmosféricas a condiciones adaptadas a distintas necesidades.

1.9. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES Y DE SEGURIDAD

Los talleres, concesionarios y laboratorios especializados o que poseen cuartos u hornos de pintura generan residuos conocidos como nocivos, estos al arrojarse libremente al ambiente son muy dañinos para la integridad de los individuos y el medio ambiente, razón por la cual la cabina-horno debe contar con un sistema de filtración que logre captar todos estos desechos dañinos.

Las lesiones que se producen en operarios que se encuentran en contacto con estos desechos son entre las más comunes: afecciones cutáneas, envenenamiento u intoxicación, irritación de los ojos, problemas estomacales, infección de vías respiratorias entre otras, así la gama de consecuencias por exposición a estos residuos es grande y por este motivo una cabina horno debe garantizar un ambiente idóneo en cuanto a espacio físico, luminosidad y

adecuada extracción o recirculación de aire dependiendo del proceso que se esté realizando en ella.

CAPÍTULO 2

DISEÑO Y SELECCIÓN DEL HORNO

2.1. INTRODUCCIÓN

Un horno de pintura es un recinto cerrado, que proporciona el aislamiento contra las impurezas, una adecuada pulverización y la circulación de aire requerida de manera vertical de arriba hacia abajo y, posteriormente una temperatura idónea entre 35 y 40°C en la etapa de secado. Condiciones que no se dan en otro tipo de recintos utilizados para pintura por lo que en la actualidad se hace indispensable para la obtención de excelentes acabados de pintura automotriz.

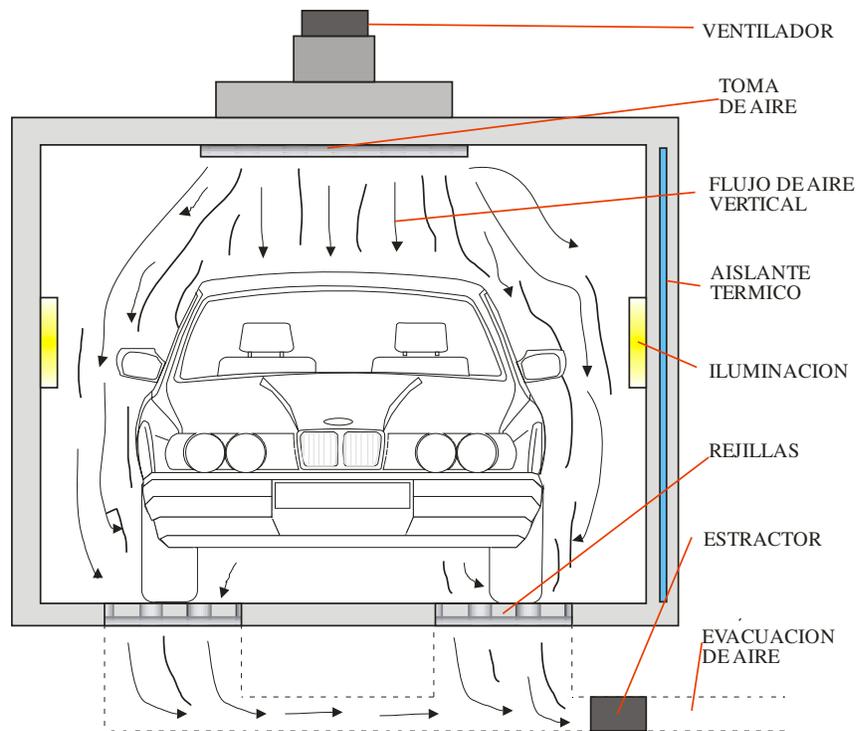


Figura 2.1. Esquema básico de una cabina de pintura

2.2. DISEÑO TÉRMICO

La cantidad de trabajo o carga que realice la cabina se verá representada por el tamaño del vehículo a pintar, el volumen interior de la cabina y el ciclo de operación determinado para el horno, esto determinará también el tamaño o capacidad del quemador o fuente de energía, el tamaño del ventilador de recirculación, la forma y dimensiones de la cabina, los ductos de recirculación y extracción de aire.

También se debe tener en cuenta términos como exergía y entropía.

Exergía es un término que básicamente trata sobre la cantidad de trabajo máximo teórico en un sistema o recurso termodinámico, permitiendo realizar análisis minuciosos sobre el desperdicio de recursos ayudándonos a ahorrar y economizar en el sistema. Mientras que entropía es igual un término termodinámico que en cambio muestra o simboliza la cantidad de energía que no puede ser utilizada para producir un trabajo.

La entropía en el sistema se ve representada o plasmada básicamente en los tubos calefactores que atraviesan el ducto de recirculación, estos se calientan para que el aire circule alrededor de ellos y se caliente, el ventilador soplador produce una corriente de aire que atraviesa el ducto realizando una transferencia de calor entre los tubos calefactores y el aire.

Como exergía se puede expresar el calor que realmente se transmite hacia el interior de la cabina haciendo al sistema alcanzar la temperatura necesaria para calentar la pieza o auto a secar.

2.2.1. Consumo total de calor

El total del valor de calor consumido dará la pauta para la selección de ciertos equipos que se implementarán en la cabina de pintura como por ejemplo el quemador a gas, el ventilador, los extractores, así como la ubicación de los mismos dentro del sistema de recirculación necesaria de aire en la fase de secado, como también la extracción de aire en la fase de pintura. A continuación podemos observar una tabla resumen del calor consumido. Cabe indicar que los cálculos de calor consumido serán expresados en *British Thermal unit* (unidad de energía inglesa), su abreviatura es BTU. Su valor en calorías es de 252.2 y en JOULES es de 1055 que es la unidad de medida del sistema internacional. Se utilizará BTUs debido a que los equipos como por ejemplo el quemador vienen bajo esta unidad.

Calor consumido

Tabla 2.1. Calores consumidos

	Calor (BTU)
Auto	272947.87
Aire	12906.5
Total =	285854.37

2.2.1.1. Calor consumido por la cabina

Dimensiones de la cabina

Largo (l)= 5.95m; Ancho (a)= 4m; Altura (h)=2.4m

Tabla 2.2. Propiedades del aire

PROPIEDADES DEL AIRE	
Densidad (ρ) (kg/m ³)	Calor específico (Cp) J/Kg.°K
1,2	717.63

Volumen de la cabina

Vcab= 55.72 m³ (VEASE ANEXO 1)

Masa de aire

Ma=60.62 Kg (VEASE ANEXO 1)

Calor total consumido

Qa= 12906.5 BTU (VEASE ANEXO 1)

2.2.1.2. Calor consumido por el auto

Para estos cálculos se usan los datos de masa de un vehículo promedio para poder sobredimensionar de cierta manera la capacidad del horno. Se podría usar dos variables para establecer el peso promedio de un vehículo, por ejemplo un

vehículo muy pequeño marca mini Austin pesa aproximadamente 600 Kg y un vehículo muy grande como por ejemplo un Toyota Land Cruiser 200 que pesa aproximadamente 3400 Kg, con lo que se podría establecer que el promedio del peso de un vehículo es de 2000 kg.

Tabla 2.3. Propiedades del acero

PROPIEDADES DEL ACERO	
Densidad (ρ) (kg/m ³)	Calor específico (Cp) J/Kg.°K
7850	460

$Q_{aut} = 272947.87$ BTU (VER ANEXO 2)

Si se hiciera trabajar la cabina a su máxima capacidad se podría calentar a la temperatura de 400M BTU una masa de 2834.4 Kg (VER ANEXO 3) aproximadamente, es decir si se requiere trabajar con vehículos que excedan esta masa se necesitará un quemador de mayor capacidad.

2.3. 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 diesel o gasolina o una combinación de gaseoso y líquido, del cual nace el nombre de quemador mixto.

2.3.1. Principio de funcionamiento del combustible gaseoso

En este proceso debido a que el combustible es un gas se introduce directamente este mezclado con el aire y mediante una chispa, se prende la llama. Es exactamente el mismo principio de funcionamiento de un calefón calentador de agua doméstico.

2.3.2. Selección del quemador a gas

De acuerdo al calor necesario, 285854.37 BTU se seleccionó un quemador a gas de la marca Wayne, el modelo seleccionado nos proporciona una rango entre 200M BTU a 400M BTU, con lo cual se satisface la necesidad que tiene la cabina. Algunas de sus características más importantes es que tiene un ventilador de alta velocidad que ayuda a que la combustión sea de alta eficiencia. Su construcción en fundición de una sola pieza hace que su operación sea con un mínimo de ruido por el perfecto alineamiento entre el ventilador y motor. Todos los componentes son estándar, por lo que no se necesitan hacer órdenes especiales para los repuestos. Acceso viable para facilitar el mantenimiento. Se puede desarmar completamente el quemador sin necesidad de herramientas especiales. Este modelo posee ignición de chispa directa lo cual significa que su encendido es más efectivo.

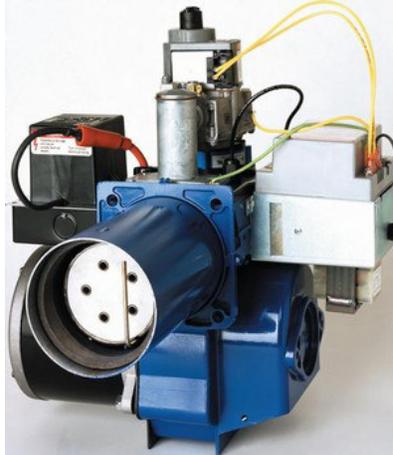


Figura 2.2. Quemador a gas

Tabla 2.4. Tabla de propiedades del quemador a gas

Capacidad	Rango de trabajo entre 200M a 400M BTU/hr
Controles	Control de combinación 24 voltios 3/4 ISP, válvula redundante
	Sensor de flama de 4 segundos de seguridad
Combustible	Gas natural o GLP (gas licuado de petróleo)
Ignición	Chispa directa de ignición, transformador de 7300 voltios
Motor	3450 RPM, 115 V, 2,4 amp.
Montaje	Brida de montaje ajustable
Cabeza de combustión	Estampado de precisión de acero inoxidable

2.4. AISLANTE TÉRMICO

Se conoce como aislante térmico a algún material usado en el diseño y construcción que se caracteriza principalmente por su alta resistencia térmica. Éste forma una barrera entre dos medios o ambientes, manteniendo diferentes temperaturas en lugares donde debería igualarse.

El mejor aislante térmico conocido es el vacío, pero debido a la gran dificultad para provocarlo y mantenerlo hace que no se use en casos extremadamente aislados.

Actualmente gracias a su baja conductividad térmica y su bajo coeficiente de conducción de radiación se usa aire, sin embargo debido a los fenómenos de convección existentes en cámaras de aire aumenta su transferencia térmica por esta razón se utiliza otra gama de materiales porosos y fibrosos conocidos como, aislantes térmicos que pueden ser poliestireno expandido, poliestireno extruido, espuma de poliuretano, aglomerados de corcho, lana de roca, fibra de vidrio, lana de fibra de vidrio.



Figura 2.3. Fibra de vidrio por rollos

Como aislante térmico se usó lana de fibra de vidrio, debido a que es necesario aislar la cabina y los ductos de recirculación y calentamiento de aire ubicados en zonas no acondicionadas. El correcto aislamiento vuelve al sistema más

económico y eficiente, de igual manera el aislamiento ayuda en climas húmedos a eliminar la condensación en ductos metálicos.

La fibra de vidrio se encuentra disponible en diferentes presentaciones o formas flexibles y rígidas, además también varía en espesores y densidades. La lana de fibra de vidrio tipo rollo es muy maleable y utilizada frecuentemente en ductos redondos o rectangulares.

Tabla 2.5. Propiedades aislante térmico

Temperatura de operación	120°C
Presentación	Rollo 1.20 * 30 metros
Espesor	1"
Conductividad térmica	0.039 watio/m °C

También se usará como aislante térmico una clase de lana de fibra de vidrio tipo cerámico, con mayores capacidades aislantes para bloquear el ducto que va a ser conocido como cámara de combustión. Esta manta de fibra cerámica es resistente, liviana y flexible. (VER ANEXO 6)

2.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN.

Un sistema de ventilación permite sustituir el aire dentro de un ambiente, lo cual se realiza para cumplir con condiciones necesarios de acuerdo a la actividad que se realice dentro del recinto, por ejemplo temperatura, humedad, pureza. Esto se logra mediante un sistema de ingestión y extracción de aire, a través de un ventilador y uno o varios extractores, lo cual en el caso de la cabina para la fase

de pintura nos permite renovar el aire proporcionando un ambiente idóneo para que el operario realice los trabajos de pintura, mientras que en la fase de secado permite re circularlo de acuerdo a la temperatura adecuada.

Datos de diseño

Renovaciones de aire en la cabina $N=180$ (cambios /hora)

Volumen de la cabina (V) = 55.72 (m^3)

2.5.1. Caudal de aire al ingreso

$$Q_i = N * V$$

$$Q_i = 180 * 55.72$$

$$Q_i = 10029.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_i = 5902.4 \text{ CFM}$$

2.5.2. Caudal de aire a la salida

Para el cálculo del caudal de aire en el ducto de salida se tomará como dato el 90 por ciento del total del aire que ingreso a la cabina para que exista una sobrepresión.

$$Q_s = Q_i * 90\%$$

$$Q_s = 5902.4 * 90\%$$

$Q_s = 5312.34 \text{ CFM}$

2.5.3. Selección del diámetro del ducto

Es necesario seleccionar el diámetro adecuado para el ducto, razón por la cual se utiliza la tabla de resistencia de ductos, esta tabla nos da 3 variables, el número de CFM, diámetro del ducto en pulgadas y velocidad del aire en el ducto expresadas en pies sobre minuto. Siempre es necesario tener 2 variables para gráficamente obtener la que necesitamos en este caso se tiene las 5902.4CFM obtenidas como dato de caudal de ingreso y 1800 ft/min dato obtenido según fabricante como velocidad del ducto. En la tabla la línea verde expresa la velocidad, el línea roja las CFM y la amarilla el diámetro del ducto obtenido que aproximadamente es de 24.5 pulgadas.

Con esto podemos decir que el diámetro del ducto en pies es de 2.04 ft.

(VER ANEXO 4)

2.5.3.1. Cálculo del diámetro del ducto

$$A_{dp} = Q/V_d$$

Donde: A_{dp} = área de ducto principal; Q_i = caudal de aire V_d = velocidad de aire dentro del ducto principal = 1800(ft/min) según recomendaciones de fabricante

$$A_{dp} = 5902.4(\text{CFM})/1800(\text{ft/min})$$

$$A_{dp} = 3.3 \text{ (ft}^2\text{)} \text{ (ft)}$$

2.5.3.2. Diámetro del ducto principal

$$D_p = \sqrt{\frac{4A_d}{\pi}} \quad D_p = 2.05 \text{ ft}$$

2.5.3.3. Ducto equivalente cuadrado

$$A_{dp} = 3.3 \text{ (ft}^2\text{)}$$

$$3.36 \text{ (ft}^2\text{)} = l * l$$

$$l^2 = 3.3 \text{ ft}^2$$

$$l = 1.81 \text{ ft}$$

2.5.3.4. Ducto equivalente rectangular

Por motivos de estética se realiza un diseño rectangular que no afecta el área, simplemente vuelve más armónica la forma del ducto en conjunto con la cabina y los demás elementos del sistema.

Cabe indicar que el ducto si se hubiese diseñado en forma cuadrangular debería tener por lado 55.17 centímetros, este dato es como mínimo es decir se puede sobredimensionar el tamaño del ducto o deformarlo de acuerdo a las necesidades

del diseño de la cabina o por estética, razón por la cual el ducto está sobredimensionado para poder alojar en su interior un ventilador, un quemador, y un motor.

2.6. DISEÑO Y MODIFICACIÓN DE DUCTOS

Para convertir la cabina, en horno de pintura fue necesario modificar el ducto de ingreso de aire, el ducto de salida, los desfogues o sumideros en el piso de la cabina, además de aumentar un ducto lateral donde se ubicarán el quemador y el ventilador para la fase de secado.

La variación en cuanto al diseño se debe al aumento del proceso de secado, este necesita una recirculación de aire es decir el sistema original podía ser adaptado para la fase de secado buscando la mejor ubicación para los equipos de calefacción, pero con este no teníamos recirculación de aire motivo por el cual el sistema tendría que realizar un mayor trabajo al estar calentando aire limpio y desechándolo continuamente, en cambio con un ducto de recirculación correctamente diseñado y ubicado el sistema no desperdicia aire, se vuelve más eficiente y económico debido a que no va a tener que estar trabajando a su máxima capacidad si no que se va a trabajar cuando se registre variaciones de temperatura es decir una vez que el horno llegue a la temperatura deseada el quemador suspenderá su operación y de ahí en adelante se encenderá paulatinamente y por períodos muy cortos, esto hace que se consuma menos aire limpio y a la vez se economiza gas.



Figura 2.4. Cabina de pintura original

2.6.1. Diseño del nuevo sistema de evacuación de aire

El ducto de salida o evacuación de aire de la cabina, en el piso tenía 2 ductos paralelos a los rectangulares, que se prolongaban a lo largo de la cabina y, en la parte posterior subían juntándose con una estructura en forma de letra "A" terminando en un sólo ducto de salida como se muestra en los esquemas:

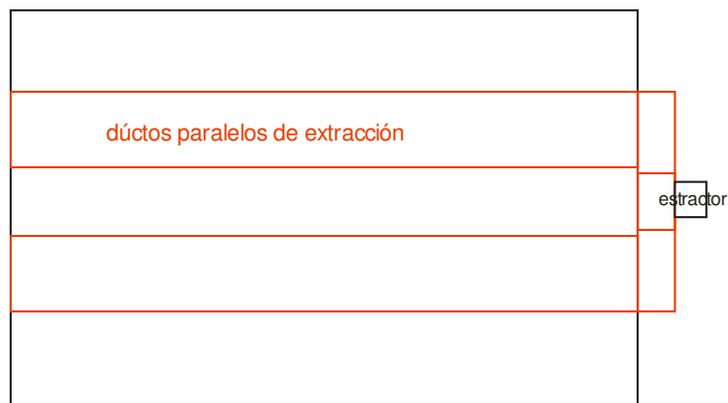


Figura 2.5. Esquema de ducto de salida antiguo vista superior de la cabina

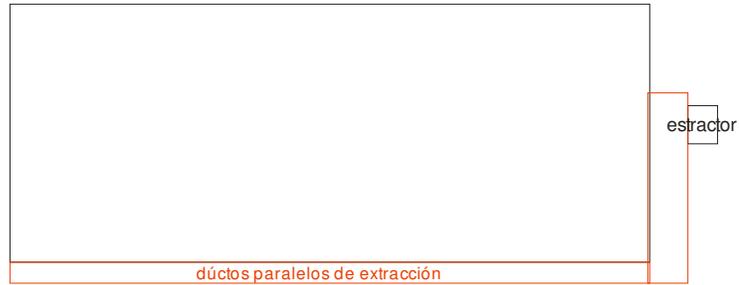


Figura 2.6. Esquema de ducto de salida antiguo vista superior de la cabina

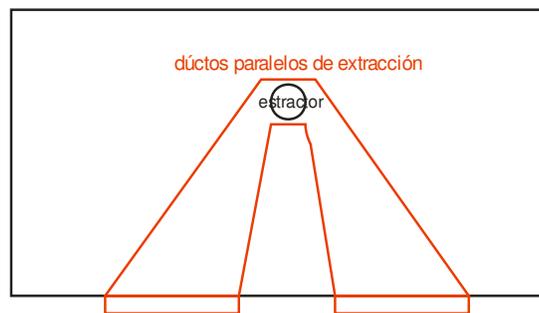


Figura 2.7. Esquema de ducto de salida antiguo vista posterior de la cabina

Se realizarán las respectivas modificaciones en la cabina para mejorar la evacuación de aire en la fase de pintura y la correcta recirculación de aire en la fase de secado, ya que se considera que el ducto ubicado en paralelo en el piso de la cabina debería ser uno solo permitiendo mayor flujo de aire a través de él en la fase de pintura y también es necesario que este sea uno solo debido a la recirculación de aire en el proceso de secado, ya que el quemador y el ventilador para esta fase están ubicados en la parte lateral izquierda de la cabina.

En la parte posterior se elimina el ducto en forma de "A" y se coloca un único ducto nuevo en el cual irán introducidos los extractores y no quedarán visibles como en el diseño original. Con esto se mejora la estanqueidad del sistema y se mejora la evacuación de aire impuro hacia afuera del recinto de trabajo.

Para una mejor explicación se muestran los siguientes esquemas:

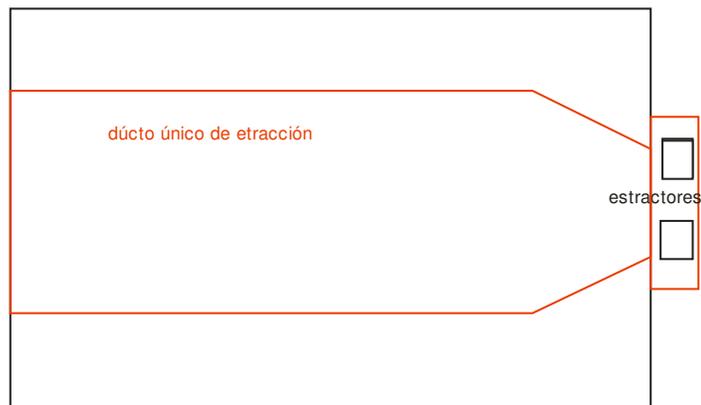


Figura 2.8. Esquema de ducto de salida nuevo vista superior de la cabina

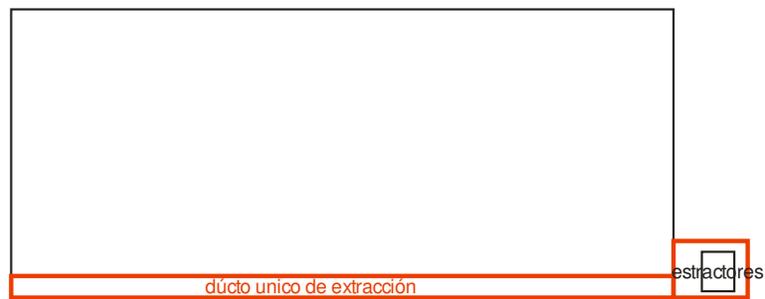


Figura 2.9. Esquema de ducto de salida nuevo vista lateral de la cabina



Figura 2.10. Esquema de ducto de salida nuevo vista posterior de la cabina

El ducto donde van introducidos los extractores será un ducto rectangular de tal forma que permita el alojamiento de los extractores en forma paralela, tendrá una estructura interna con la finalidad de soportar el peso de los motores, también contiene una tapa que sella el ducto único de extracción, comprendiendo el proceso de pintura y secado. Es necesario que en la fase de pintura el ducto permanezca abierto para extraer los desechos de pintura y aire contaminado hacia el exterior de la cabina mediante el ducto de extracción, pero en la fase de secado es indispensable sellar el ducto de extracción para permitir que la recirculación de aire sea mas efectiva, evitar el trabajo excesivo de los equipos y economizar energía, logrando así que se reutilice aire.

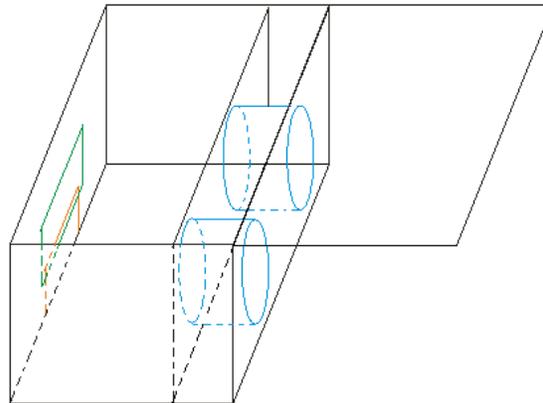


Figura 2.11. Esquema de ducto de salida ubicación de elementos

En el gráfico anterior se representa de una forma básica la forma del ducto y cada una de sus partes, por ejemplo con color verde se muestra la puerta que se accionará manualmente por el operador de acuerdo al trabajo que se esté realizando con la cabina, por lo que, para la fase de pintura la puerta deberá dejar libre el conducto representado con color café y para la fase de secado deberá

sellar el conducto para permitir la estanqueidad y la correcta recirculación del aire caliente.

Los ventiladores se encuentran colocados en forma paralela ubicados justo en la desembocadura del ducto, estos se sujetarán con ángulos a la estructura y llevan en cada uno de sus costados paredes que sellan el ducto con los ventiladores permitiendo que el aire solo se desplace a través de los extractores.

Básicamente una vista posterior del ducto sería similar a esta:



Figura 2.12. Esquema de ducto de salida vista posterior

2.6.2. Diseño del nuevo sistema de admisión de aire

El sistema original de inyección de aire a la cabina es un ducto que se desplaza a lo largo de la compartimiento, en la parte superior de este se encuentra ubicado el ventilador que inyecta aire hacia la cabina, el aire pasa por un filtro e ingresa tratando de repartirse uniformemente.



Figura 2.13. Esquema de ducto de admisión antiguo vista superior de la cabina



Figura 2.14. Esquema de ducto de admisión antiguo vista lateral de la cabina

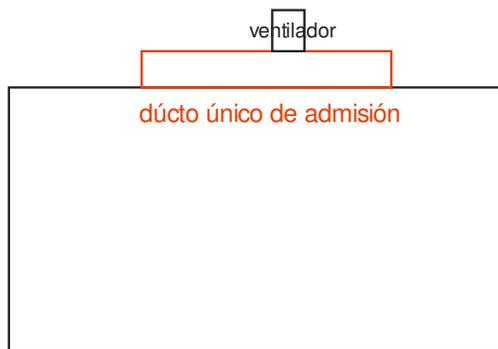


Figura 2.15. Esquema de ducto de admisión antiguo vista frontal de la cabina

Ahora el nuevo diseño lleva el mismo principio de funcionamiento pero modificaciones en cuanto a tamaño y forma del ducto, así como de ubicación de los componentes. Además se eliminará el extractor que estaba siendo utilizado de

forma inversa para inyectar aire, este será ubicado en paralelo junto al otro extractor en el ducto de evacuación.

El ducto original ubicado en la parte superior fue disminuido a la mitad para tratar de que el aire ingresado se reparta más uniformemente hacia el interior de la cabina, como se muestra en la figura.

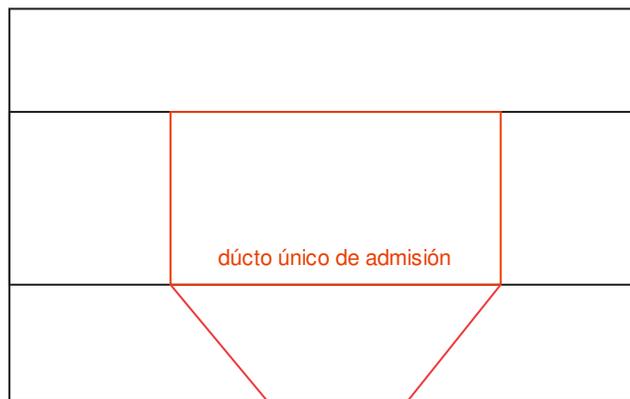


Figura 2.16. Esquema de ducto de admisión nuevo vista superior de la cabina

Por cuestiones estéticas se decidió conservar el ducto original como estructura de la cabina, así aparentemente es el mismo ducto pero internamente esta reducido a la mitad de longitud.



Figura 2.17. Esquema de ducto de admisión nuevo vista lateral izquierda de la cabina



Figura 2.18. Esquema de ducto de admisión nuevo vista frontal de la cabina

2.7. DISEÑO DEL DUCTO DE RECIRCULACIÓN

El ducto de recirculación ira ubicado en la parte lateral izquierda de la cabina se conecta en la parte inferior de la cabina con el ducto de extracción, mediante una prolongación hacia el costado donde se empata con el ducto de alojamiento de ventilador de recirculación y el motor, sube hasta el final de la pared lateral de la cabina y luego mediante un ducto de forma triangular se empata con el ducto de admisión, con esto se cumple con el circuito de recirculación para la fase de secado.

El ducto lleva dentro una estructura metálica para soportar el peso de los equipos instalados, también tiene doble plancha de tol galvanizado en su interior recubierta con lana de fibra de vidrio y sellada totalmente con silicona, debido a que debe soportar elevadas temperaturas ya que está en contacto directo con el quemador.

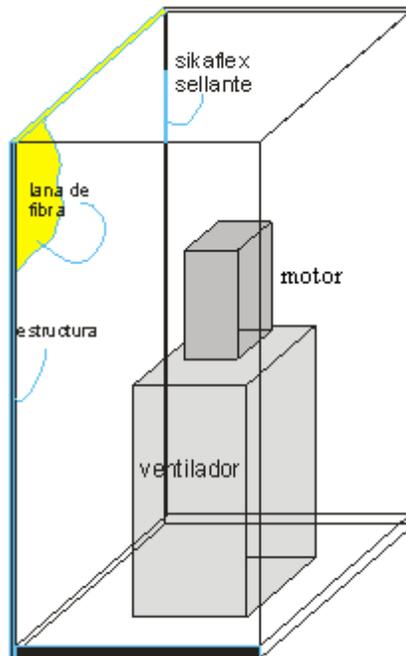


Figura 2.19. Esquema del ducto de recirculación

Aparte el ducto de recirculación va a tener un ducto adyacente, un metro de largo formado de la misma estructura del ducto de recirculación, este en un costado tiene alojado el quemador, este ducto sirve como cámara de combustión, las paredes laterales donde se junta con el ducto de recirculación y la pared donde irá montado el quemador son de un material más resistente debido a las altas temperaturas y aguante a la que será expuesto.

El ducto de recirculación será perforado por tubos por donde pasarán los residuos de la combustión realizada por el quemador para evacuarlos por una chimenea hacia el exterior, estos tubos sirven también como elementos calefactores ya que alrededor de ellos circulará el aire impulsado por el soplador realizando el calentamiento y recirculación del mismo.

Esquemáticamente el ducto de combustión se presenta así:

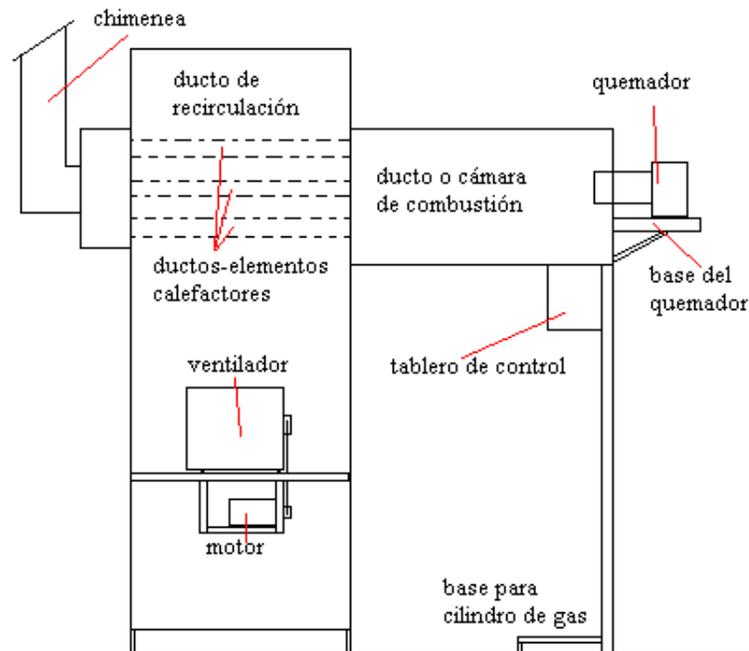


Figura 2.20. Esquema del ducto de recirculación con elementos

2.8. SISTEMA DE VENTILACIÓN

El sistema de ventilación es un conjunto de tecnologías que se utilizan para neutralizar y eliminar la presencia de impurezas, polvo, humo, condensaciones, olores, gases etc. Dentro de un recinto cerrado, que puedan resultar dañinos para los operadores.

En esos casos surge la necesidad, de estas partículas hacia el exterior de la cabina como sería el caso en el proceso de pintura y volver más productivo el sistema reutilizando aire en la fase de secado. Ello se consigue mediante un equipo adecuado de captación, filtración y recirculación.

Los sistemas de ventilación pueden ser:

Ventilación natural o estática: Los extractores estáticos están situados sobre las cubiertas, estos aprovechan el aire exterior para ventilar el interior de las cabinas y funcionan por el efecto Vénturi.

Ventilación forzada o dinámica: Se produce mediante ventiladores y extractores colocados en lugares estratégicos de los ductos o partes de las cabinas.

2.8.1. Selección de ventiladores

Los principales criterios que se deben tomar en cuenta para la selección de un ventilador son: que los ventiladores centrífugos están diseñados para altas presiones y proporcionar flujos mayores, los ventiladores axiales son diseñados para baja presión y suministrar flujos mayores.

Los ventiladores centrífugos presentan una resistencia a daños que se pueden producir por polvo y partículas en suspensión y aparte pueden llevar envolturas o revestimientos especiales. Además soportan las fluctuaciones de temperatura así como temperaturas mucho mas elevadas que los ventiladores axiales.

Al elegir un ventilador se debe tener muy en cuenta la aplicación que se va a dar, la capacidad, material, número de RPMs tolerables, tipo de alimentación, espacio disponible para montaje y colocación que la mayor parte de veces es determinante al momento de elegir uno.

2.8.1.1. Extractores seleccionados

El sistema de extracción de aire contiene dos ventiladores modelo TTT-B 400 con una capacidad máxima de 8712 m³/h, los cuales serán reutilizados, más conocidos como extractores helicoidales tubulares con motor exterior.

Estos serán reubicados dentro del sistema, trabajarán en paralelo con la finalidad de evacuar los gases y el aire impuro que se produce mientras se lleva a cabo el trabajo de pintura, también tienen la finalidad de evacuar los COVs (compuestos orgánicos volátiles) y proporcionar un ambiente saludable para el operario.

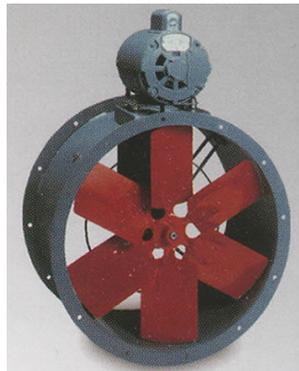


Figura 2.21. Extractor³

Tabla 2.6. Características técnicas de los extractores

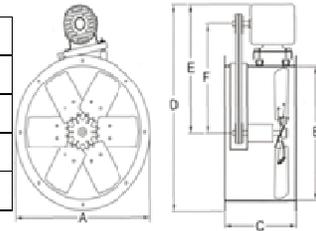
Modelo	Velocidad RPM	Potencia HP	Intensidad máxima			Caudal m ³ /h	Nivel Sonoro	Peso aprox. kg
			440V	220V	127V			
TTB-250	1625	1/10	0	0	1,35	1880	74	9
TTB-315	1625	1/8	0	0	1,7	2678	75	12
TTB-400	1500	1/2	0	5	11	3858	77	13

³ http://www.refriaireingenieros.com/productos/ventilacion/extract_tubula.jpg

TTT-400	1500	1/2	1,2	2,3	0	3858	77	28
TTB-400	1500	3/4	0	6,3	13,1	8712	81	28
TTT-500	1500	3/4	1,6	3,3	0	8712	81	35

Dimensiones (mm)

Modelo	A	B	C	D	E	F
TTB-250	300	260	238	430	280	215
TTB-315	365	319	240	500	315	255
TTT-B 400	465	400	300	630	430	350
TTT-B 500	565	500	310	730	480	400



2.8.1.2. Ventilador seleccionado

Se seleccionó un ventilador soplador marca Dayton modelo 4TM03. Contiene un sistema de doble entrada curva adelantada con tipo de transmisión por correa de diámetro de rueda de 12 5/8", su rodamiento es de tipo de bolas, la carcasa esta construida de acero acabado en gris. Su sistema de rodamiento es pre lubricado con aislamientos de goma y equilibrado dinámicamente hacia delante de la rueda curva.

Tabla 2.7. Características del ventilador soplador

Artículo	Ventilador
Tipo	Doble entrada, de transmisión por correa
Diámetro de rueda	12 5 / 8 (pulg.)
Rueda ancho	12 5 / 8 (pulg.)
Carcasa altura	21 11/16 (pulg.)
Carcasa ancho	15 5 / 8 (pulg.)
Carcasa profundidad	19 3 / 8 (Pulg.)
Aprobación de la gestión altura	8 3 / 8 (pulg.)
Aprobación de la gestión ancho	15 5 / 8 (pulg.)

montaje	Multi posición
Máxima temperatura Entrada	150 (° F)
Max temperatura ambiente	104 (°F)
Rodamiento tipo	Bola
Material	Acero
Carcasa acabado	Gris
Rueda material	Acero
Incluye	Soporte y ojales de aislamiento y montaje



Figura 2.22. Ventilador Dayton

2.8.2. Motor del ventilador

Se seleccionó un motor marca Weg, este tipo de motores pueden ser aplicados en cualquier posición de acuerdo con las posibilidades de fabrica, el cuadro de abajo muestra las formas constructivas, cada figura presenta la configuración, tipo de carcasa, modo de fijación y ubicación de la caja de conexiones con relación a la punta de eje.

mandriles, etc.; debido a su tamaño y diversidad en cuanto a formas de montaje y posicionamiento de acuerdo a la forma de construcción.

Se usan en las diferentes ramas de la extracción minera, en el sector industrial, en la extracción vegetal, en la producción siderúrgica y maderera, destilerías, automatización de procesos, industrias mecánicas y automovilísticas en general.

2.8.2.2. Desempeño y calidad del motor

Este tipo de motores son construidos y diseñados para trabajar con altos torques, es decir creados para accionar grandes pesos.

Absolutamente todos los materiales usados en la fabricación y montaje de los motores pasan por un rígido sistema de control de calidad normalizados, además de varios ensayos en la línea de montaje.

2.8.3. Poleas

La polea es una máquina simple que consiste en una rueda que contiene una garganta en su circunferencia y móvil alrededor de un centro o eje, por su canal exterior o garganta pasa una cuerda, cadena o banda en la cual actúan, en uno de sus costados la fuerza propulsora y en el otro las fuerzas de resistencia.

La transmisión de movimientos entre dos ejes mediante poleas depende directamente del diámetro de cada una de estas.

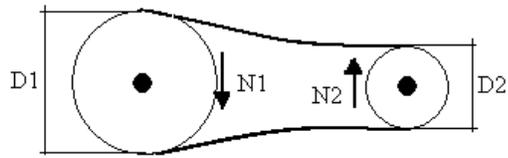


Figura 2.24. Relación entre poleas

Donde 1 y 2 son las poleas, D representa el diámetro y N la velocidad de cada una.

Definiendo la relación de velocidades como R:

$$R = \text{velocidad del conductor} / \text{velocidad del conducido}$$

Y también:

$$R = \text{diámetro de la conducida} / \text{diámetro de la conductora}$$

Debido a estas relaciones es que las poleas son usadas como reductores o multiplicadores de velocidad. Este sistema de transmisión y movimiento tiene como ventajas el bajo costo, bajo nivel de ruido mientras trabaja, no necesita lubricación, tiene cierto nivel de elasticidad. Y como desventajas que cuando la tensión es muy alta la polea puede llegar a salirse o descarrilarse de la garganta de la polea

2.8.3.1. Principales posibilidades de reductor o multiplicador de velocidades

Con una adecuada selección de diámetros y teniendo muy en cuenta la relación de velocidades se podría llegar a aumentar, disminuir o mantener la velocidad de giro del eje conducido en relación con el conductor.

2.8.3.1.1. Disminuir la velocidad de giro.- Si la Polea conductora es menor que la conducida, la velocidad de giro en el conducido será menor que la del conductor.

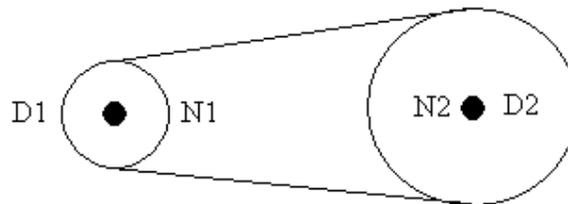


Figura 2.25. Poleas-disminuir la velocidad de giro

$$D1 < D2 \text{ entonces } N1 > N2$$

2.8.3.1.2. Mantener la velocidad de giro.- Si las poleas tienen igual diámetro, las velocidades de conducido y conductor serán iguales

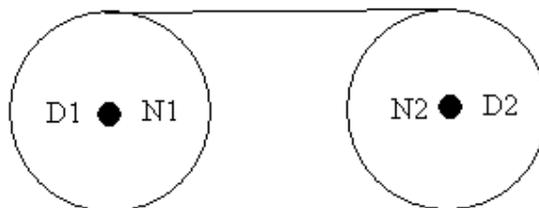


Figura 2.26. Poleas-mantener velocidad de giro

$$D1 = D2 \text{ entonces } N1 = N2$$

2.8.3.1.3. Aumentar la velocidad de giro.- Si la Polea conductora tiene mayor diámetro que la conducida, la velocidad de giro aumenta proporcionalmente.

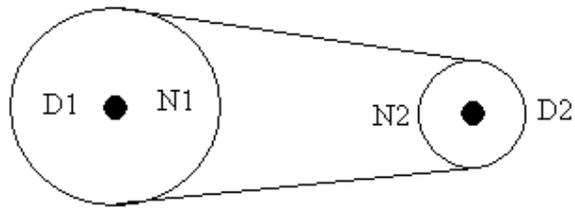


Figura 2.27. Poleas-Aumentar la velocidad de giro

$$D1 > D2 \text{ entonces } N1 < N2$$

2.8.3.2. Selección de poleas entre motor y ventilador

Debido a la relación de dependencia existente entre el motor y el ventilador y q deben girar solidarios, se decide tomar como reductor de velocidad un sistema de poleas donde esquemáticamente será similar a:

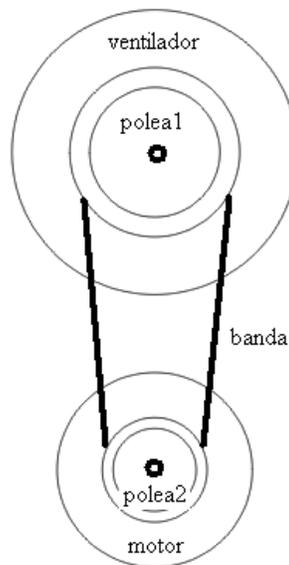


Figura 2.28. Esquema básico de relación de poleas

Esto debido a que la velocidad de giro del motor es de 1750 RPM y al poseer un ventilador centrífugo, las aspas no soportarían la velocidad de giro razón por la cual la nueva velocidad de giro es la mitad debido al sistema de poleas. La Polea 1 del ventilador tiene 6 pulgadas de diámetro y la polea 2 de motor tiene 3 pulgadas. La polea del conductor es la mitad del diámetro de la polea del conducido es decir mientras la polea 2 da una vuelta la polea 1 dará media vuelta con lo que se reduce la velocidad a la mitad.

2.8. AISLAMIENTO DE DUCTOS

Para trabajos de calefacción o enfriamiento de áreas acondicionadas, el correcto asilamiento y sellado de ductos puede reducir considerablemente el consumo de energía y aumentar la productividad del sistema. De igual manera ayuda a evitar la condensación que se crea por los climas húmedos en los ductos metálicos.

2.8.1. Tipos de aislamientos

“El material más común para el aislamiento de ductos es la fibra de vidrio. Se encuentra disponible en formas flexibles o rígidas. Además se presenta en una variedad de densidades y espesores. El aislamiento flexible tipo cobertor se vende por rollos y su aplicación es fácil en ductos redondos o rectangulares. Así mismo, se adecua con facilidad a las superficies irregulares.

El aislamiento rígido se presenta en paneles preformados unidos con resina termoestable y se adapta mejor a los ductos rectangulares (en algunas áreas, los

ductos se construyen con material de aislamiento rígido, lo que reduce la necesidad de aislamiento adicional).

Todo el aislamiento de ductos debe incluir papel de aluminio o vinilo en el lado exterior a fin de evitar que la fibra de vidrio absorba la humedad.

El aislamiento con papel de estroza nunca debe utilizarse dado que es muy inflamable y su resistencia a la humedad es relativamente mala. Si se ha mojado cualquier aislamiento existente, es necesario reemplazarlo.”⁵

Los ductos existentes en sistema tanto de ingreso como de extracción de aire van recubiertos con el mismo aislante que el resto de la cabina. Que no solo sirve como aislante térmico y también sus uniones y empates sellados con Sikaflex. Estos ductos deben ser sellados y aislados para evitar la fuga de aire caliente en el proceso de recirculación así como en el proceso de evacuación de aire impuro en el proceso de pintura.

2.9. SILICONA SELLANTE

Entre los ductos y paredes de la cabina quedan entre las juntas pequeñas ranuras por donde se produciría una caída de presión en el sistema de ventilación debido a la fuga de aire además que se produce un excesivo trabajo en la fase de secado debido al ingreso de aire frío o fuga de aire caliente al sistema de calentamiento, lo que aumentaría el trabajo de todos los componentes del sistema, por eso para sellar estas ranuras se optó por usar una silicona sintética llamada Sikaflex 221,

⁵ <http://energyaudit-sdge.sempra.com/spanish/library/ductinsu.asp>

este es básicamente un adhesivo de poliuretano multipropósito de alta calidad que no escurre y seca fácilmente con ayuda de la exposición a la humedad ambiental.



Figura 2.29. Silicona sellante⁶

2.9.1. Datos técnicos de la silicona sellante

Tabla 2.8 Datos técnicos de Sikaflex 221

Densidad	Poliuretano mono componente
Color de presentación	Gris
Mecanismo de curado	1,25 kg/l aprox. dependiendo del color
Tiempo de formación de piel	40 a 60 minutos
Velocidad de curado	3mm por 24 horas
Dureza Shore A (DIN 53505)	40 aproximadamente
Resistencia al desgarro	6N/mm aproximadamente
Alargamiento a la rotura	600% aproximadamente
Temperatura de servicio	-40°C a +90°C
corto plazo (máximo 8 horas)	120°C
vida útil (almacenado bajo 25°C)	12 meses
Estos datos técnicos son idóneos a 23°C y una humedad relativa del 50%	

⁶ <http://www.elise-shop.com/images/Sika221.jpg>

2.10. SISTEMA ELÉCTRICO

2.10.1. Circuitos eléctricos

Se denomina circuito eléctrico a una serie de elementos eléctricos o electrónicos conectados entre sí para modificar o transportar señales eléctricas o electrónicas.

En el caso de la cabina-horno de pintura existirá un circuito eléctrico que contendrá la iluminación, motores y control de encendido del quemador, todo esto comandado por el tablero de control.

2.10.2. Sistema de iluminación

Uno de los principales factores que está presente en casi todo aspecto de la vida laboral es la iluminación, este se relaciona directamente con su intensidad. Su insuficiencia afecta directamente con el ambiente de trabajo y causa daños al organismo humano.

El ambiente más importante que debe tener una buena iluminación es el área de trabajo, en ésta la iluminación debe cumplir con los estándares mas elevados de luminosidad y dirección mas útil para poder aprovechar la luz y todo el espacio o superficie de trabajo.

Cuando se diseña un ambiente de trabajo iluminado se debe tener muy en cuenta las tareas a realizarse, los riesgos de los procesos y las consecuencias que podría acarrear una iluminación deficiente como lo son fatiga provocada por su insuficiencia, así como los errores por falta de percepción visual.

2.10.2.1. Puntos clave para una buena iluminación industrial

Suficiente luz es tener niveles adecuados de luminosidad, según la tarea en el área de trabajo y la tarea visual a realizar.

Uniformidad de luz: el sistema debe contar con un nivel de iluminación adecuada y con un elevado grado de uniformidad,

Buena verticalidad de la iluminación: en ciertas aéreas de trabajo la superficie a trabajar está localizada en un plano vertical. Razón por la cual se puede recurrir a lámparas empotradas en el techo o paredes en la parte superior de las mismas para proporcionar una distribución asimétrica de la luz.

Emisores de apantalladas: se hace indispensable el uso de luz apantallada con rejillas o pantallas que reduzcan el deslumbramiento en direcciones críticas

El sistema a elegir debe proporcionar aparte de funcionalidad un rendimiento económico del sistema y aparte no hay que dejar de lado el aspecto decorativo de las mismas.

2.10.2.2. La Iluminación dentro de cabinas de pintura

Uno de los sistemas más importantes de las cabinas de pintura es el de iluminación, dado que se trata de un ambiente hermetizado aislado, estas deben contener un sistema de iluminación artificial que permita su mayor aprovechamiento independientemente de la luz natural u horario de trabajo, ofrezca un excelente plano visual sobre las superficies de trabajo disminuyendo el agotamiento visual y fatigamiento del operario.

Cabe indicar que una inadecuada iluminación influye directamente sobre el operario, en su capacidad visual y por ende en la calidad del acabado automotriz.

Entonces se califica que la calidad del acabado esta directamente relacionada con la intensidad luminosa que se le ofrezca a la capacidad visual del operario, así un inadecuado sistema de iluminación afecta directamente sobre el control visual y afecta el nivel de reflejo de la película de pintura sobre el ojo humano.

Por esta razón la iluminación dentro de la cabina dese ser no menor a 1000 lux de luz blanca, se recomienda también que las paredes interiores de la cabina sean de colores claros de preferencia blanco para aprovechar el excelente reflejo de la luz que este ofrece.

En las cabinas de pintura se recomienda el uso de lámparas fluorescentes que evitan en sumo grado el deslumbramiento que sufre el ojo humano.

2.10.2.2.1. Lámparas Fluorescentes: este tipo de iluminación consta de un tubo de vidrio en su interior recubierto con fósforo, mediante la excitación de la luz

ultravioleta este fluoresce, los electrodos del filamento se juntan a las clavijas de la base, el tubo contiene una gota de mercurio y lleno de un gas inerte que operan a una presión relativamente baja.

2.10.2.3. Sistema de iluminación de la cabina

El sistema de iluminación de la cabina consta de un sistema eléctrico conformado por tendido eléctrico que se extiende a lo largo de la cabina, 8 lámparas con 2 focos fluorescentes ubicadas 4 en cada lado en la parte superior de las paredes laterales interiores de la cabina, y 4 lámparas de un solo foco fluorescente ubicadas 2 en cada lado a una altura media de cada pared lateral. El nuevo sistema de iluminación contará del mismo sistema de iluminación, un tendido eléctrico en paralelo. Son 12 lámparas distribuidas en igual número en ambos costados interiores de la cabina pero con la diferencia de que llevará los ángulos inclinados reductores de la cabina a cada costa superior interno con lo que se les dará cierta inclinación a las lámparas.(VER ANEXO 5)

2.10.3. Sistema de control

El sistema de control es el encargado de manejar desde un solo panel conocido como tablero a todos los elementos eléctricos de la cabina, este consta en su interior de dispositivos electrónicos que permiten su automatización y mayor comodidad en el manejo del conjunto.

2.10.3.1. Tablero de control

Este tiene la función primordial de controlar, censar y minimizar las operaciones, ofrece reducción de errores en los procesos, además de accionar o apagar todos los elementos eléctricos que el sistema contenga.

Este tipo de elementos es fundamental cuando se habla de procesos de pintura y secado al horno. En Ecuador y países no industrializados el uso de estos era muy escaso, pero en la actualidad se están implementando en la mayoría de cabinas debido a que una inspección visual y trabajo manual para los procesos, tiempos de trabajo, operación de los equipos no garantiza un acabado final 100% óptimo. No está por demás indicar que mientras más complejo sea el proceso, mayor control deberá ejercer el tablero de control mediante la variación en su número de funciones.



Figura 2.30. Tablero de control seleccionado

2.10. SEGURIDAD Y MANIPULACIÓN DEL EQUIPO INSTALADO

Antes de manejar el equipo instalado en la cabina-horno de pintura es indispensable tener en cuenta normas de seguridad de manipulación de equipo, así como normas de seguridad industrial y recomendaciones.

En el caso de la seguridad de manipulación del equipo es necesario tener en cuenta que se debe leer el manual de operación de la cabina horno para así poder conocer y determinar el orden de operaciones para cada fase de trabajo. Además de conocer la ubicación de los equipos y precauciones que se debe tener con cada uno de estos, se debe tener particular cuidado con el quemador y sus conexiones a gas, de vez en cuando no estaría por demás realizar una breve inspección visual y auditiva de las diferentes tomas y juntas que se encuentran a través del ducto o manguera de alimentación de gas hacia el quemador, esta cuenta con una válvula de acople rápido la cual es el punto de partida hacia el quemador, ya hablando del quemador debemos tener en cuenta que no se deben variar las regulaciones de alimentación de aire o de combustible ya que estas inciden directamente con la calidad y forma de llama, si se cambia la regulación podemos obtener un quemado deficiente de combustible o afectar la forma de la llama que puede variar en ancho y largo, con lo cual podríamos ocasionar daños en la cámara de combustión o en la pared lateral exterior de la cabina.

También nunca descuidar la revisión de las conexiones eléctricas periódicamente para evitar posibles cortos o rupturas de los circuitos.

La operación del motor del ventilador soplador y de los ventiladores de extracción puede ser con o sin la apertura de puerta ubicada en su respectivo ducto. En el

caso del ventilador soplador de recirculación, ya que es un ventilador accionado por un sistema de poleas sería conveniente revisar periódicamente la alineación de las poleas, así como el estado de la banda y el correcto apretado de los pernos de sujeción tanto como del ventilador como del motor.

En el caso de los ventiladores ubicados en el ducto de evacuación sería recomendable revisarlos periódicamente ya que estos al estar en salida al ambiente del ducto son más propensos a sufrir daños debido a fenómenos ambientales.

Adicionalmente se debe indicar o advertir sobre la alta inflamabilidad del sistema, por lo cual se hace indispensable la supresión de equipos de suelda, el consumo de tabacos o uso de fuego cerca de la cabina debido al uso de gas doméstico para su funcionamiento.

Para el correcto uso de la cabina-horno se colocará un manual de usuario que permita el fácil manejo de los equipos de acuerdo a las necesidades de los operarios, el cual contendrá recomendaciones de operación y seguridad industrial.

Además de la seguridad también se debe tener en cuenta la seguridad del operario, como es de conocimiento general esta es conocida como seguridad industrial, está estrechamente relacionada con el bienestar del personal con el manejo de temas como por ejemplo el uso de vestimenta adecuada, se debe tener en muy en cuenta el uso de guantes debido a la manipulación de productos químicos, también se ve involucrado el uso de gafas y mascarilla en los procesos de pintura y secado debido al esparcimiento de partículas y gases nocivos.

El uso de cada herramienta debe ser exclusivamente para lo que fue diseñada para evitar tanto daños en el equipo como en el operario.

CAPÍTULO 3

PROCESO DE MODIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN

3.1. PROCESO DE MODIFICACIÓN DE LA CABINA.

Debido a que la cabina tiene que ser modificada para convertirse en horno primero se limpió correctamente, se retiró todo lo ajeno a ella que se encontraba dentro y en lugares aledaños y por últimos se procedió con el proceso de transformación.

Cabe indicar que entre las recomendaciones de los alumnos constructores de la tesis se expresa la necesidad de un mantenimiento, así como la obligación de no convertir la cabina en bodega debido a los daños internos estructurales y de acabados que esta puede sufrir.



Figura 3.1. Cabina de pintura

3.1.1. Extracción de partes inservibles

3.1.1.1. Extracción del ducto posterior

Se empezó por remover la estructura de extracción en forma de "A" ubicada en la parte posterior de la cabina, este proceso tomó varios días de trabajo debido a la falta de espacio existente entre la parte posterior de la cabina y la pared del galpón universitario.



Figura 3.2. Antiguo ducto de evacuación

Para esto primeramente se retiró toda la silicona utilizada como sellante entre el ducto de extracción y la pared posterior de la cabina, cabe indicar que este producto fue usado también para rellenar pequeños orificios o desfases entre las superficies en contacto.

Posteriormente se procedió a retirar todos los remaches usados para sujetar el tol de la estructura con un taladro, luego usando la amoladora retiramos toda la estructura que para el nuevo diseño a implementar era totalmente inservible y poco funcional.

3.1.1.1.1. *Extracción del ventilador de salida.*- En este proceso se pudo determinar que el extractor estaba únicamente sobrepuesto en un agujero de forma circular en el ducto, sellado con una cantidad excesiva de silicona y cartón, y en la parte inferior sujeto con un ángulo que no estaba ni soldado ni remachado solamente sujetado mediante silicona, y hacia la pared amarrado con alambre y clavos usando como sellante entre estos cartón, todo esto fue removido tal y como se muestran en las siguientes imágenes.



Figura 3.3. Silicona sellante y ángulo de sujeción



Figura 3.4. Armazón y espuma sellante

Luego con la amoladora se procedió a retirar el ducto tratando de no destruir las partes útiles, en este caso son las vigas o columnas de la cabina, los ductos inferiores que posteriormente se convertirán en uno solo, y el recubrimiento de tol ubicado interna y externamente.



Figura 3.5. Extracción con amoladora

3.1.1.2. Extracción del cableado y sistema eléctrico

Debido a la necesidad de recubrir las paredes externamente con lana de fibra de vidrio y de que la variación que existe en cuanto a componentes eléctricos se vio la necesidad de quitar el tendido eléctrico existente para colocar uno nuevo

mejorado que permita la correcta instalación y nueva ubicación de elementos como antiguos lámparas, ventiladores y la instalación de nuevos como el quemador ventilador de recirculación y tablero de control.

Las lámparas fueron removidas con la finalidad de instalar unos ángulos sobre los cuales se colocará nuevamente las mismas lámparas que mejoraran la iluminación dentro de la cabina de pintura.



Figura 3.6. Lámparas ubicación original

3.1.1.3. Extracción del enrejado y filtro de admisión

El enrejado es retirado con una amoladora cortando los puntos de suelda que lo sujetan al techo, a medida que se va desprendiendo el enrejado también va cayendo el filtro de admisión.

Cabe recalcar que este trabajo se realizó con sumo cuidado debido a que el enrejado y filtro serán reutilizados pero con las debidas modificaciones en cuanto a formas y tamaños.



Figura 3.7. Extracción del filtro y enrejado de admisión 1



Figura 3.8. Extracción del enrejado y filtro de admisión 2

3.1.1.4. Extracción de cañerías de aire y acoples de presión

La cabina tenía instalado en si 2 conductos de aire a presión, esto servía para conectar las pistolas de aire para el proceso de pintura hacia una línea externa. El proceso de retirado de esta línea consistió básicamente en quitar los acoples interiores, retirar los tubos de PVC que entraban lateralmente por los costados de la cabina y retirar todo el sistema por medio del cual se unían debajo de la cabina.

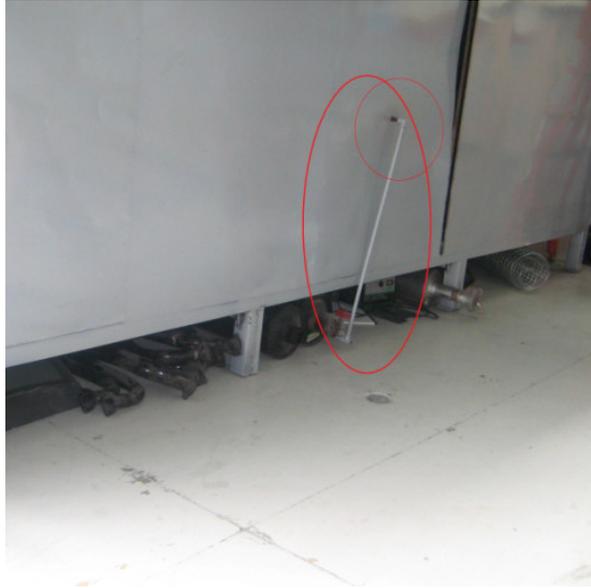


Figura 3.9. Ductos de aire a presión

3.1.1.5. Extracción del tol exterior

Para esto se precedió primeramente con la limpieza de las paredes exteriores, a continuación se procedió a retirar con estiletes y espátulas la silicona colocada entre las uniones de los toles que conforman las paredes, con un taladro se removieron los remaches existentes extrayendo los toles y el sellante de espuma colocado en la parte posterior de la cabina, finalmente se obtuvo el acabado deseado dejando la cabina lista para la colocación de la lana de fibra de vidrio que servirá como material aislante térmico.



Figura 3.10. Cabina sin tol exterior

Es necesario aclarar que el extractor está ubicado en la parte superior de la cabina para inyectar aire, razón por la cual se decidió retirarlo y ubicarlo en el ducto posterior de evacuación de aire, el proceso de extracción fue demoroso debido al uso excesivo de silicona en su montaje, al mismo tiempo de la incomodidad de trabajar sobre un ducto estructurado sin bases en sus costados, una vez retirado el extractor se procedió a realizar un trabajo de limpieza de remaches y silicona existente, luego se procederá con el proceso de sellado del orificio que quedó.



Figura 3.11. Extracción ventilador del ducto de admisión

3.1.2. Colocación del aislante térmico

Como aislante térmico se uso lana de fibra de vidrio, el producto viene presentado como rollo, se calcula para el tamaño de la cabina y dependiendo de las partes a cubrir que se necesitan 75 metros de lana, tomando medidas de cada pared exterior y de cada sección formada en ellas por las vigas que conforman la estructura y las vigas de sujeción del tol, se extendió en el piso y se procedió a cortar de acuerdo a las medidas. Cada pedazo de lana dependiendo de su tamaño tiene en cada una y a cierta distancia de sus esquinas, pedazos de lata en las que se va a poner un remache para sujetarlas a la pared interior de la cabina como se muestra en la figura:



Figura 3.12. Sección de la cabina recubierta con lana de fibra

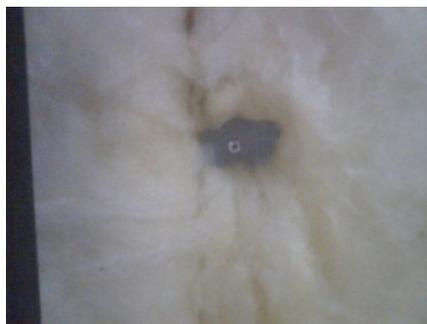


Figura 3.13. Lámina y fibra remachadas

En la parte lateral izquierda que es donde se colocará el ducto de recirculación y debido a que por este circulará con más frecuencia aire caliente y ahí es donde se encuentra el quemador, se coloca doble capa de lana de fibra de vidrio con finalidad de garantizar un correcto aislamiento. Para el techo se realiza el mismo procedimiento, con la diferencia de que la lana no va remachada, sino solamente sobrepuesta entre las láminas que conforman el techo en su parte interior como exterior.



Figura 3.14. Lana de fibra en el techo de la cabina

Cabe indicar que debido a que la lana es un producto que desprende gran cantidad de impurezas en el ambiente, para su manipulación es necesario tener en cuenta varias medidas de seguridad como: el uso de mascarilla para evitar una infección en las vías respiratorias, gafas para evitar un posible ingreso de partículas en los ojos, guantes para evitar una irritación de las manos y piel en contacto, y ropa adecuada debido a que las partículas que se desprenden se adhieren con extremada facilidad en las prendas de vestir.



Figura 3.15. Cabina recubierta en su totalidad con lana

3.1.3. Modificación del ducto paralelo del piso de la cabina

Una vez retirado el ducto de extracción en forma de A ubicado en la parte posterior, tenemos que unificar el ducto paralelo situado en el piso interior, se procede a retirar el enrejado, de acuerdo a las medidas de los ductos paralelos. Una vez retirado el ducto posterior de 74cm de ancho por 620cm de largo y por 25cm de profundidad, el primer paso es retirar las paredes internas ubicadas debajo del puente central de la cabina, para este trabajo se utiliza una amoladora. Es preciso indicar que hay que tener mucho cuidado en no dañar lo restante del ducto que servirá posteriormente.



Figura 3.16. Ducto paralelo de extracción partes a modificar 1



Figura 3.17. Trabajos en ducto paralelo

En la parte inferior del ducto paralelo debido a la longitud y flexibilidad del tol se colocan soportes de madera para tolerar la estructura mientras se realizan los trabajos. También se utilizan ángulos soldándolos a la estructura de la cabina, se forma una especie de abrazadera en U que sostiene o mantiene elevados los ductos a distancia uniforme con la finalidad de permitir posteriores trabajos y evitar el pandeo o deformación del tol.

Una vez realizado el trabajo de corte y colocación de soportes se procede a dejar libre de impurezas y de posibles pedazos excesivos existentes en el tol del ducto

paralelo, se procede a colocar toles cortados a medida con la finalidad de rellenar el hueco existente entre los ductos paralelos, las planchas son sobrepuestas y colocadas Sikaflex entre ellas para mejorar el sellado, luego se remachan, con esto se forma el piso común y el ducto único que sirve para extracción y para recirculación de aire de la cabina, como se representa con color rojo en la figura siguiente :

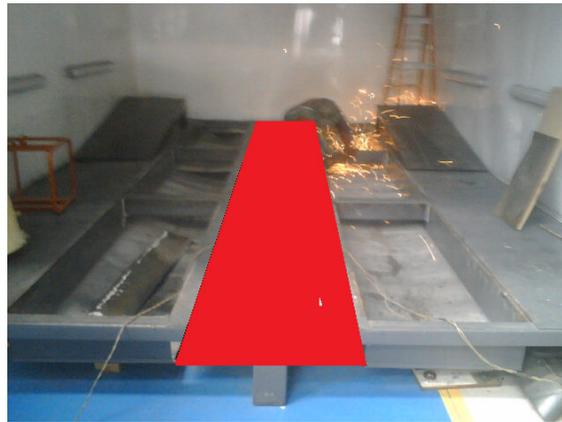


Figura 3.18. Ductos paralelos de extracción partes a modificar 2

En la parte izquierda del ducto se realiza un corte de 3 metros de longitud ubicado en el centro esto con la finalidad de crear el agujero por donde se empatará el ducto de recirculación que será colocado posteriormente, el corte está representado de color amarillo en la figura siguiente.



Figura 3.19. Ductos paralelos de extracción partes a modificar 3



Figura 3.20. Ductos paralelos de extracción partes a modificar 4

3.1.3.1. Reducción del ducto en la parte posterior

En la parte posterior debido a la existencia del ducto de salida y a su medida es necesario coincidir el ducto inferior o del piso con el ducto de extracción, por lo que se colocan ángulos 100cm en sus dimensiones de ancho y largo, expandiéndose desde el costado hacia el centro del ducto 74 cm obteniendo así, una diagonal de 124.5 cm y de alto 23.5 cm. En la siguiente imagen en la parte izquierda se muestra como era el desfogue cuando existía el ducto paralelo, incluso con el ducto unificado se obtenía lo mismo, pero en el lado derecho de la foto se muestra como queda con la reducción antes mencionada.



Figura 3.21. Modificación de ducto en la parte de extracción en la parte posterior



Figura 3.22. Modificación de ducto de extracción en la parte posterior terminado

Cabe indicar que al igual que todas las estructuras y modificaciones realizadas anteriormente los ángulos de reducción tienen acabados de primera, para su instalación se utilizó Sikaflex en todas las uniones y fue remachado mediante unas cejas que coinciden con partes de los ductos, piso y estructura de la cabina.

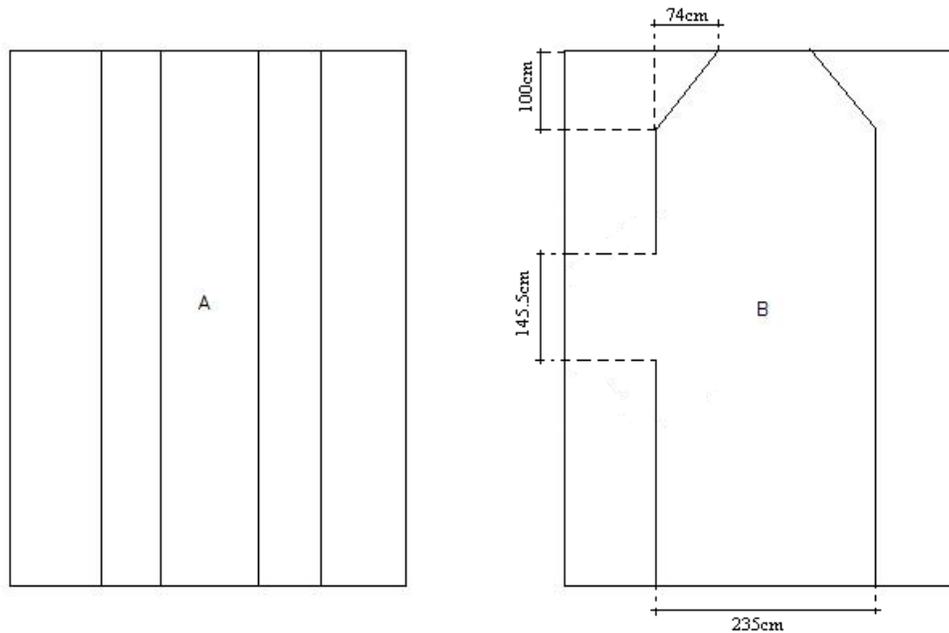


Figura 3.23. Esquema de ducto antiguo y ducto nuevo de extracción

Una vez terminados todos los trabajos la cabina pasa de la figura A del esquema anterior a la figura B, donde se muestra el considerable aumento y cambio de forma del ducto inferior que servirá como ducto de evacuación o de recirculación dependiendo del trabajo que se esté realizando.

3.1.4. Reparación y corrección de defectos internos de la cabina

Internamente la cabina presentaba deformaciones y pandeo en sus paredes laterales posiblemente debido al movimiento y esfuerzo al que fue expuesta cuando era trasladada de un lado al otro, por esta razón el compartimiento merecía que se realicen ajustes y correcciones en sus paredes internas.

En la figura siguiente se puede apreciar un ejemplo de las deformaciones.



Figura 3.24. Deformaciones internas de la cabina

Para corregir este pandeo fue necesario retirar los remaches y silicona existente, para remover el tol con la finalidad de volver a sujetarlo correctamente evitando la torcedura y colocando las planchas de una forma uniforme tratando que coincidan sus bordes para mejorar los acabados.

También se realizó un trabajo de corrección del techo a medida de lo inevitable, se procedió de igual manera a colocar remaches donde fuera necesario y a sellar con silicona, se realizó el trabajo de sellado del orificio del techo, donde estaba instalado el extractor usado para inyectar aire anteriormente.

Este proceso tomó excesiva cantidad de tiempo debido a la dificultad de trabajar sobre el ducto de admisión que no cuenta con una estructura lateral que no permita que se deforme. Se utilizó una amoladora y un taladro, el agujero fue sellado con una lámina de tol de 60x60 centímetros remachada y sellada correctamente con silicona.



Figura 3.25. Ducto de admisión sin ventilador

3.1.5. Construcción y colocación de ángulos laterales de techo

La construcción y colocación de estos ángulos laterales se dio con la finalidad de reducir el volumen de la cabina y dar más inclinación a las lámparas para mejorar la iluminación.

Estos son contruidos básicamente con planchas de tol, de acuerdo a las medidas tomadas, estas van formando un triángulo en cada una de las esquinas superiores de la cabina de 50cm en la parte del techo de la cabina, 47cm en la parte de las paredes de la cabina y con una hipotenusa de 68.5cm, se construyó un triángulo con las medidas dadas el cual tiene 2.5cm de cejas donde se remachará a la cabina y a la tapa lateral que se extiende a lo largo de la cabina, tiene una longitud de 610cm (longitud mayor a la de la cabina debido a que van sobrepuestas) por 68 de ancho y con unas cejas para proceso de remachado de 2.5cm.

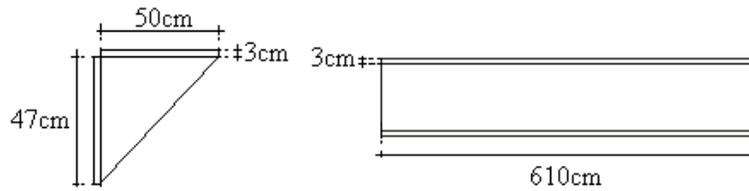


Figura 3.26. Esquema ángulos reductores inclinados

Las tapas de forma triangular son la base, por la cual su correcta ubicación es indispensable, para esto nos ayudamos con un flexómetro, escuadras, y un nivel, una vez realizado su montaje se procede a remachar y sellar con silicona. A continuación se coloca las láminas de tol que servirán como base de las lámparas, proporcionando la inclinación adecuada, estas a su vez van sobrepuestas entre si, selladas con silicona y remachadas al techo, paredes de la cabina. Inicialmente la cabina mostraba esta forma sin los ángulos reductores.



Figura 3.27. Cabina original de pintura sin ángulos laterales de techo

Pero ahora con los ángulos reductores presentan la siguiente forma:



Figura 3.28. Ángulos laterales de techo

3.1.6. Reubicación de lámparas para la iluminación

Una vez realizada la ubicación de los ángulos laterales del techo se puede proceder a la recolocación de las lámparas, consta de 4 lámparas de 2 tubos fluorescentes por lado, ubicadas a una altura de 33 cm de altura en el costado inclinado del ángulo lateral de techo, las lámparas tiene una dimensión de 120 cm por 15 cm de ancho y 13 cm de fondo.

Se colocan en forma consecutiva a una distancia de 22 cm cada una con lo que se realiza una ubicación a igual distancia y con esto se produce una iluminación uniforme.

Esquemáticamente las lámparas se montarían así:

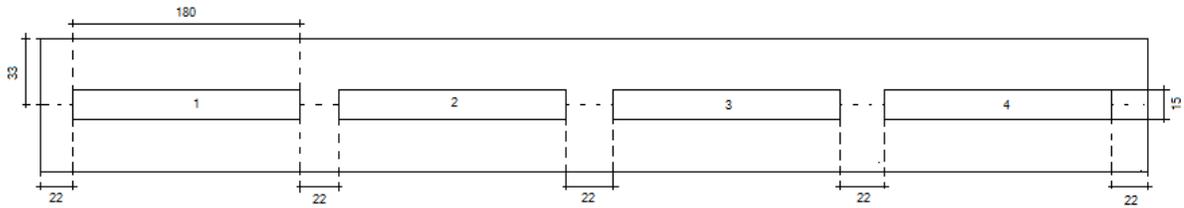


Figura 3.29. Esquema de dimensiones y ubicación de las lámparas

Aquí se denotan las distancias y dimensiones entre las lámparas denotadas o numeradas de 1 a 4.

Para su posterior montaje, primeramente se desarma totalmente las lámparas para facilitar el trabajo de revisión del cableado interno, con la lámpara desarmada se realiza la colocación de las bases de acuerdo a las medidas, para esto se perfora los soportes de la lámpara y el tol del ángulo inclinado y se aseguran con remaches, luego se realiza la conexión eléctrica de las lámparas en paralelo controlando el correcto ajuste entre empates y el necesario recubrimiento con taípe, luego se procede a armarlas es decir colocar el cableado interno, ubicar la base de los tubos fluorescentes, luego los tubos y finalmente la tapa de la lámpara. (VER ANEXO 4)

3.1.7. Reducción de la parte interior del ducto superior de admisión.

Debido a la reducción requerida en el ducto de admisión, se procedió a colocar láminas de tol que simulen las paredes frontal y posterior del ducto original de admisión reduciéndolo a 3 metros de largo por 1.80 metros de ancho que tenía originalmente.

Es decir el ducto sufrió las modificaciones que se muestran esquemáticamente a continuación.

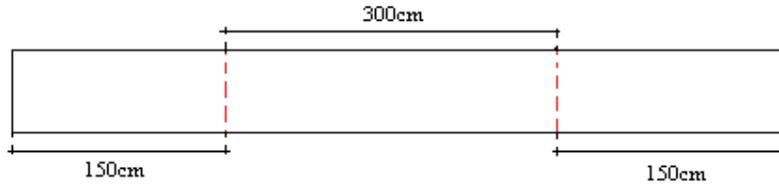


Figura 3.30. Esquema reducción del ducto de admisión (vista lateral)

Las paredes laterales simuladas con color rojo tienen unas dimensiones de 179.5x39 centímetros, cada una de ellas contienen pliegues en sus costados lo que permite su correcto remachado hacia las paredes del ducto.

El ducto externamente tiene 30 centímetros de alto pero internamente tiene 39 hacia el techo interior de la cabina por la que las paredes laterales reductoras están esquemáticamente representadas así:

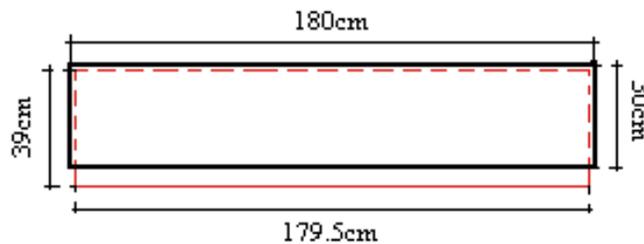


Figura 3.31. Esquema reducción del ducto de admisión (vista frontal)

Para el montaje de estas se uso remaches y silicona sellante, cabe indicar que para su correcta sujeción hacia el techo y paredes del ducto se tuvieron que

realizar pequeños destajes por donde pasan 2 ángulos de 20x3mm que forman parte de la estructura del ducto original.

3.1.8. Ducto de recirculación

3.1.8.1. Construcción del ducto de recirculación

El ducto de recirculación fue construido en base a una estructura interna formada de tubo cuadrado ya que esta es la parte más importante del sistema de recirculación, en el irán montados el ventilador y el motor, con una respectiva base de soporte.

Ya que el ducto tiene una estructura interna, se empezó formando una especie de torre con tubo soldado luego se procedió a pegar con puntos de suelda mínimos el tol galvanizado en el interior de la estructura formando la parte superficial interna, este proceso es trabajoso por el excesivo cuidado que se debe tener con la suelda ya que su intensidad y su mal o incorrecto manejo puede perforar el tol.

Posteriormente se procede a sellar las hendiduras y bordes con Sikaflex 221 para evitar posibles fugas, luego se procede a aislar el ducto con lana de fibra de vidrio en una forma de capa doble debido a las temperaturas que producirá el quemador en su interior este deberá contener una mayor capacidad de aislamiento térmico.

Los procesos mencionados se realizarán hasta cierta altura del ducto ya que una vez que se ha montado y empatado con los demás ductos del sistema se harán los trabajos necesarios para el sellado total del ducto.

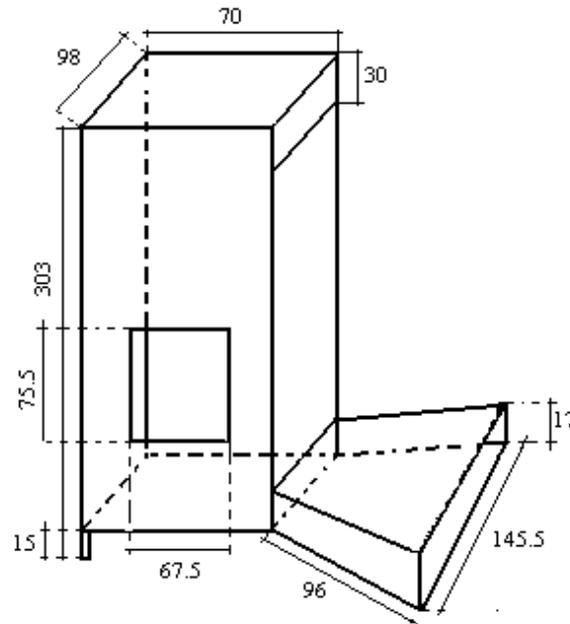


Figura 3.32. Esquema del ducto de recirculación

3.1.8.1. Colocación y montaje del ducto de recirculación

El ducto de recirculación es una estructura excesivamente pesada por lo que para su colocación se usó varios ayudantes, la estructura fue bajada del camión, se tomaron las medidas necesarias justo en el centro de la cabina para evitar descuadres posteriores con el resto de piezas, el ducto de recirculación sirvió como guía para los demás ductos adyacentes.

Posteriormente se realizó la colocación del tol que forma la parte exterior de la pared de la cabina donde irá pegado el ducto.

Una vez realizadas las mediciones se procedió a elevarlo con gatas neumáticas hasta la altura deseada donde se soldaron patas de soporte, una vez ubicada a la altura deseada se procedió a empatar la parte inferior del ducto que tiene forma de un triangulo truco en la parte donde empata con el ducto de recirculación tiene 98cm de ancho con una altura de 17cm, esta se prolonga 96cm hacia la parte inferior de la cabina hasta introducirse dentro del ducto único de extracción que previamente ya tenía una boca para el respectivo empate, esta tiene un ancho de 145.5cm y un alto de 17cm.

Luego se procedió a soldar el ducto de la cabina en donde se juntaba con su estructura, esto con la finalidad de que se permita realizar los posteriores trabajos como se muestra en las siguientes imágenes tomadas desde la parte superior de la cabina mientras se realizaban los trabajos de colocación:



Figura 3.33. Trabajos en ducto de recirculación (vista superior)

Cabe indicar que el ducto fue llevado a medio sellar, el ducto estaba completamente cerrado hasta cierta altura para luego poder centrar el ducto que conectará con el ducto de admisión es decir no estaba ni recubierto con lana de fibra de vidrio, ni sellado externamente con tol galvanizado como se puede apreciar en la figura:



Figura 3.34. Ducto de recirculación vista posterior

Una vez soldado el ducto a la cabina se procede a colocar el ducto que unirá el ducto de recirculación lateral con el ducto de admisión superior, este también tiene forma de triángulo truncado:



Figura 3.35. Ducto recirculación unión con admisión

Este ducto está construido con una estructura central de tubo cuadrado, tiene 2 paredes una interna de tol negro y una externa de tol galvanizado y en su interior está recubierto con lana de fibra de vidrio, está construido a medida de acuerdo a lo establecido y necesitado, en su parte más angosta, donde empata con el ducto vertical de recirculación tiene un ancho de 98cm, se extiende sobre el techo de la cabina una longitud de 110cm hasta juntarse con el ducto de admisión de aire, en esta parte tiene un ancho de 145.5 cm, por esta razón se le da el nombre de triángulo truncado.

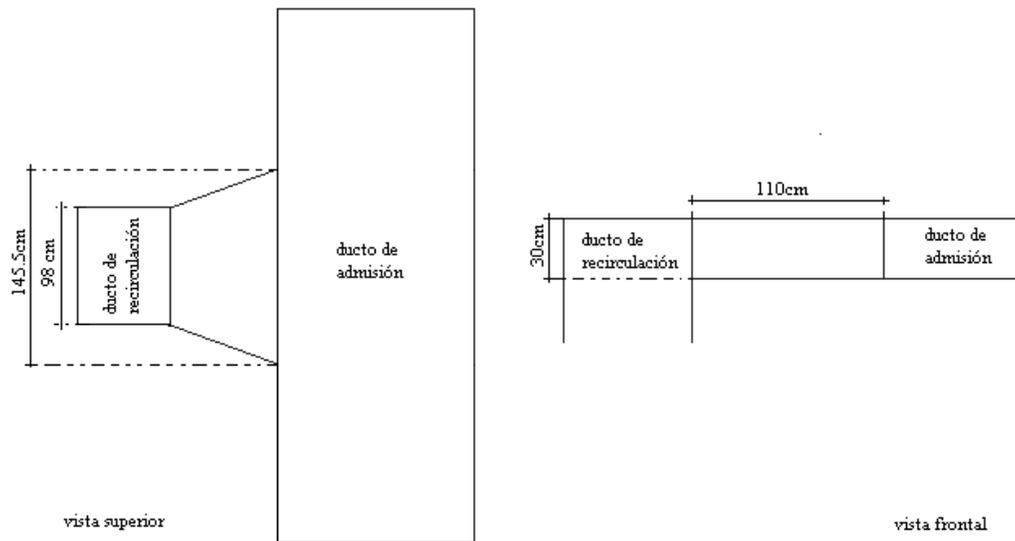


Figura 3.36. Esquema ducto de recirculación (vista superior y frontal)

Una vez que el ducto está centrado y colocado en la posición adecuada se procede a soldar en las partes que tienen mayor contacto con la cabina y con el ducto de recirculación, esto con la finalidad de evitar el movimiento de este.

Luego se procede a recubrir la parte superior del ducto de recirculación y el ducto recientemente ubicado, los que no contaban con recubrimiento de lana de fibra de vidrio ni de tol galvanizado.

Una vez realizado el trabajo de recubrimiento se procede a remachar y colocar silicona Sikaflex a lo largo de las hendiduras para evitar posibles fugas de aire caliente.



Figura 3.37. Ducto de recirculación montado.

3.1.8.2. Construcción y montaje de las bases dentro del ducto

Las bases interiores del ducto están diseñadas para soportar y sujetar al ventilador y el motor, están construidas de tubo cuadrado de 30mm, formando una estructura que soporta en la parte superior al ventilador soplador y en la parte inferior a una altura de 20 cm entre bases al motor, el motor tiene una base que le permite desplazarse horizontalmente para poder realizar el templado de la banda.

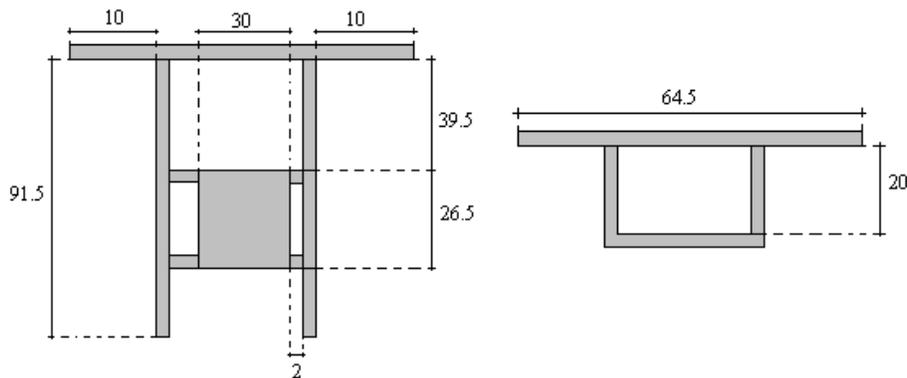


Figura 3.38. Esquema bases dentro del Ducto (vista superior y frontal)

Esta base va soldada en el interior del ducto de recirculación, a una altura de 57 cm desde la base del ducto hacia la parte superior, coincide justo con la puerta

lateral del ducto, estos soportes proveen la estabilidad y seguridad aparte que permitirá la fácil inspección visual y la posibilidad de realizar mantenimientos o correcciones en los equipos de ser necesario.



Figura 3.39. Bases dentro del ducto montadas

3.1.9. Ducto de extracción

3.1.9.1. Construcción del ducto de extracción

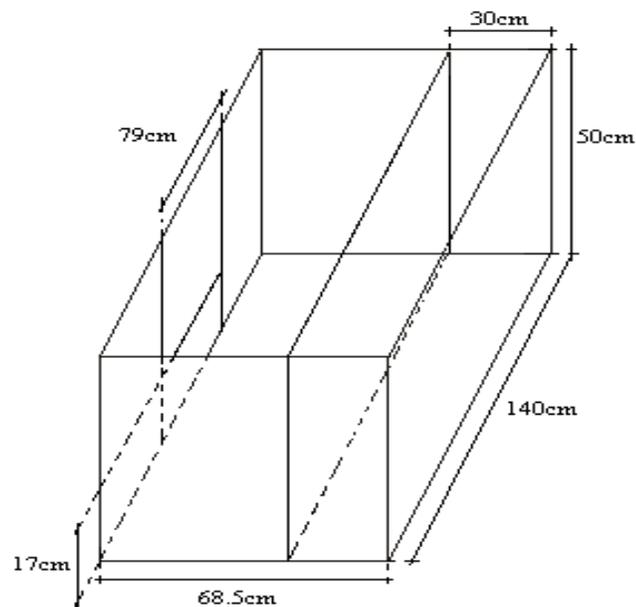


Figura 3.40. Esquema ducto de recirculación

Este ducto es muy importante y lleva una estructura de ángulo de hierro, porque se evacuan los gases y aire contaminado hacia el exterior de la cabina, debido a que no va a circular aire a elevadas temperaturas por él, no va recubierto con lana de fibra de vidrio ni su recubrimiento es de tol galvanizado, así es una estructura resistente al peso y adecuada para el trabajo que se necesita.

Primeramente de acuerdo al gráfico anterior se construye la estructura con ángulo de hierro de 25x3mm se realizan los cortes de acuerdo a las medidas, es decir necesitaremos cortar con una sierra en total cuatro tiras de 140cm, cuatro tiras de 68.5cm, cuatro tiras de 50cm para formar la estructura del ducto, y también se necesitarán adicionalmente dos tiras de 140cm y dos de 50cm para formar conjuntamente con la estructura el soporte de los extractores.

Una vez realizado el corte se realiza la soldadura de todos los componentes de la estructura, obteniendo una figura como la representada en el gráfico anterior. Posteriormente se procede a realizar los cortes de la lámina de tol de acuerdo a lo necesitado teniendo en cuenta que a cada lado de la figura se debe aumentar 2cm para poder realizar los dobleces donde se remachará a futuro, por esto se necesitarán dos láminas de 144x54 cm para la parte frontal y posterior y una para la pared sellante de los ventiladores, en total tres, también se necesitarán dos láminas de 72.5x140cm para la tapa y el piso del ducto, y finalmente dos láminas de 54x72.5 para los costados.

Se realiza el montaje de las láminas en la estructura teniendo mucho cuidado en no deformarlas, una vez colocados correctamente se remacha sobre los dobleces establecidos para esto y la estructura del ducto.

Es necesario también saber que en la parte que el ducto se une con la cabina debemos tener la perforación que encajará con el ducto único de extracción ubicado en el piso de la cabina, cuando se comprueben las medidas se realizará finalmente la instalación de la compuerta o rejilla que actuará como puerta para cerrar o abrir el ducto de evacuación dependiendo de la operación que se desee realizar.

3.1.9.2. Montaje de los extractores dentro del ducto

Los extractores irán montados dentro del ducto de evacuación en forma paralela es decir juntos y con el mismo sentido de giro garantizando que el aire sea chupado hacia ellos y hasta el exterior de la cabina.

Están sujetos con ángulo de 20x3 soldado a la estructura de la cabina, las paredes externa e interna que forman una especie de sub ducto dentro del ducto de extracción van colocadas con la finalidad de evitar que el aire se desplace por los costados de los ventiladores, con lo que se mejora la estanqueidad del sistema, la formación de remolinos y logra que el aire solo pueda circular por el interior de los extractores.

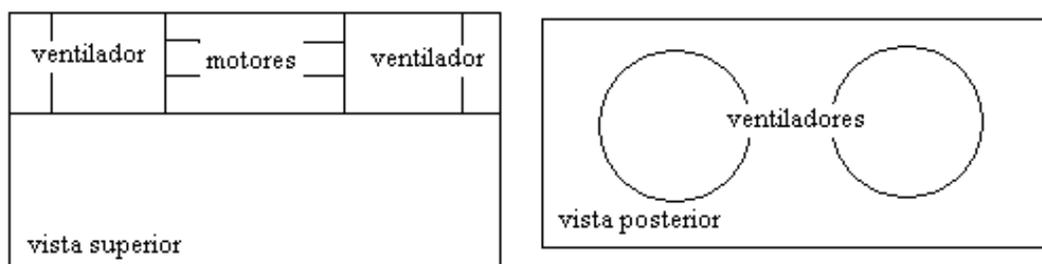


Figura 3.41. Esquema ventiladores dentro del ducto de extracción

3.1.10. Montaje de las poleas en ventilador y motor

El sistema de poleas como ya se mencionó es un sistema reductor de velocidad ya que el ventilador debe girar a la mitad de velocidad que el motor, es decir la polea del eje del motor es mas pequeña que la del eje del ventilador, el eje del motor es conocido como eje conductor y el del ventilador como conducido, se decidió que la velocidad de giro del ventilador debe ser de 800 RPMS aproximadamente razón por la cual la polea conducida es del doble de diámetro que la conductora, por el diámetro de los ejes y colocación se decidió que la polea del conductor debe tener un diámetro de 3 pulgadas y el diámetro de la polea del conducido es de 6 pulgadas con lo que se obtiene una relación de 2 a 1 en cuanto tamaño y de 1 a 2 en cuanto a velocidad entre el conductor y conducido, de esta manera cada vuelta del conductor equivale a media vuelta del conducido.

Las poleas recibieron el maquinado correspondiente en el torno para que su diámetro interior coincida con el diámetro de los ejes. Y además se colocó las chavetas y un perno hexagonal para mejor apriete y seguridad de las mismas.

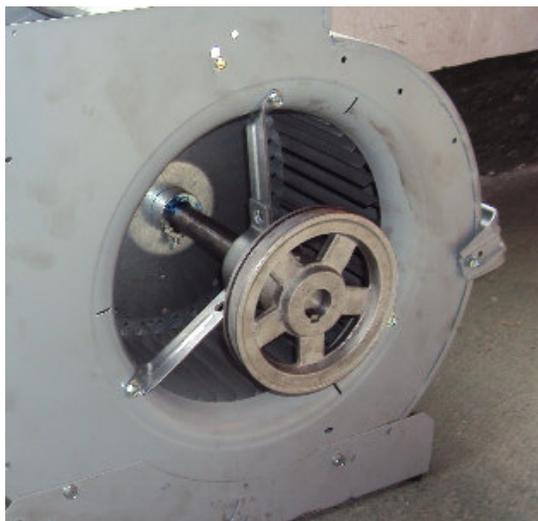


Figura 3.42. Polea montada en el eje del ventilador

3.1.11. Montaje del ventilador dentro del ducto

El ventilador soplador modelo Dayton va montado dentro de la cabina en el soporte anteriormente construido e instalado dentro del ducto de recirculación, también es sujetado mediante 4 pernos y su respectiva tuerca. Cabe indicar que el soplador dentro de sus recomendaciones de montaje e instalación indica la utilización de cauchos que vienen incorporados con el equipo para aislamiento de vibraciones este se ubica entre el soporte del ventilador y las bases construidas sujetadas al ducto.

Esquemáticamente desde una vista frontal de la cabina será así:

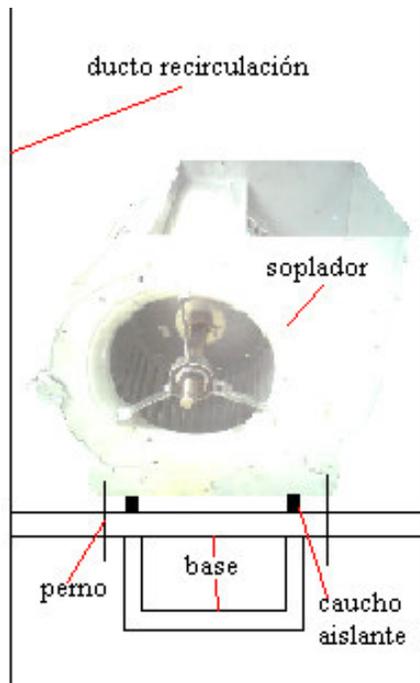


Figura 3.43. Esquema montaje del ventilador soplador en ducto

3.1.12. Montaje del motor dentro del ducto

El montaje del motor dentro del ducto se realiza sobre la base ya construida, su sujeción se realiza mediante pernos y tuercas.

3.1.13. Montaje del quemador dentro del ducto

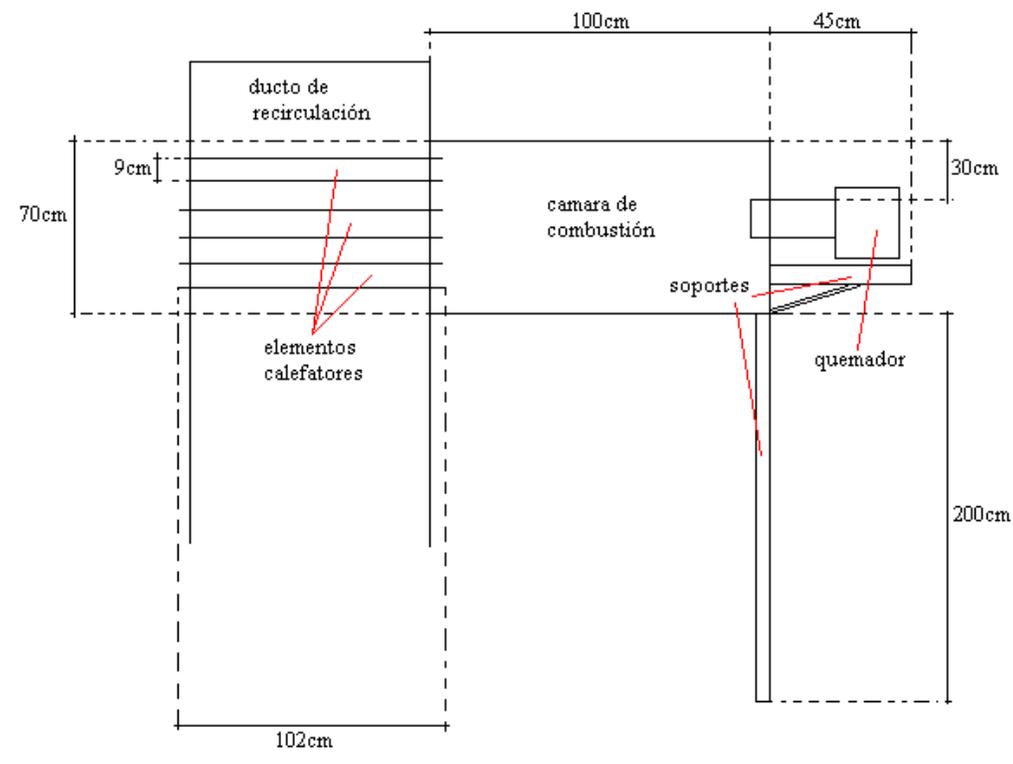


Figura 3.44. Esquema montaje del quemador

Para el montaje dentro del ducto fue necesario realizar una prolongación hacia el costado derecho del ducto de recirculación, esto con la finalidad de alejar la flama del quemador del ducto para evitar el posible deformado o fundición del ducto, además con la finalidad de poder realizar la instalación de los segmentos de tubo

dentro del interior del ducto que funcionarán como elementos calefactores por donde circulará el aire para elevar su temperatura.

La estructura o nuevo ducto está formado por un tubo cuadrado de 25 milímetros, es de 1.2 milímetros de espesor, recubierto interna y externamente con tol de 0.9 milímetros, las paredes laterales debido al calor y resistencia que deben soportar están conformados de tol negro de 4 milímetros de espesor.

El quemador debe alejarse de estos elementos debido a que la flama llega a una longitud de entre 80 y 100 centímetros dependiendo de la regulación que reciba, cabe indicar que la regulación debe realizarla una persona capacitada en el tema ya que la flama puede ser regulada tanto en su largo como en su ancho. Es decir esquemáticamente:



Figura 3.45. Esquema montaje del quemador y la flama

El quemador quedará sin ningún tipo de carcasa o caja, lo único que ingresa a la cabina de combustión es la boca del cañón, de donde se dispara la flama, en esta cabina se realiza la combustión, los residuos de la combustión circulan por los elementos calefactores que no son más que tubos de 102 centímetros de largo

por 9 centímetros de diámetro y por 3 milímetros de espesor, estos traspasan al ducto de recirculación y se conectan en una especie de caja con la chimenea, la cual evacua los gases hacia el exterior.

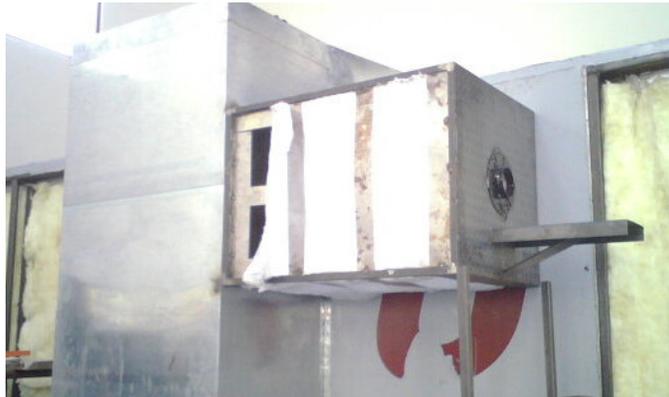


Figura 3.46. Cámara de combustión montada en el ducto

Estos elementos que traspasan el ducto tienen la función de calentar el aire que circula alrededor de ellos debido a que por su interior pasa aire caliente producido por la combustión en la cámara, razón por la cual se produce un intercambio térmico que hace que el aire circulante por el ducto de recirculación eleve su temperatura.



Figura 3.47. Tubos calefactores

El quemador va sujeto a la cabina de combustión mediante una abrazadera que viene incluida con el kit de instalación del quemador y aparte se construyó una base que soporta el peso del equipo, está construida de perfil G, con unas medidas de 45x20 centímetros. Todo el ducto se sujeta a la cabina por suelda y remaches, aparte se construyen 2 parantes ubicados en la parte inferior opuesta al ducto de recirculación, estos miden 200 centímetros de alto en un tubo cuadrado de 30 milímetros por 2 milímetros de espesor, en éste se sujetará el tablero de control y también a su parte inferior, tendrá una altura de 10 centímetros y una base de 45x20 centímetros para el cilindro de gas.

3.1.14. Montaje del tablero de control

El tablero de control así como sus elementos interiores son prefabricados de acuerdo a las necesidades de la cabina-horno, razón por la cual, el único trabajo que se realiza con ella es el correcto armado y montaje en el lugar apropiado y seleccionado, en este caso será instalado en la parte lateral de la cabina bajo el ducto o cámara de combustión sujetado en los parantes laterales.

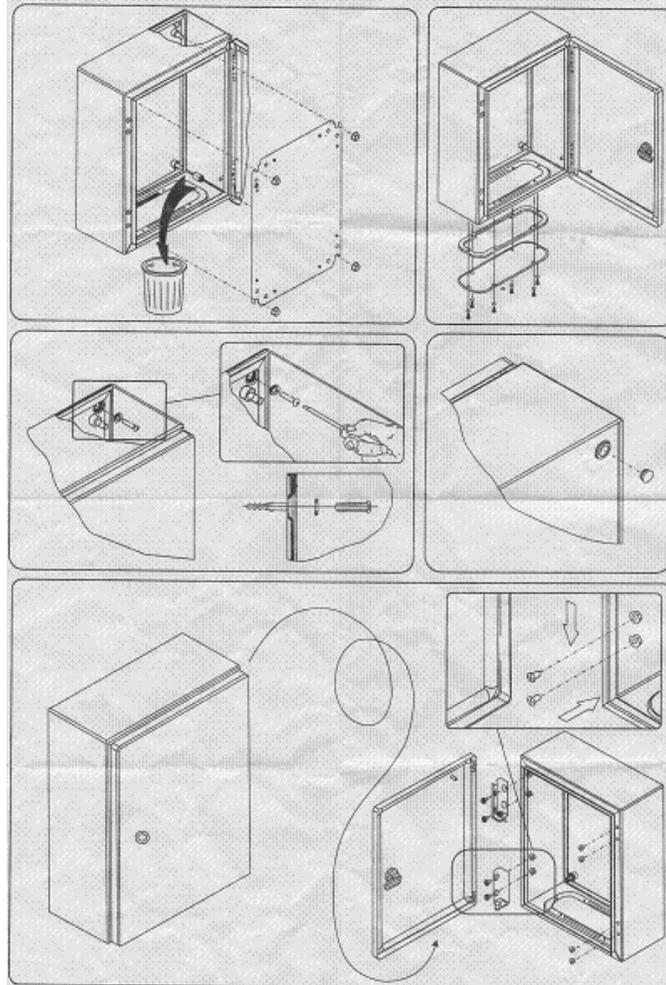


Figura 3.48. Esquema montaje tablero de control

3.1.15. Montaje del filtro y enrejado del ducto de admisión

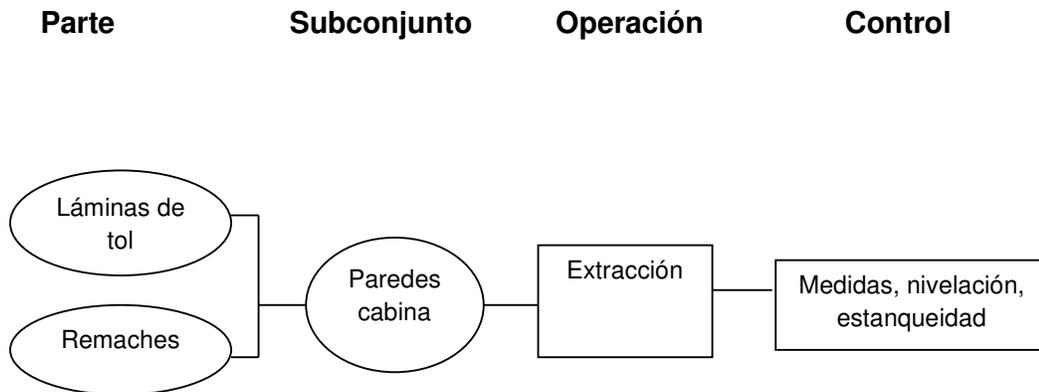
Se realiza el montaje del elemento filtrante cortado a la medida del nuevo ducto de admisión reducido, el filtro pre existente no era filtro, era algún tipo de elemento similar, por lo que se decidió reemplazarlo.

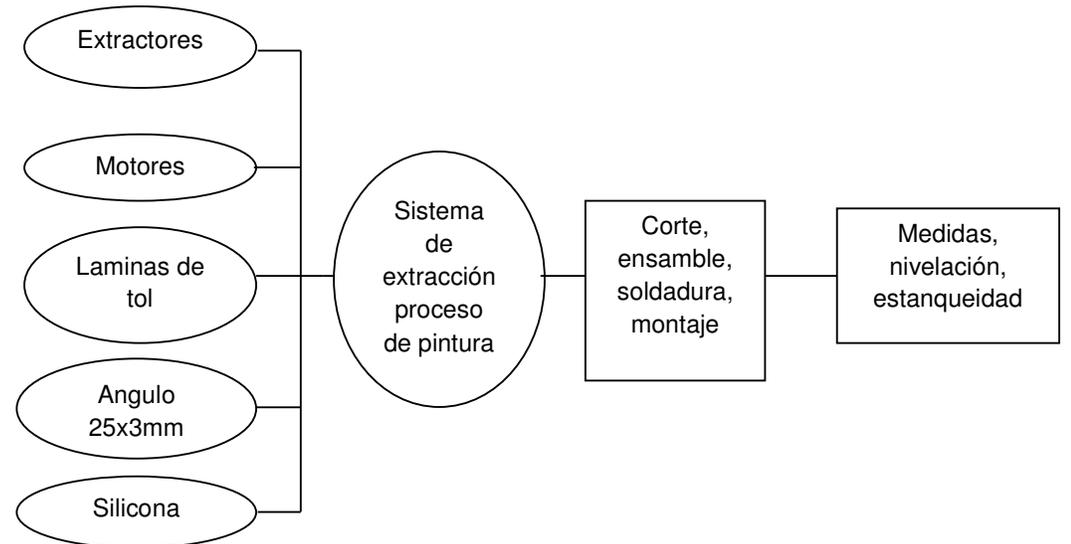
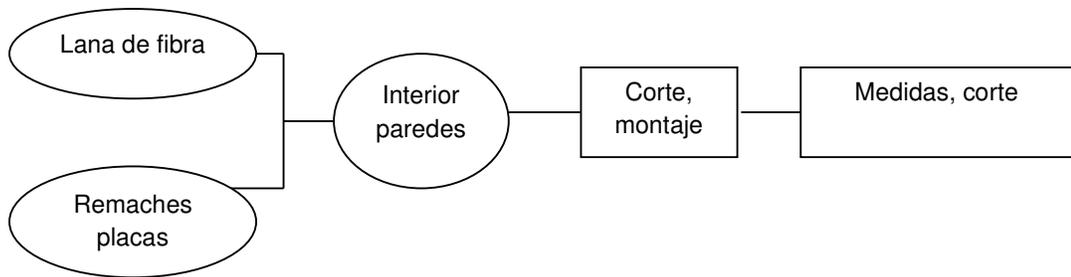
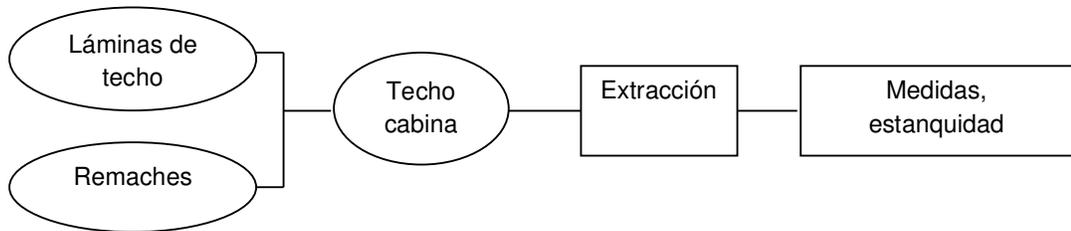
El enrejado no es más, que la malla que existía anteriormente en la cabina y que servía como soporte para el filtro, ahora se coloca uno similar reducido y con mejores acabados que el anterior.

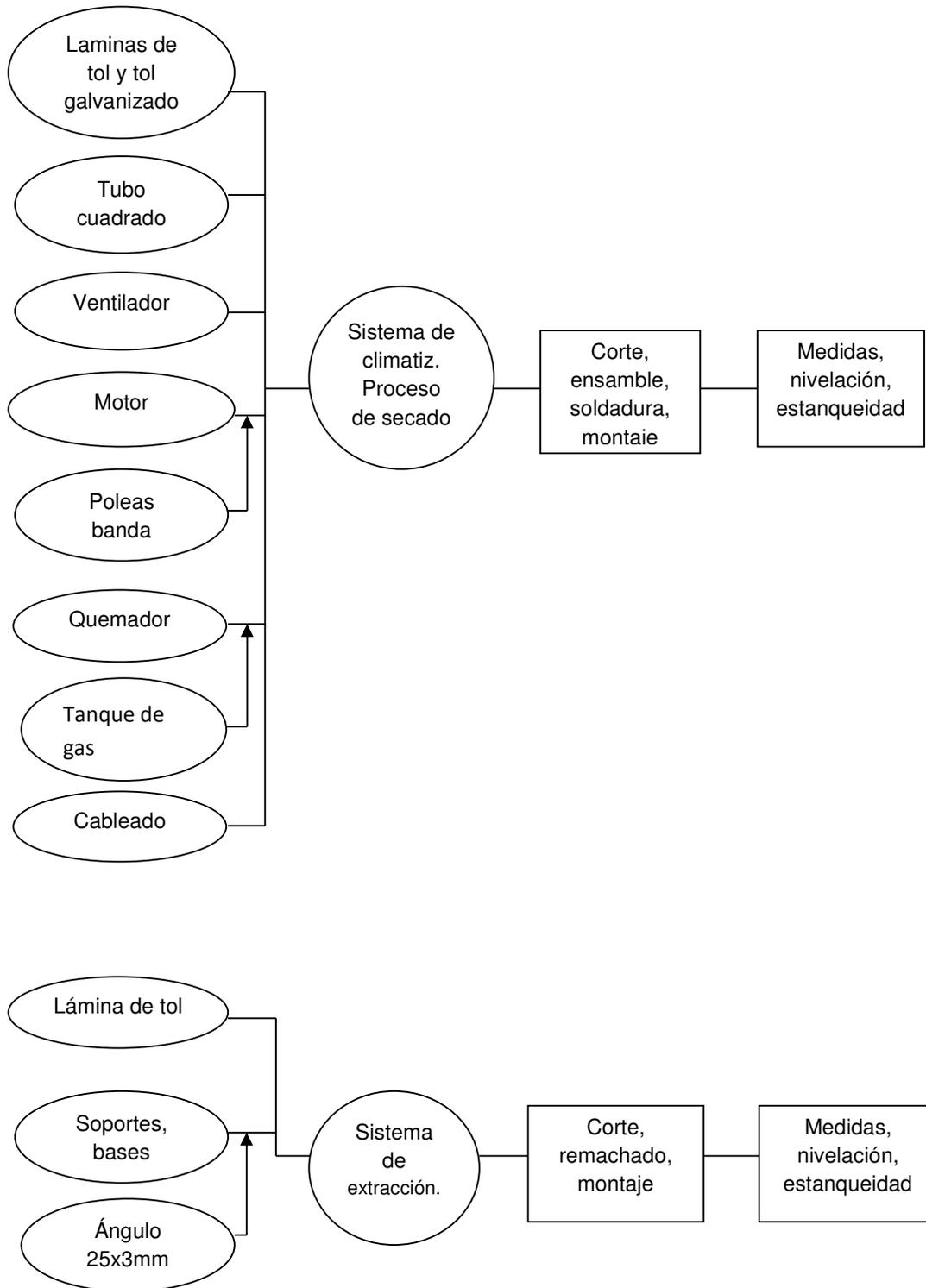
3.1.16. Acabados finales

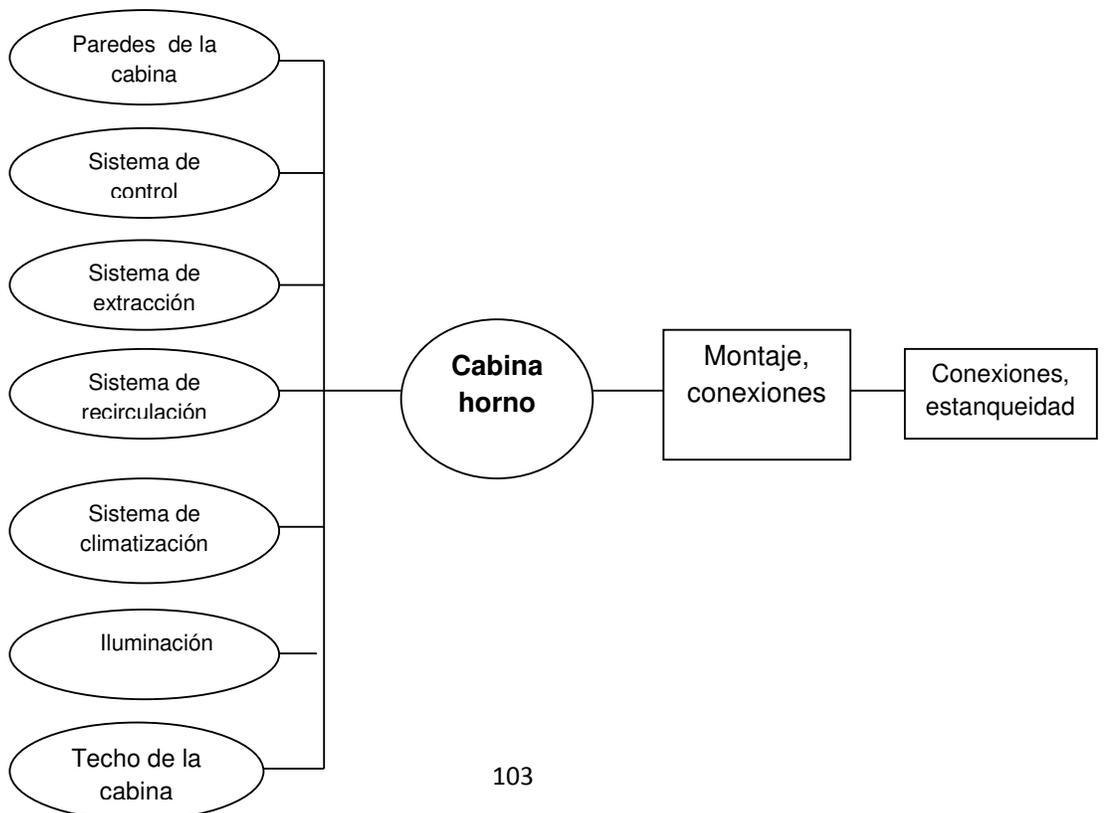
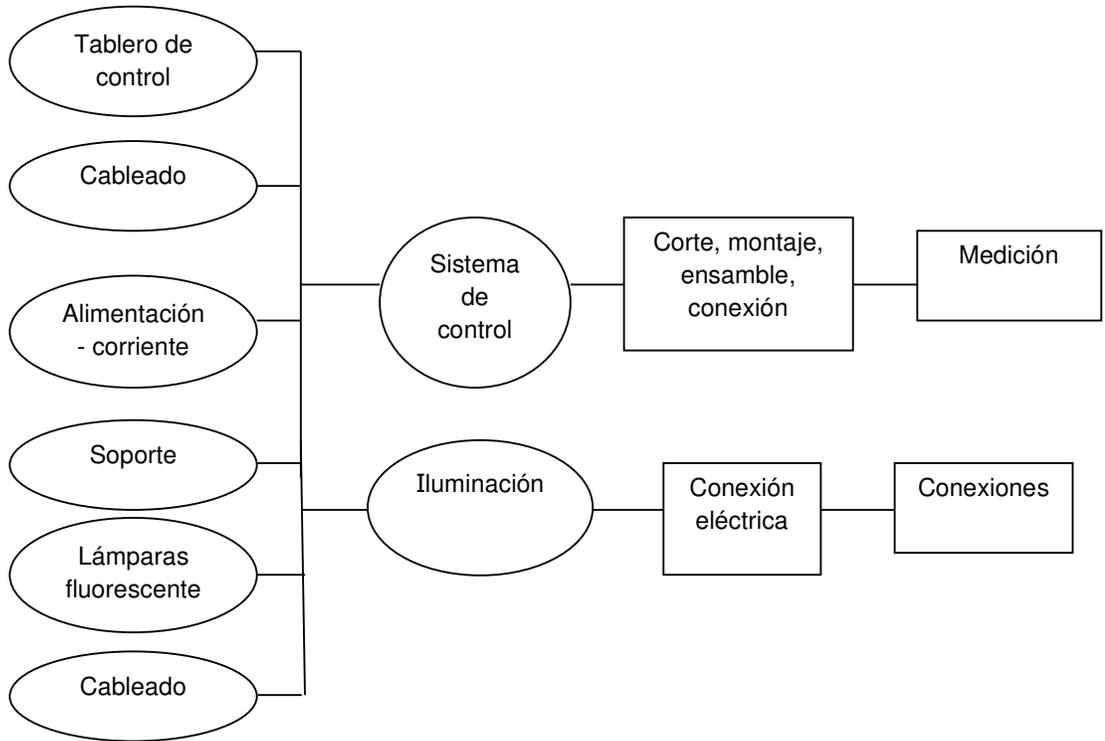
Como acabados finales se realiza la limpieza de la cabina, revisión y correcta sujeción de elementos mal sujetos, colocación de los enrejados de piso sobre los ductos de extracción, lijado de excedentes de silicona, se realiza la colocación del tol exterior de la cabina, la colocación de los ductos de aire a presión con sus respectivos acoples interiores, y finalmente los trabajos de pintura tanto interior como exterior de la cabina, interiormente con un color blanco para favorecer la refracción de la luz y exteriormente con color polo para obtener una armonía estética con el resto de los elementos del galpón universitario.

3.2. DIAGRAMA DE TRABAJO









3.3. HOJA DE PROCESOS.

Grupo o parte	Actividad – operación	Herramienta	Control	Tiempo (hr)
Ventilador	Limpieza de silicona	Cinzel, espátula, estilete	Inspección visual	2
	Corte de base	Amoladora, tijera	Inspección visual	1
Ducto de extracción antiguo	Limpieza de silicona	Cinzel, espátula, estilete	Inspección visual	1
	Extracción de ducto	Amoladora, tijera	Inspección visual	2
Aire a presión	Extracción de cañerías	Pinza, playo, desarmador	Inspección visual	0.5
Conexiones	extracción	Estilete, playo	Inspección visual	1
Paredes	Limpieza de silicona	Cinzel, espátula, estilete	Inspección visual	8
	Extracción de remaches	Taladro, amoladora	Inspección visual	5
	Extracción de láminas de tol	Taladro, amoladora	Inspección visual	5
Techo	Limpieza de silicona	Cinzel, espátula, estilete	Inspección visual	5
	Extracción de remaches	Taladro, amoladora	Inspección visual	2
	Levantamiento de láminas de tol	Cinzel, desarmador, martillo	Inspección visual	2
	Colocación de lana de fibra de vidrio	Flexómetro, tijera, martillo, desarmador	Flexómetro	3
Paredes internas	Corte de lana de fibra de vidrio a medida	Estilete, tijera	Flexómetro	2
	Extracción de cableado eléctrico	Playo, estilete	Inspección visual	0.5
	Colocación y sujeción de lana	Remaches, taladro, remachadora	Inspección visual	8

	Corrección de pandeo y deformaciones	Remachadora, taladro, flexómetro, nivel	Flexómetro, nivel, inspección visual	1
Lámparas	Extracción de lámparas	Playo, estilete	Inspección visual	1
	Extracción de cableado	Playo, estilete	Inspección visual	0.5
Enrejado de techo	Removimiento de suelda	Lima, palanca, martillo, cincel	Inspección visual	2
	Removimiento de filtro	-	Inspección visual	.5
Sistema de climatización	Construcción de ducto lateral	Soldadora, cortadora, dobladora, tijera, amoladora, taladro, remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel, escuadra	Flexómetro, nivel	360
	Montaje e instalación de ducto lateral	Soldadora, taladro, remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel, escuadra	Flexómetro, nivel	16
	Construcción de ducto inferior recirculación	Soldadora, cortadora, dobladora, tijera, amoladora, taladro, remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel, escuadra	Flexómetro, nivel	96
	Montaje e instalación de ducto inferior de	Soldadora, taladro,	Flexómetro, nivel	4

	recirculación	remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel, escuadra		
	Construcción de ducto superior recirculación	Soldadora, cortadora, dobladora, tijera, amoladora, taladro, remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel, escuadra	Flexómetro, nivel	96
	Montaje e instalación de ducto superior de recirculación	Soldadora, taladro, remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel, escuadra	Flexómetro, nivel	6
	Construcción de soportes ventilador motor	Soldadora, cortadora, dobladora, tijera, amoladora, taladro, lima, Flexómetro, nivel, escuadra	Nivel, flexómetro	4
Fuente de energía	Montaje de motor	Destornillador, playo	Nivel	2
	Montaje de ventilador	Destornillador, playo	Nivel	2
	Montaje de quemador	Destornillador, playo	Inspección visual	2
	Montaje de tanque de gas, regulador y manguera	Destornillador, estilete playo	Inspección visual	1
Puertas	Remachado y corrección de pandeo	Remachadora, nivel, flexómetro, taladro	Flexómetro, inspección visual	1
	Sellado correcto	Pistola de silicona	Inspección visual	1

Ducto de salida	Construcción de ángulos para ducto inferior	Soldadora, cortadora, dobladora, tijera, amoladora, taladro, remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel, escuadra	Flexómetro, nivel	8
	Modificación de ductos paralelos de piso	tijera, amoladora, taladro, remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel, escuadra	Escuadra, nivel, flexómetro	3
	Construcción de unión de ductos paralelos	Soldadora, cortadora, dobladora, tijera, amoladora, taladro, remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel, escuadra	Nivel, flexómetro	2
	Montaje de ángulos de ducto inferior	tijera, amoladora, taladro, remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel	Nivel, flexómetro	2
	Montaje de la unión de los ductos paralelos	tijera, amoladora, taladro, remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel	Nivel, flexómetro	2
	Unión de ducto inferior con ducto lateral	tijera, amoladora, taladro, remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel	Nivel, flexómetro	2
	Remachado de parte	taladro,	Inspección	1

	posterior ducto	remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel	visual	
	Colocación de soportes para ducto	taladro, remachadora, flexómetro, nivel, soldadora	Inspección visual	0.5
Ducto de admisión	Corte lateral 145.5x30	Flexómetro, escuadra, lima, amoladora,	Flexómetro	1
	Construcción de paredes laterales reductoras	taladro, remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel, escuadra		2
	Montaje de paredes laterales reductoras	taladro, remachadora, pistola de silicona, flexómetro, escuadra	Flexómetro	3
	Sellado y remachado del ducto	taladro, remachadora, pistola de silicona,	Inspección visual	1
Ángulos interiores y lámparas	Construcción de ángulos interiores reductores	Soldadora, cortadora, dobladora, tijera, amoladora, taladro, remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel, escuadra	Flexómetro, nivel	5
	Montaje de ángulos interiores reductores	taladro, remachadora, pistola de silicona, Flexómetro, escuadra	Flexómetro	4
	Colocación de lámpara fluorescentes	taladro, remachadora		2

	Conexiones eléctricas	Destornillador, Taype, estilete	Continuidad	2
Ducto de salida	Construcción del ducto	Soldadora, cortadora, dobladora, tijera, amoladora, taladro, remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel, escuadra	Flexómetro, nivel	6
	Montaje de ducto	Soldadora, taladro, remachadora, pistola de silicona, lima, Flexómetro, nivel, escuadra	Flexómetro, nivel	4
	Montaje de ventiladores en paralelo	Soldadora, taladro, remachadora, pistola de silicona, flexómetro, escuadra	Flexómetro, inspección visual	1
Sistema de control	Perforado de pared para sensor	Taladro	Inspección visual	1
	Montaje de tablero	Pistola de silicona, taladro, destornillador, remachadora.	Pruebas finales	0,5
	Conecciones eléctricas	taladro, estilete, playo, destornillador	Inspección visual	4
	Colocación de caja de control	Taladro, destornillador	Pruebas finales	3

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

4.1. PRUEBAS

Por medio de ciertas pruebas y evaluaciones se podrá comprobar el correcto funcionamiento del horno para las dos etapas de trabajo: pintura y secado.

4.1.1. Pruebas sin carga

Las pruebas sin carga tienen como principal objetivo el verificar el funcionamiento de ciertos sistemas o partes del horno, estas fueron efectuadas una vez que las fases de pintado y secado se encontraban listas para su trabajo normal.

En ella se notó que el sellado de la cabina en cuanto al relleno con silicona de las pequeñas hendiduras y el remachado está bien realizado.

También se nota que los ductos modificados y los nuevos montados encajan perfectamente entre si y con la cabina.

Los equipos montados enmarcan perfectamente de acuerdo a lo diseñado.

4.1.2. Pruebas con carga

Estas pruebas ayudaron a verificar:

- Correcto funcionamiento del sistema de iluminación.
- Circulación de aire en el interior.
- Distribución de calor en el interior de la cabina.
- Posibles fugas de aire.
- Correcto trabajo del ventilador principal.
- Funcionamiento del quemador.
- Funcionamiento de los extractores.

En la fase de pintura no se presentan inconvenientes debido a extractores trabajan de una forma correcta evacuando los gases y los residuos del proceso de pintura.

En la fase de secado se pudo observar que al escoger la temperatura y tiempo de trabajo el sistema funcionó correctamente, alcanzando la temperatura solicitada, además el ventilador y el circuito de recirculación de aire mostraron un adecuado funcionamiento.

Se observó también que durante el proceso de secado existen pequeñas fugas de aire por hendiduras minúsculas debido a la sobrepresión normal existente en este proceso.

4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Tabla 4.1. Análisis de resultados sin carga

Sistema	Análisis de resultados sin carga
Estructura cabina-horno	El problema que se detectó es la afectación que sufrió a nivel estructural, en cuanto a la deformación de paredes interiores, exteriores y techo que sufrió la cabina, este problema fue resuelto en su mayoría mientras se realizaban los trabajos de modificación para convertir la cabina en horno, pero quedaron pequeñas afecciones aun debido al daño anteriormente sufrido.
Sistema de recirculación	En esta parte del proyecto se pudo comprobar el excelente trabajo en cuanto a acabados de ducto y proceso de montaje de los mismos, los ductos de recirculación lateral, superior e inferior coinciden perfectamente con lo diseñado y el cuerpo de la cabina, además proveen un acabado estético de primer orden.
Sistema de inyección y extracción	El sistema de inyección y extracción muestra una armonía estética con la cabina, además de mejorar las deformaciones que tenía el ducto paralelo anteriormente existente, reemplazado ahora con un ducto único y brindando un nuevo sistema de extracción de aire más eficiente debido a la nueva ubicación paralela de los extractores y la eliminación de varios codos existentes en los ductos anteriores.

Sistema eléctrico	Para instalaciones eléctricas se tomo muy en cuenta el correcto montaje del sistema de iluminación así como el correcto tendido eléctrico, tanto para las lámparas como para el cableado de equipos de calefacción y ventilación.
-------------------	---

Tabla 4.2. Análisis de resultados con carga

Sistema	Análisis de resultados con carga
Estructura cabina-horno	La estructura muestra un pequeño nivel de deformación de las puertas debido al daño sufrido anteriormente a nivel estructural, las rejillas o sumideros coinciden a la perfección luego de su correcto enderezamiento, por lo demás no se muestran mayores novedades, el auto ingresa perfectamente.
Sistema de recirculación	Una vez realizada la calibración y el montaje del quemador dentro del ducto se detectó que la flama era muy grande, por lo que los ductos sufrieron deformaciones por el contacto directo con la flama que luego de una correcta calibración y reparación de los daños causados trabajó normalmente. Se muestra la recirculación correcta de aire caliente mediante el trabajo del ventilador arrojando como

resultado la correcta labor del sistema, se muestra también el apropiado trabajo de los ductos de recirculación.

Se realizaron la pruebas de levantamiento de temperatura en tres fases es decir se encendía el horno a cierta temperatura, se esperaba a ver cuánto tiempo se demoraba en alcanzarla y luego se iba aumentando la temperatura para ver las variaciones que existían y los datos obtenidos son los siguientes:

Temperatura	Tiempo (min)
30	40
40	52
60	68

Se realizaron pruebas de carga para el sistema para comprobar la eficiencia del procedimiento para secar una pieza pintada, como el interior del horno está construido de tol negro y pintado con pintura horneable la mejor prueba que se pudo hacer es secar el interior de la cabina a una temperatura de 60 grados centígrados, lo que se obtuvo es que a partir de que el horno alcanzó la temperatura solicitada se demoró **1 hora 45 minutos** aproximadamente en secar la gran superficie interior de la cabina.

Sistema de inyección y extracción

Este sistema de inyección no trabaja durante la fase de pintura debido a que el circuito se abre manualmente mediante un escotilla existente en el ducto de extracción lo que no permite que los extractores saquen el aire impuro interior de la cabina, en el proceso de secado se cierra la escotilla y la puerta del ducto de

	recirculación con lo que, el aire que da vueltas es el mismo que se encuentra dentro de la cabina es decir el sistema se vuelve más eficiente debido a que no se ingresa aire frío a la cabina.
Sistema eléctrico	El sistema eléctrico tanto de iluminación como de control funcionan correctamente, el sistema de control particularmente trabaja bajo los controles y parámetros de trabajo establecidos para su operación.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

5.1. ANTECEDENTES

Para el análisis económico financiero se ha tomado en cuenta los diferentes factores políticos, económicos y de mercado existentes actualmente en el país.

5.2. FACTORES EXTERNOS.

Los factores externos han sido definidos en función que la cabina y horno de pintura tiene como base materiales y componentes de fabricación nacional e internacional así como también consta con el ingenio y habilidad para la adaptación al de los requerimientos del sistema y el diseño.

5.2.1 Factores Políticos

En este momento nuestro país atraviesa por una inestabilidad económica dado que el gobierno central toma decisiones que se rigen a normas, leyes, estatutos y dictámenes que influyen directamente en la falta de inyección de capitales extranjeros y no permite la generación de capitales. Ecuador es un país

tercermundista que depende de países desarrollados en tecnología y con economías globalizadas. Al mantener relaciones poco productivas debido a los altos aranceles impuestos en nuestro país, éste se queda relegado en la adquisición de nuevas tecnologías en comparación al resto de países latinos.

5.2.2. Factores sociales

El factor social y la facilidad de endeudamiento invita a que la sociedad multiplique su poder adquisitivo razón por la cual el parque automotriz esta aumentando considerablemente, esto coloca a este proyecto como beneficioso, además es una opción económica y de mediana inversión pero con grandes expectativas, debido a que el gobierno está fomentando la capacitación y formación de microempresarios, estimulando así a las personas con poco capital de inversión. El factor social influye a que se realicen mejoras a los vehículos nuevos, con un trabajo óptimo y, este proyecto proporciona un gran nivel en cuanto a acabados automotrices se refiere.

5.2.3. Factores económicos

Debido a que nuestro país es productor de petróleo y su economía se basa en su venta y comercialización, es así que su significativa alza en el barril de crudo se ve reflejada en el aumento del presupuesto del estado. Por esta razón se vienen realizando obras internas para la reactivación económica, esto influye de igual manera en la reactivación del parque automotriz nacional que está creciendo

significativamente. Obligando además a los usuarios a hacer uso de empresas aseguradoras automotrices. Así estas empresas tendrán otra opción atractiva para realizar las reparaciones, debido al gran mercado que a futuro se presenta como target.

5.3. FACTORES INTERNOS

5.3.1. Factor económico interno

Este proyecto fue financiado en su totalidad por los estudiantes integrantes del grupo de tesis, una desventaja debido al costo de los equipos y el proyecto en si, pero a muy corto plazo para la Universidad Internacional del Ecuador de gran beneficio como infraestructura y también como material didáctico que beneficiará al futuro alumnado.

5.3.2. Factor tecnológico

El proyecto cuenta con equipos de primera en cuanto a sistemas de ventilación y calefacción, así también con un diseño de recirculación y evacuación de gases muy innovador, razón por la cual provee un ambiente muy técnico y actualizado a las necesidades de los acabados automotrices, rama de la mecánica, que día a día avanza con la implementación de nuevas maquinarias y técnicas que facilitan el trabajo, así como el acabado final de la pintura.

5.4. COSTOS DE INVERSIÓN, PRODUCCIÓN Y EJECUCIÓN.

A continuación se presentan los desembolsos que formaron parte de la implementación y modificación de sistemas conjuntamente con la adaptación de la cabina de pintura del galpón universitario para convertirlo en horno.

5.4.1. Materiales

Se usaron diferentes tipos de materiales para cada operación específica, a continuación se detallan estos.

Tabla 5.1 Materiales y Equipos Utilizados.

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Brocas de cobalto 1/8"	50	0,8	40
Espátula	2	2,7	5,4
Estilete	3	1,1	3,3
Hoja estilete	10	0,35	3,5
Playo	1	5,5	5,5
Sierra	2	2	4
Taladro	1	45	45
Desarmador	1	1,25	1,25
Cuchilla	2	0,7	1,4
Disco de corte 7"	2	1,55	3,1
Lija	20	0,5	10
Remache de aluminio	4000	0,02	80
Lana de fibra de vidrio (rollo 1,20*30m)	5	79,8	399
Sikaflex 221	10	7	70
Silicona roja	10	4,75	47,5
Cinta adhesiva sellante	15	6	90
Tubo negro de 30 x 2 mm	6	11,3	67,8
Angulo 25*3mm	8	7,1	56,8

Plancha tol negro de 0,7	15	18,5	277,5
Plancha tol galvanizado de 1,1	8	32,62	260,96
Plancha de tol negro 4mm	1	57,6	57,6
Tubo negro de 4mm	1	24,6	24,6
Caja electrodos 6011 (20kg)	0,5	77,98	38,99
Spray negro	1	3,5	3,5
Spray cromado	3	5	15
Spray blanco	1	3,5	3,5
Tijera	1	1,2	1,2
Tijera tol	1	8,9	8,9
Pistola para silicona	1	4,3	4,3
Remachadora	1	6	6
Taípe eléctrico	2	0,31	0,62
Quemador Wayne 400M BTU	1	1350	1350
Ventilador 4TMO3 12 5/8"	1	550	550
Motor WEG NBR7094	1	230	230
Tablero control	1	300	300
Tornillos	8	0,5	4
Cable #12	50	0,6	30
Cable #10	15	0,32	4,8
Nivel	1	6,8	6,8
Polea 6"	1	5,8	5,8
Polea 3"	2	3,75	7,5
Marcador	2	0,8	1,6
Rayador tol	2	1,45	2,9
Perno	8	0,6	4,8
Banda	1	7,5	7,5
Tanque de gas	2	65	130
Manguera de gas uso industrial	5	2,65	13,25
Neplos 1/2	2	0,35	0,7
Reducciones de 1/2 a 3/4	2	0,45	0,9
Universal	1	0,45	0,45
Válvula reguladora	1	46	46
Escuadra	1	2,5	2,5
Abrazadera	3	0,35	1,05
Lana de fibra cerámica	6	18,5	111
Válvula de acople rápido	1	6	6
Teflón	1	0,5	0,5
Flexómetro	1	5,5	5,5
Caneca de pintura blanca	1	50	50
Caneca de pintura gris	1	50	50
Tiñer	1	1,5	1,5

Guaípe	20	0,05	1
		total	4333,22

5.4.2. Mano de Obra

Tabla 5.2. Costo de Mano de Obra y otros

Descripción	Valor
Asesoría en compra	25
Construcción ductos	600
Instalación ductos	100
Instalación equipos	300
Instalaciones eléctricas	80
Pintura	80
Gasto de alimentación y fletes	175
Total:	1360

5.4.3. Costo preliminar del Proyecto

Tabla 5.3. Costo preliminar

Descripción	Valor
Materiales y equipos utilizados	4333,22
Costo de mano de obra y otros	1360
total:	5693,22

5.4.4. Costo de diseño y coordinación

El costo proyecto se basa en la tasa activa nacional y la información de ingenieros que ejercen en el campo del diseño y ejecución, arrojando como

resultado que el valor para estudiantes egresados de tesis aproximadamente será de un 30% del total de la inversión del proyecto, dado que somos tres alumnos egresados de la facultad de ingeniería el valor aproximado del proyecto es de 4500 USD. Por lo tanto:

Tabla 5.4. Costo de Diseño e Ingeniería

Descripción	Valor
Diseño e ingeniería	1350
Total:	1350

5.4.5. Costo total final

Tabla 5.5. Costo total final

Descripción	Valor
Costo preliminar	5693,22
Diseño e ingeniería	1350
total:	7043,22

5.5. RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

5.5.1. Depreciación

Para poder más o menos establecer una cantidad de depreciación anual se toma como base el total de la inversión y un plazo de tiempo determinado, por ejemplo 10 años.

Entonces:

Depreciación = total de inversión / 10 años

Depreciación = 6421,28 dólares / 10 años

Depreciación = 642.128 dólares / año

Se debe tener muy claro que el horno de pintura es para uso exclusivo de la universidad y no como taller público, su uso será en esporádicas ocasiones lo que no permite determinar el costo real de depreciación debido a la falta de datos de tiempos de operación y costos, al menos que la facultad decida acoger la sugerencia de hacer producir ésta fuerte inversión, lo cual permitiría hacer una estimación mas aproximada.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

1. Se cumplió con el objetivo principal que era transformar la cabina de pintura de la Universidad Internacional en un horno de pintura automotriz.
2. Proporciona un ambiente ideal para los trabajos de pintura así como para los procesos de acabados automotrices.
3. Suministra condiciones controladas para los operarios en cuanto a seguridad industrial y control ambiental.
4. Mejorar la circulación de aire dentro de la cabina debido a la modificación de ductos tanto como de evacuación de gases nocivos, como con la instalación de nuevos ductos de recirculación para procesos de secado.
5. Lograr el correcto funcionamiento y regulación del quemador que garantiza la temperatura idónea de aire circulando para la fase de secado.
6. No se necesitan placas perforadas en la parte interior del techo de la cabina para la distribución más uniforme del aire de ingreso y recirculado.

7. Crear una sobrepresión del 10% razón por la cual se siente pequeñas fugas de aire por juntas y hendiduras minúsculas.
8. La temperatura de operación que se alcanza de manera eficiente es un medidor de la eficiencia del trabajo del sistema instalado.
9. Concentrar el calor en el interior de la cabina para que no existan fugas de este, por los costados ni techo debido a la correcta ubicación de la lana de fibra de vidrio como aislante térmico
10. Proporcionar un adecuado sistema de iluminación y el cambio de sistema eléctrico.
11. El target de la cabina son todas las personas de clase media y media alta, razón por la cual los estudiantes, personal docente y demás son un mercado posible para la cabina de pintura, además de contar con gran crecida del parque automotriz capitalino. (En caso de que la universidad decida recuperar la inversión).
12. Debido a que la cabina se encuentra en el interior de la facultad los factores ambientales tales como lluvia, sol o viento no afectarán significativamente la productividad de la misma, se puede realizar trabajo de pintura y secado en la noche y bajo las condiciones más precarias si así se requiere.

6.2. RECOMENDACIONES

1. No emplear la cabina para almacenaje de equipos ni material de pintura ni mucho menos materiales o equipos que no tienen relación alguna con proceso de pintura o acabados automotrices.
2. No realizar el traslado o movimiento de la cabina, esto produciría una afectación a nivel estructural y de estética, como el ya sufrido debido al desplazamiento al que fue sometida.
3. Durante el proceso de secado, tener las precauciones necesarias con la compuerta de quemador y ventilador, para evitar posibles daños o accidentes de trabajo.
4. No introducir herramientas o equipos, ni reutilizar el espacio inferior de la cabina, ya que se puede causar daño en los ductos de extracción modificados.
5. Mantener la cabina bajo llave para evitar que personas ajenas o no asignadas a ella realicen trabajos no apropiados o manejo no adecuado.
6. Proporcionar al operario el equipo de seguridad apropiado para la operación a realizar ya sea esta de pintura o acabados automotrices.
7. Antes de realizar trabajos con la cabinag horno, asegurarse de realizar los procesos.

8. Para acelerar el secado en trabajos de retoque y de panel, se puede utilizar lámparas de infrarrojos.
9. Tener siempre en cuenta las normas de seguridad industrial, instalar extintores y botiquines cerca de la cabina.
10. No usar fuego ni fumar dentro de la cabina ni en sus alrededores debido a que su funcionamiento se basa en el gas doméstico.
11. Los trabajos de mantenimiento de los equipos instalados serán realizados por personal capacitado, la manipulación por parte de personal no adecuado puede causar mal funcionamiento o daño en los equipos.

6.3. BIBLIOGRAFÍA

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Acondicionamiento de aire#Filtrado.](http://es.wikipedia.org/wiki/Acondicionamiento_de_aire#Filtrado)
- [http://energyaudit-sdge.sempra.com/spanish/library/ductinsu.asp.](http://energyaudit-sdge.sempra.com/spanish/library/ductinsu.asp)
- [http://www.arqhys.com/construccion/aislantes-termicos.html.](http://www.arqhys.com/construccion/aislantes-termicos.html)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito el%C3%A9ctrico.](http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_el%C3%A9ctrico)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Densidad.](http://es.wikipedia.org/wiki/Densidad)
- Diseño manual de pintado, tema tratado en la materia Acabados Automotrices dictada en la Universidad Internacional del Ecuador.
- [http://www.refractarioslauruca.com/lanfibvidaisind.htm.](http://www.refractarioslauruca.com/lanfibvidaisind.htm)
- [http://www.revista-mm.com/rev52/maquinariacabinas.pdf.](http://www.revista-mm.com/rev52/maquinariacabinas.pdf)
- Manual del quemador Hsg 400.
- [http://www.weg.com.br.](http://www.weg.com.br)
- [http://www.solerpalau.es/herramientas_04_04.html.](http://www.solerpalau.es/herramientas_04_04.html)
- [http://www.toyota.es/cars/new_cars/land_cruiser-v8/specs.aspx.](http://www.toyota.es/cars/new_cars/land_cruiser-v8/specs.aspx)
- [http://www.todocoche.com/coche/minicooper/austinmini/austinmini.](http://www.todocoche.com/coche/minicooper/austinmini/austinmini)
- [http://www.autocity.com/documentos-tecnicos/index.html?codigoDoc=346.](http://www.autocity.com/documentos-tecnicos/index.html?codigoDoc=346)
- [http://www.venezolanadepinturas.com/reacabado_his.htm.](http://www.venezolanadepinturas.com/reacabado_his.htm)
- [http://www.monografias.com/trabajos37/pintura-organica/pintura-organica.shtml.](http://www.monografias.com/trabajos37/pintura-organica/pintura-organica.shtml)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Quemador.](http://es.wikipedia.org/wiki/Quemador)
- [http://www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/15534139-143.pdf.](http://www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/15534139-143.pdf)
- [www.sika.com.](http://www.sika.com)

- <http://www.monografias.com/trabajos55/sistemas-iluminacion/sistemas-iluminacion2.shtml>.
- <http://www.monografias.com/trabajos15/transf-calor/transf-calor.shtml?monosearch>.
- <http://www.monografias.com/trabajos18/transferencia-calor/transferencia-calor.shtml?monosearch>.
- <http://www.howden.com/es/Products/CentrifugalFans/CustomEngineered/AxialOrCentrifugal.htm>.
- <http://www.grainger.com/Grainger/wwg/itemDetails.shtml>.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/BTU> .
- www.gerdipac.com.pe/Espec%20Fibra%20Ceramica.pdf.
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Entrop%C3%ADa_\(termodin%C3%A1mica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Entrop%C3%ADa_(termodin%C3%A1mica)).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Exerg%C3%ADa>.

6.4. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Barniz.- es la disolución de varias sustancias resinosas en un agente disolvente que se deseca al aire formando una película o capa.

BTU.- significa British Thermal Unit, es la unidad de energía inglesa, su equivalente en el sistema internacional es el joule.

Calefactor.- es un elemento que produce calor basándose en una fuente de energía.

Cámara de combustión.- es un ambiente cerrado donde se realiza la combustión.

Centrífugo.- este término denota que un cuerpo huye del centro de un cuerpo gracias a un movimiento giratorio.

Climatización.- consiste en brindar unas condiciones de humedad, temperatura alta o baja, y limpieza del aire, con la finalidad de crear ambientes idóneos para una operación deseada.

COV.- " Los compuestos orgánicos son sustancias químicas que contienen carbono y se encuentran en todos los elementos vivos. Los compuestos orgánicos volátiles, a veces llamados VOC (por sus siglas en inglés), o COV (por sus siglas en español), se convierten fácilmente en vapores o gases. Junto con el carbono, contienen elementos como hidrógeno, oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Los COV son liberados por la quema de combustibles, como gasolina, madera, carbón o gas natural. También son liberados por disolventes, pinturas y otros productos empleados y almacenados en la casa y el lugar de trabajo."⁷

Entropía.- "La entropía describe lo irreversible de los sistemas termodinámicos. En termodinámica, la **entropía** (simbolizada como **S**) es la magnitud física que mide la parte de la energía que no puede utilizarse para producir trabajo. Es una función de estado de carácter extensivo y su valor, en un sistema aislado, crece

⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/Compuestos_org%C3%A1nicos_vol%C3%A1tiles

en el transcurso de un proceso que se dé de forma natural. La palabra entropía procede del griego (ἐντροπία) y significa evolución o transformación”⁸

Estireno.- “El estireno es un producto manufacturado. Se conoce también como vinilbenceno, etenilbenceno, cinameno o feniletileno. Es un líquido incoloro de aroma dulce que se evapora fácilmente. A menudo contiene otros productos químicos que le dan un aroma penetrante y desagradable. Se disuelve en algunos líquidos, pero no se disuelve muy fácilmente en agua. Miles de millones de libras se producen al año para fabricar productos tales como caucho, plásticos, material aislante, cañerías, partes de automóviles, envases de alimentos y revestimiento de alfombras.

La mayoría de estos productos contienen estireno en forma de una cadena larga (poliestireno) como también estireno sin formar cadenas. Bajos niveles de estireno también ocurren naturalmente en una variedad de alimentos tales como frutas, hortalizas, nueces, bebidas y carnes.”⁹

Exergía.- “Es una magnitud termodinámica que indica el máximo trabajo teórico que se puede alcanzar por la interacción espontánea entre un sistema y su entorno. Informa de la utilidad potencial del sistema como fuente de trabajo”¹⁰

Lux.- “El lux (símbolo lx) es la unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen /m². Se usa en fotometría como medida de la intensidad luminosa, tomando en cuenta las

⁸ [http://es.wikipedia.org/wiki/Entrop%C3%ADa_\(termodin%C3%A1mica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Entrop%C3%ADa_(termodin%C3%A1mica))

⁹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Estireno>

¹⁰ <http://es.wikipedia.org/wiki/Exerg%C3%ADa>

diferentes longitudes de onda según la función de luminosidad, un modelo estándar de la sensibilidad a la luz del ojo humano".¹¹

Nitrocelulosa.- se puede encontrar en estado líquido imperceptiblemente gelatinoso incoloro o en estado sólido de contextura similar a algodón. Se usa en la elaboración de explosivos, y también pinturas, selladores y otros productos similares.

Papel de estraza.- es un tipo de papel de color café tenue conocido también como papel madera o papel kraft, se usa generalmente como envoltura de paquetes.

Poliestireno.- "El poliestireno (PS) es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno. Existen cuatro tipos principales: el PS cristal, que es transparente, rígido y quebradizo; el poliestireno de alto impacto, resistente y opaco, el poliestireno expandido, muy ligero, y el poliestireno extrusionado, similar al expandido pero más denso e impermeable. Las aplicaciones principales del PS choque y el PS cristal son la fabricación de envases mediante extrusión-termo formado, y de objetos diversos mediante moldeo por inyección. Las formas expandidas y extruidas se emplean principalmente como aislantes térmicos en construcción."¹²

Radiación infrarroja.- "La radiación infrarroja, radiación térmica o radiación IR es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible, pero menor que la de las microondas. Consecuentemente, tiene menor

¹¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Lux>

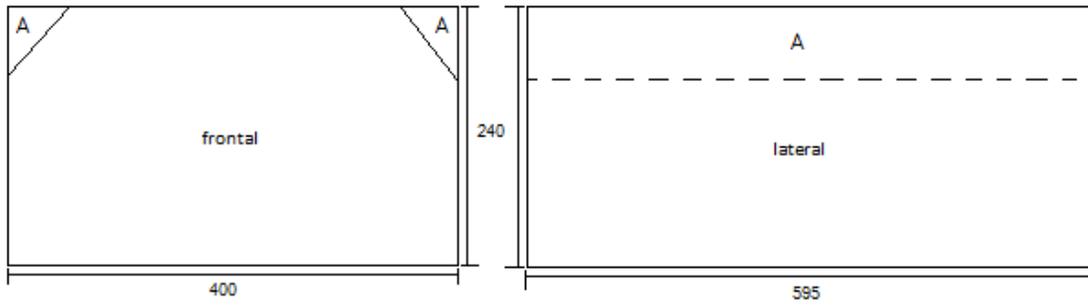
¹² <http://es.wikipedia.org/wiki/Poliestireno>

frecuencia que la luz visible y mayor que las microondas. Su rango de longitudes de onda va desde unos 700 nanómetros hasta 1 micrómetro. La radiación infrarroja es emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor que 0 Kelvin, es decir, $-273,15$ grados Celsius (cero absoluto).”

RPM.- es el acrónimo de revoluciones por minuto. Se usa para medir la velocidad angular.

ANEXO 1

VOLUMEN DE LA CABINA

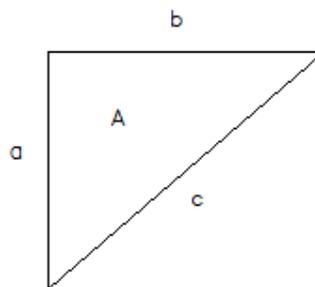


$$V = l * a * h$$

$$V = 5.95m * 4m * 2.4m$$

$$V = 57.12 \text{ m}^3$$

Volumen de A



$$a = 0.47m$$

$$b = 0.50m$$

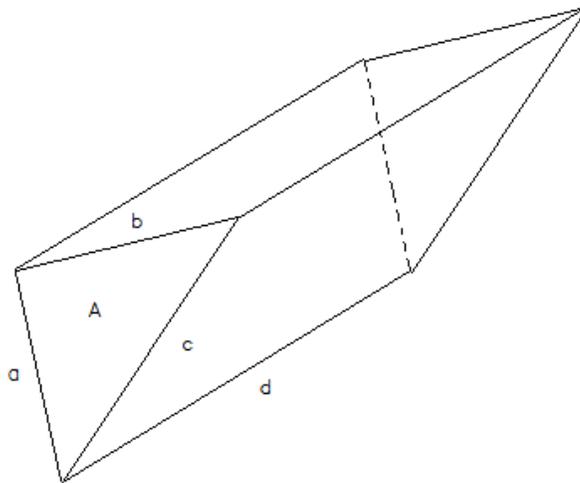
$$c = 68.22m$$

$$A=(a * b) / 2$$

$$A=(50 * 47)/2$$

$$A=(0.5 * 0.47)/2$$

$$A=0.1175m^2$$



$$d=5.95m$$

$$VolA=A * d$$

$$VolA=0.1175m^2 * 5.95m$$

$$VolA= 0.699m^3$$

Volumen total de la cabina

$$Vcab=V - 2 (VolA)$$

$$Vcab= 57.12m^3 - 2 (1.39m^3)$$

$$Vcab=55.72m^3$$

Masa de aire de la cabina

$$Ma=\rho * Vcab$$

$$Ma=1.088kg/m^3 * 55.72m^3$$

$$Ma=60.62Kg$$

$$Q_{cab} = Ma * C_p * T$$

Donde;

Ma= masa de aire

C_p = calor específico

T=temperatura (se toma como dato la temperatura máxima de operación de 60°C=313°K)

$$Q_{cab} = 60.62 \text{ kg} * 717.63 \text{ J/kg}^\circ\text{K} * 313^\circ\text{K}$$

$$Q_{cab} = 13616354.6778 \text{ J}$$

$$1055 \text{ Joules} = 1 \text{ BTU}$$

$$Q_{cab} = 12906.497 \text{ BTU}$$

ANEXO 2

CALOR CONSUMIDO POR EL VEHÍCULO

Para ello se realiza un promedio entre un vehículo muy pequeño y uno muy grande como muestras.

Como muestra pequeña tomaremos un mini Austin que pesa 600 kg aproximadamente y como muestra grande un Toyota Land Cruiser 200 que pesa 3300kg aproximadamente.

Debido a esto se toma como muestra para cálculos una masa promedio de 2000kg.

$$Q_{\text{aut}} = M_{\text{aut}} * C_p * T$$

$$Q_{\text{aut}} = 2000 \text{Kg} * 460 \text{ J/Kg}^\circ\text{K} * 313^\circ\text{K}$$

$$Q_{\text{aut}} = 287960000 \text{ J}$$

$$Q_{\text{aut}} = 272947.87 \text{ BTU}$$

ANEXO 3

CAPACIDAD MÁXIMA DEL QUEMADOR

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{auto}} + Q_{\text{cabina}}$$

Como dato sabemos que la cantidad de calor máxima que nos puede proporcionar el quemador es de 400M BTU y también conocemos el volumen de la cabina entonces:

$$400000 \text{ BTU} = Q_{\text{auto}} + 12906.5 \text{ BTU}$$

$$Q_{\text{auto}} = 400000 \text{ BTU} - 12906.5 \text{ BTU}$$

$$Q_{\text{auto}} = 387093.5 \text{ BTU}$$

$$Q_{\text{auto}} = 408383642.5 \text{ J}$$

Ahora que se conoce el calor total consumido por el auto se puede calcular la masa.

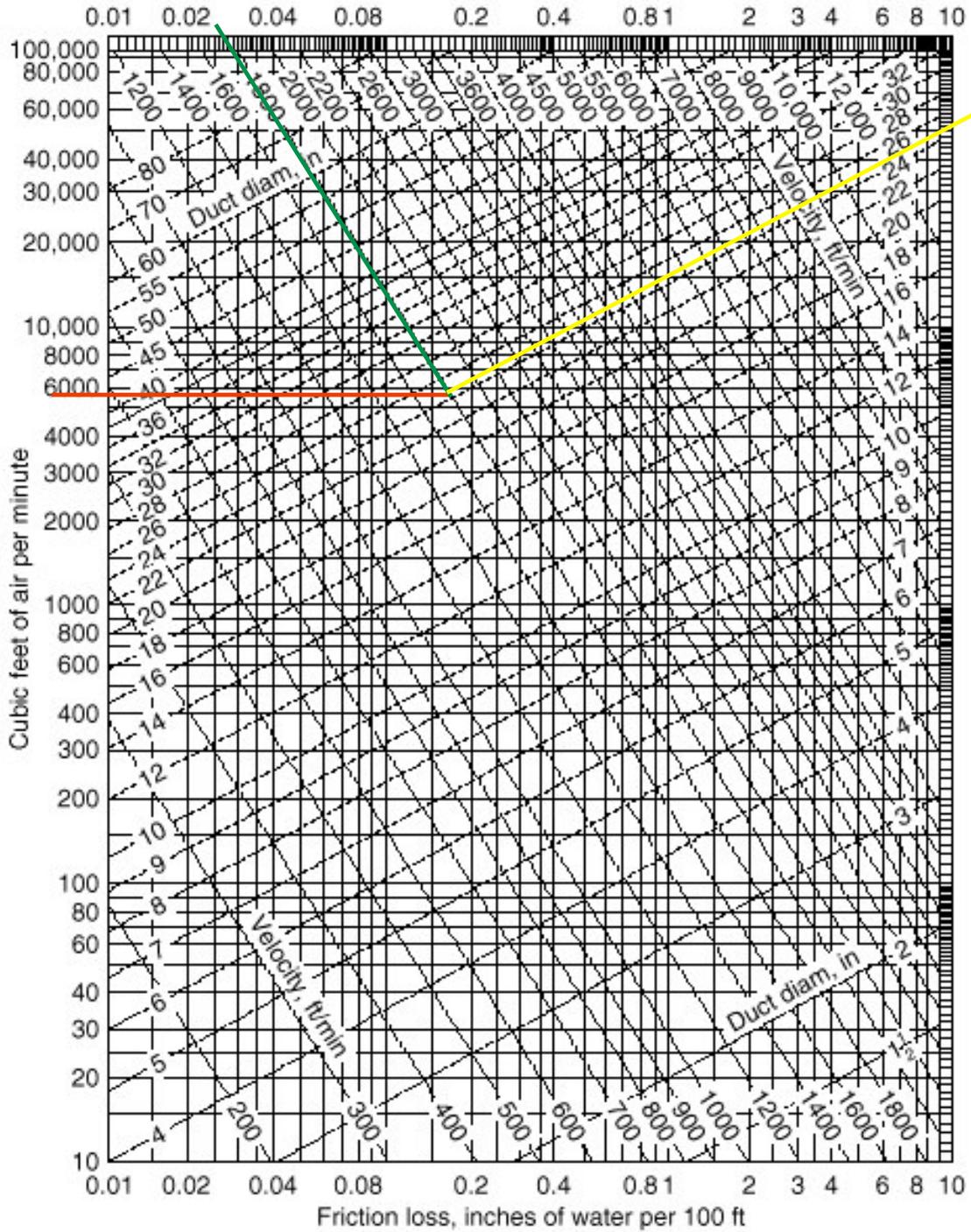
$$Q_{\text{auto}} = M_{\text{auto}} * C_p * T$$

$$408383642.5 \text{ J} = M_{\text{auto}} * 460 \text{ J/Kg } ^\circ\text{K} * 313^\circ\text{K}$$

$$M_{\text{auto}} = 408383642.5 \text{ J} / (460 \text{ J/Kg } ^\circ\text{K} * 313^\circ\text{K})$$

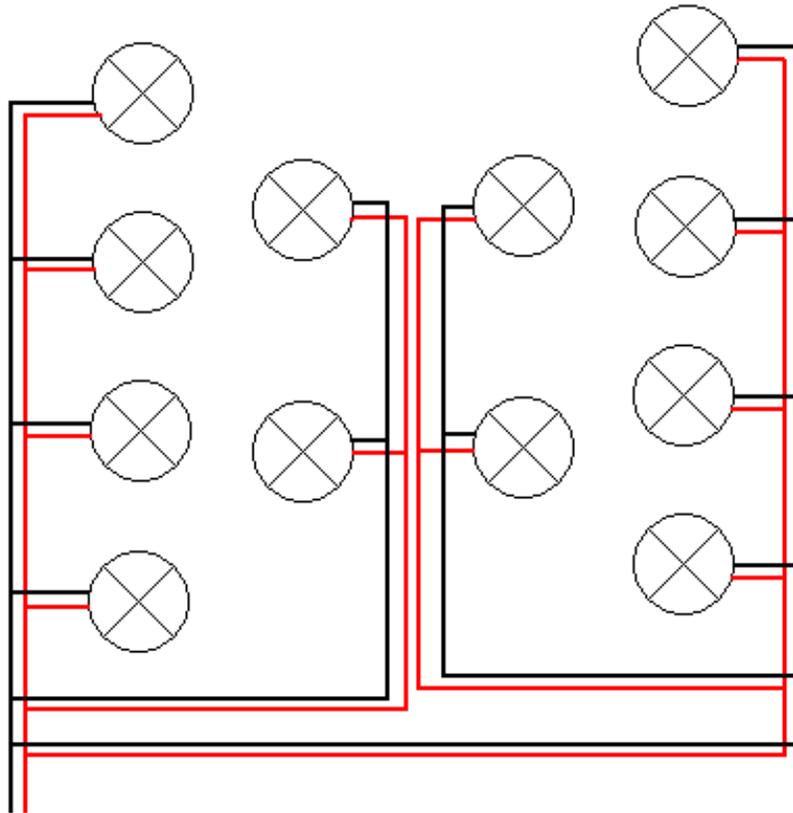
$$M_{\text{auto}} = 2836.5 \text{ J}$$

ANEXO 4



ANEXO 5

CIRCUITO ELÉCTRICO DE LUCES



Se muestra cada una de las lámparas, y con color negro y rojo el cableado del circuito en paralelo.

ÁNGULOS REDUCTORES DE CABINA E INCLINATORIOS DE LUCES

En la figura se muestra la antigua ubicación de las luces.



Ahora las luces tienen la siguiente ubicación.



ANEXO 6

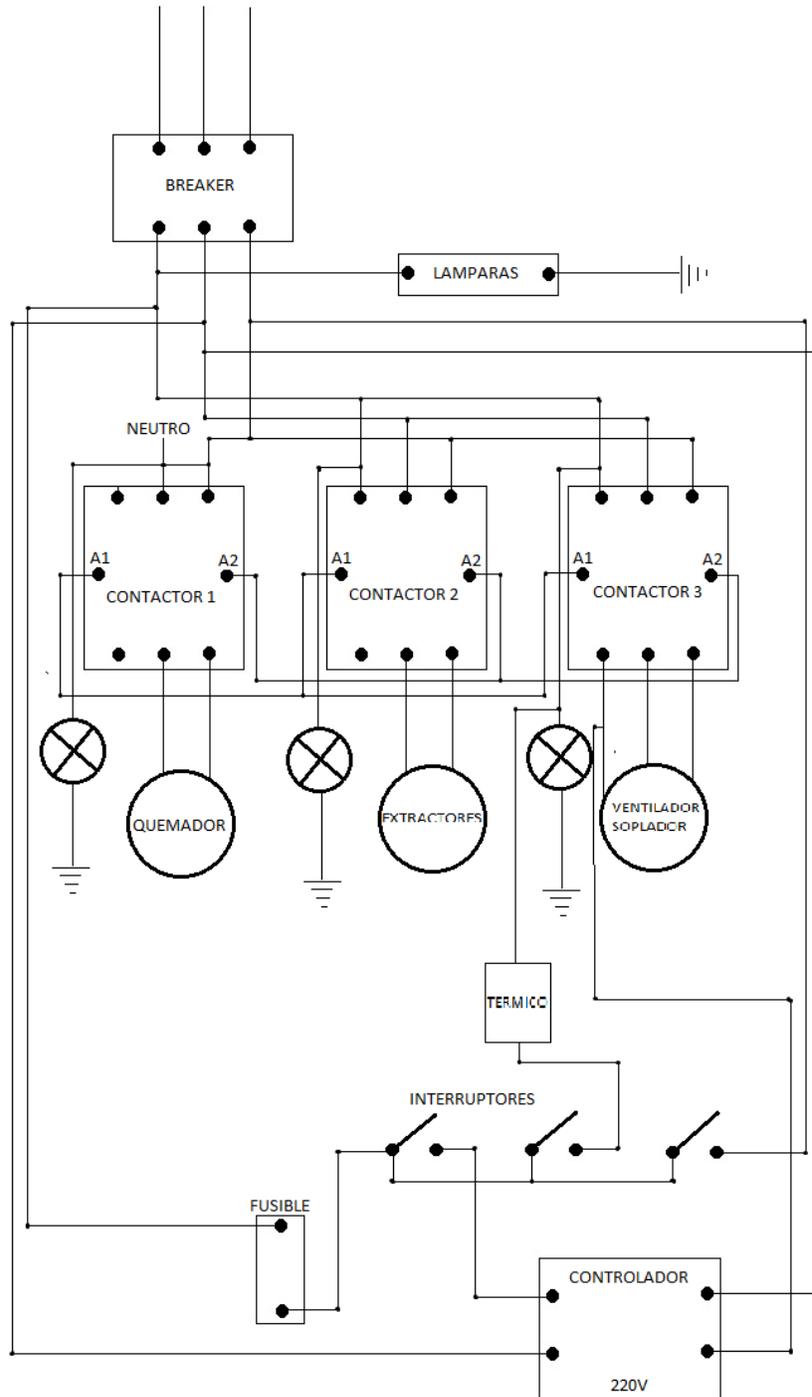
Características	Manta Flexible No combustible Puede resistir temperaturas hasta 2300 °F (1260 °C) Baja densidad y baja conductividad térmica Corto periodo de calentamiento y enfriamiento Resistencia al choque térmico Flexible, fácil de cortar e instalar Posee propiedades acústicas No contiene elementos orgánicas Libre de Asbesto		
Aplicaciones / Usos	Instalación complementaria al refractario Exposición directa para calentamiento como la cara caliente de un horno. Sello de juntas de expansión Protección contra fuego Aislamiento de alta temperatura.		
Clasificación de Temperatura	1260°C (2300° F) Punto de fusión 1760°C (3200° F) Diámetro de fibra 2.8 micras Promedio: 100 mm Máximo: 250 mm Longitud de fibra 5 kgf (49N)/25 x 25 milímetros de 128 kilogramo/m3 en 25 milímetros de grueso Limite de resistencia a la tracción		
		Especificación	Promedio
Densidad	Kg/m ³	150~195	160
		115~150	128
		85~115	96
		58~85	64
Contracción lineal 1100°C x 8 horas	%	≤ 3	1.8
Contenido de residuos (Shot content) > 212micras	%	≤ 25	18
Características	Manta Flexible No combustible Puede resistir temperaturas hasta 2300 °F (1260 °C) Baja densidad y baja conductividad térmica Corto periodo de calentamiento y enfriamiento Resistencia al choque térmico Flexible, fácil de cortar e instalar Posee propiedades acústicas No contiene elementos orgánicas Libre de Asbesto		
Aplicaciones / Usos	Instalación complementaria al refractario Exposición directa para calentamiento como la cara caliente de un horno. Sello de juntas de expansión Protección contra fuego Aislamiento de alta temperatura.		
Clasificación de Temperatura	1260°C (2300° F) Punto de fusión 1760°C (3200° F) Diámetro de fibra 2.8 micras Promedio: 100 mm Máximo: 250 mm Longitud de fibra 5 kgf (49N)/25 x 25 milímetros de 128 kilogramo/m3 en 25 milímetros de grueso Limite de resistencia a la tracción		
		Especificación	Promedio
Densidad	Kg/m ³	150~195	160
		115~150	128
		85~115	96
		58~85	64
Contracción lineal 1100°C x 8 horas	%	≤ 3	1.8
Contenido de residuos (Shot content) > 212micras	%	≤ 25	18

Tabla de propiedades del aislante cerámico¹³

¹³ www.gerdipac.com.pe/Espec%20Fibra%20Ceramica.pdf

ANEXO 7

ESQUEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DE CONTROL



ANEXO 8

MANUAL DE USUARIO Y RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL USO DE LA CABINA HORNO

Este manual es un conjunto de indicaciones y recomendaciones para el adecuado uso de la cabina horno. Vamos a empezar por pedir encarecidamente no se realice variaciones innecesarias o sin supervisión del personal adecuado, regulaciones en cuanto a aire y paso de gas en el quemador, ni tampoco en la válvula de acople rápido ubicada en el tanque de gas. Luego se procede a reconocer los instrumentos y equipos con que cuenta la cabina horno y cada una de sus funciones.

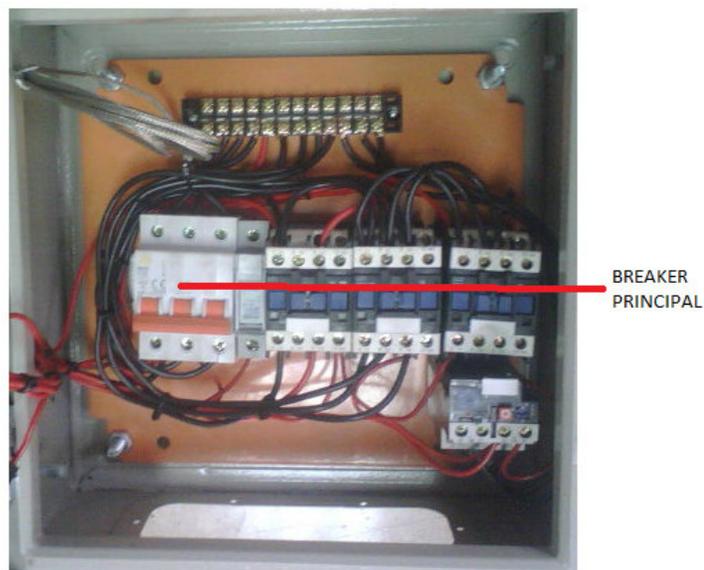
1. El **tablero de control** ubicado en la pared lateral exterior de la cabina. Consta de un control de temperatura, 3 luces indicadoras y 3 interruptores. Es el encargado de permitir la selección de temperatura y control de todos los elementos.
2. El **quemador** ubicado en la parte lateral izquierda superior de la cabina en el extremo exterior de la cámara de combustión. Este es el encargado de quemar el gas con la finalidad de proporcionar el calor necesario.
3. El **ventilador soplador** ubicado en la parte interior del ducto de recirculación, este es el encargado de hacer re circular el aire dentro de la cabina solo en el proceso de secado.

4. El **motor del ventilador soplador** ubicado en la parte interior del ducto de recirculación, este proporciona las rpm's necesarias al ventilador soplador para hacer re circular aire caliente.
5. Los **extractores** colocados dentro del ducto de evacuación en la parte posterior de la cabina son los encargados de extraer los COV's y desechos de los procesos de pintura hacia el exterior de la cabina.

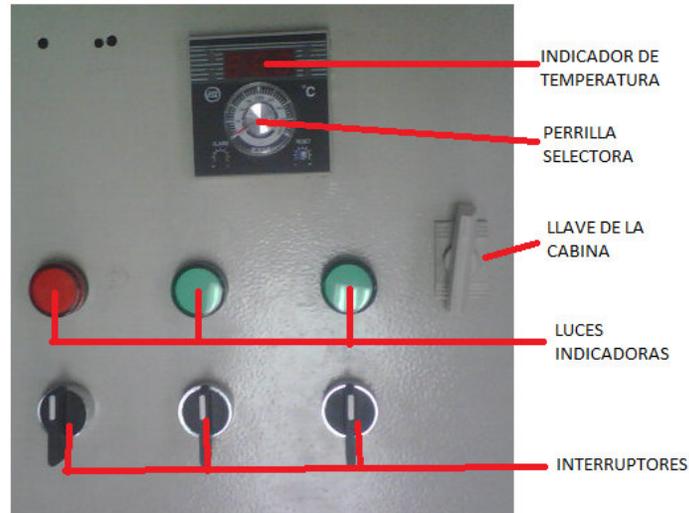
Una vez reconocido el equipo y sus funciones se puede determinar los 2 procesos que se puede realizar en la cabina y lo pasos a seguir para cada uno de estos.

Nota: Previamente se debe solicitar llave del tablero de control.

Las luces de la cabina se encienden activando el breaker principal ubicado en la parte interior del tablero, si no se activa este, ningún equipo que conforme el sistema podrá ser utilizado.



El Tablero de control consta de:



Existen 2 procesos claramente diferenciados:

Estos son: el proceso de pintura y el proceso de secado, en el proceso de pintura solo se activarán los extractores de evacuación para renovar el aire dentro de la cabina. En el proceso de secado intervendrán los demás equipos como el quemador y el ventilador soplador y el motor del ventilador.

PROCESO DE PINTURA

1. Primeramente encender las luces de la cabina mediante la activación del breaker principal ubicado dentro del tablero de control, y así también energizar todo el sistema.

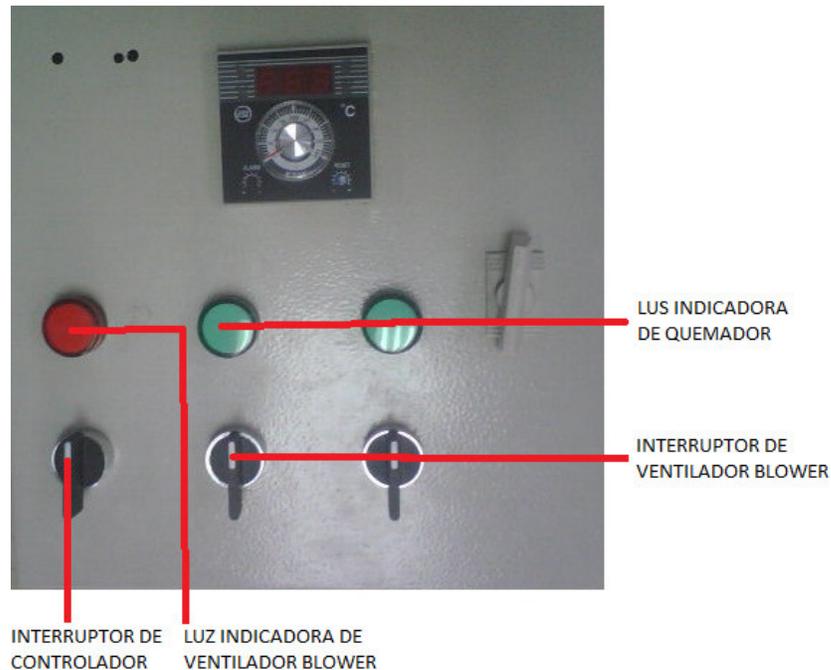
2. En el proceso de pintura lo único que se necesita encender son los extractores ubicados en la parte posterior en el ducto de extracción, para esto se debe abrir la escotilla en la parte posterior del ducto ubicado en la pared posterior de la cabina.



3. Para el proceso de pintura cabe indicar que solo se activa el interruptor de extractores para poner estos en operación, es de suma importancia que se tenga en cuenta las medidas de seguridad en cuanto a vestimenta de los operarios y uso adecuado de herramientas además de tener muy en cuenta que en este proceso no se usará el quemador ni el sistema de recirculación de aire.

PROCESO DE SECADO

1. Tener en cuenta los botones del tablero de instrumentos y sus funciones.



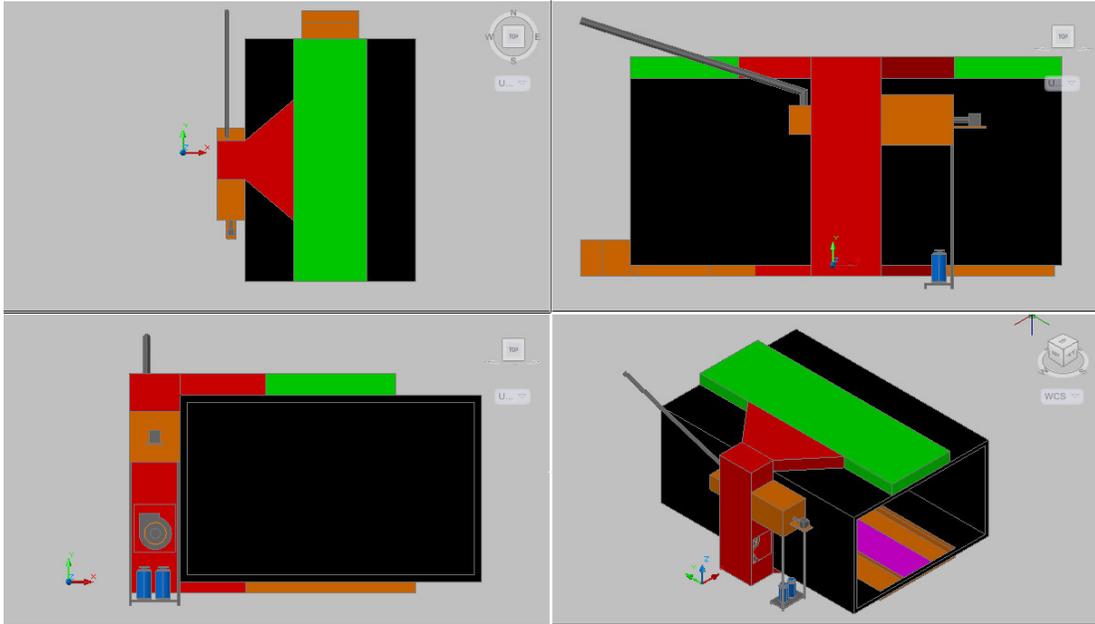
2. Es de suma importancia cerrar la escotilla ubicada en el ducto de evacuación, esto con la finalidad de facilitar al recirculación de aire.
3. Antes de nada se tiene que accionar el interruptor controlador, este activa el control de temperatura y la perilla selectora de temperatura.
4. Luego se selecciona la temperatura deseada con la perilla selectora, recomendablemente 40 grados.
5. Luego se acciona el interruptor del blower de ahí empieza a trabajar el sistema, se enciende automáticamente el quemador y el ventilador hace recircular el aire.

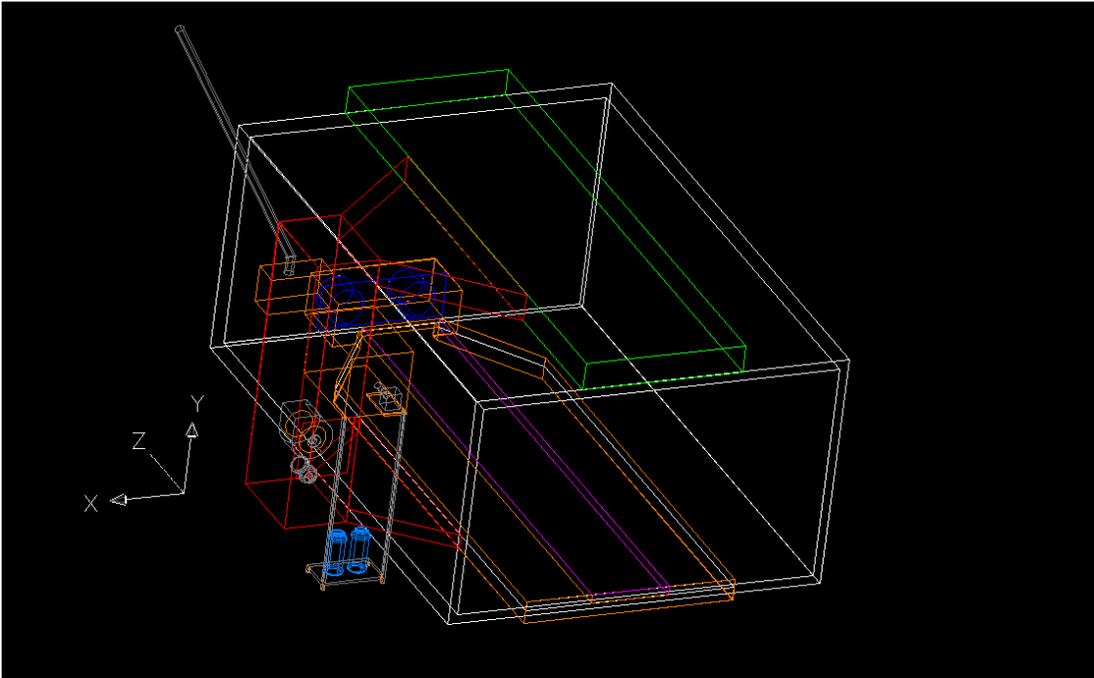
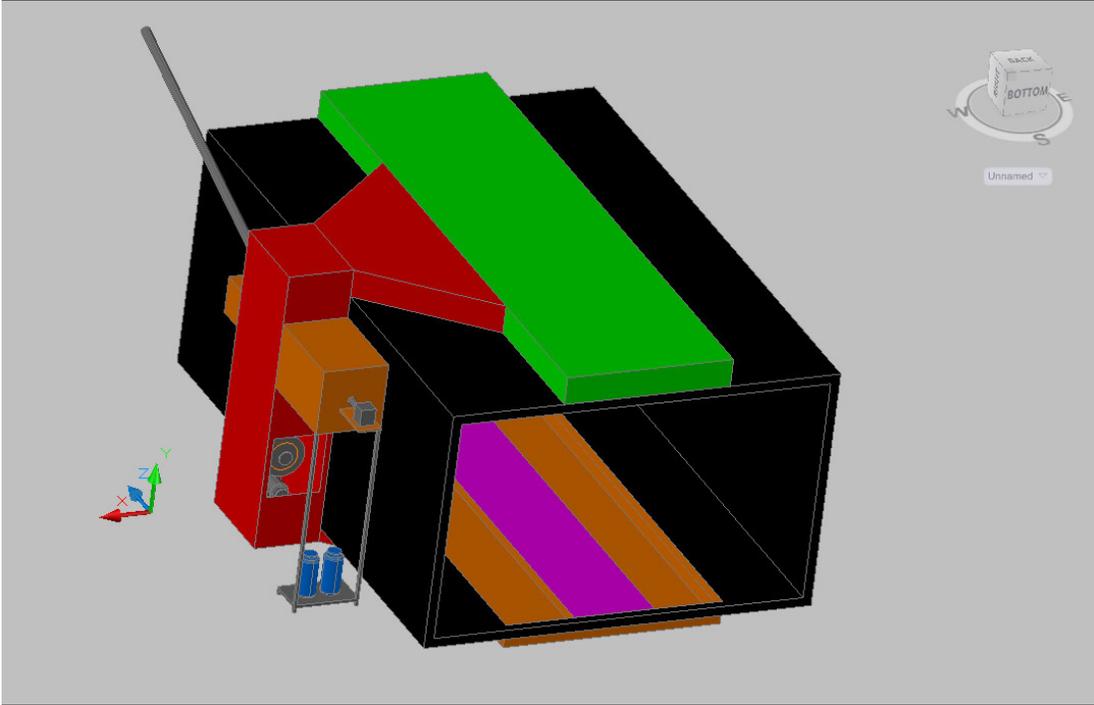
Es de suma importancia que se comprenda que mientras el ventilador soplador no este trabajando el quemador no se acciona. Otra de la condiciones de funcionamiento es que el soplador puede funcionar con el quemador apagado.

6. Para apagar el quemador simplemente hay que llevar la perilla de selección de temperatura a 0 grados. Para volver a encenderlo simplemente se selecciona la temperatura nuevamente. Esto funciona siempre y cuando el interruptor del blower se encuentre en la posición ON.

ANEXO 9

PLNOS EN 3D AUTOCAD DE LACABINA HORNO DE PINTURA.





ANEXO 10

GALERÍA FOTOGRÁFICA











