

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO

FACULTAD DE INGENIERÍAS  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TÚNEL DE SECADO DE BARNIZ  
MEDIANTE RAYOS ULTRAVIOLETA

AUTORES: MORALES FLORES JORGE ANDRÉS  
RODRÍGUEZ CHÁVEZ DANIEL PAÚL

DIRECTOR: ING. OLGHER PÉREZ SILVA

QUITO, NOVIEMBRE 2012

Certifico que el presente trabajo ha sido  
realizado en su totalidad por los señores

Jorge Andrés Morales Flores

Daniel Paúl Rodríguez Chávez

---

Ing. Olger Pérez Silva

DIRECTOR DE TESIS

## *Dedicatoria*

Dedico el presente trabajo a mis padres, esposa, hermana e hijo que han sido un soporte incondicional y siempre se han encontrado a mi lado, dándome todo su apoyo para lograr este objetivo.

Jorge Morales

# *Dedicatoria*

En primer lugar quiero agradecer a Dios por darme la perseverancia y sabiduría para poder concluir con este objetivo tan primordial para mi vida, ya que si alguien me ha dado la vida y guiado mi camino ha sido Él.

No podría continuar con esta dedicatoria sin agradecer a mi madre, quien gracias a su apoyo constante e incondicional ha sido la promotora de todos los triunfos de mi vida, sin importar las veces que he caído ella ha sabido ser una madre ejemplar y luchadora.

Daniel Rodríguez

# *Agradecimiento General*

Como equipo de tesis queremos agradecer al Ing. Olger Pérez nuestro director de tesis quien gracias a su paciencia y comprensión completó la meta trazada por dos estudiantes de ingeniería quienes quisieron ser dos profesionales dignos de la Universidad Politécnica Salesiana.

No podemos olvidarnos de las siguientes personas quienes influyeron e hicieron posible que nuestro objetivo llegue a su cúspide.

- Ing. Paulo Rodríguez (Automatización)
- Dr. Jorge Rodríguez (Asesoramiento técnico)

A quienes damos nuestro más sincero agradecimiento.

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>3</b>
<b>ALCANCE.....</b>	<b>4</b>
<b>VARIABLE.....</b>	<b>4</b>
<b>LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>8</b>

## **CAPÍTULO I**

<b>FUNDAMENTO TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
1.1 <b>BARNIZ.....</b>	<b>10</b>
1.1.1 <b>Tipos de barnices.....</b>	<b>10</b>
1.1.1.1 <b>Barniz UV.....</b>	<b>11</b>
1.1.1.1.1 <b>Características.....</b>	<b>12</b>
1.1.1.1.2 <b>Datos técnicos.....</b>	<b>13</b>
1.1.1.1.3 <b>Beneficios del recubrimiento UV.....</b>	<b>13</b>
1.1.1.2 <b>Barniz acuoso.....</b>	<b>14</b>

1.1.1.2.1	Características. ....	14
1.1.1.2.2	Datos técnicos. ....	15
1.1.1.2.3	Beneficios del recubrimiento acuoso. ....	15
1.1.1.3	Tintas UV. ....	16
1.1.1.3.1	Tintas de base solvente. ....	17
1.1.1.3.1.1	Ventajas de la tinta solvente. ....	18
1.1.1.3.1.2	Desventajas de la tinta solvente. ....	18
1.1.1.3.1.3	Componentes de tinta de base solvente. ....	19
1.1.1.3.2	Tintas de secado UV. ....	20
1.1.1.3.2.1	Ventajas de las tintas de secado UV. ....	20
1.1.1.3.2.2	Inconvenientes de las tintas de secado UV. ....	21
1.1.1.3.2.3	Componentes de tinta de base solvente. ....	22
1.2	BARNIZADO UV. ....	24
1.3	BRILLO. ....	25
1.3.1	Medición del brillo. ....	25
1.3.2.	Brillómetro. ....	26
1.4	LÁMPARA UV. ....	28
1.4.1	Elementos característicos. ....	28
1.4.2	Tipos de lámparas ultravioletas. ....	29
1.4.2.1	Lámparas ultravioletas de vapor de mercurio. ....	30
1.4.2.1.1	Características de la lámpara de vapor de mercurio. ....	30

1.4.2.2	Lámparas ultravioletas de yoduro de galio. ....	31
1.4.2.2.1	Características de la lámpara de yoduro de galio. ....	31
1.5	REFLECTOR PARABÓLICO. ....	32
1.5.1	Reflector parabólico de aleación titanio-aluminio. ....	32
1.6	BANDAS TRANSPORTADORAS. ....	33
1.6.1	Tipos de Bandas Transportadoras. ....	34
1.6.1.1	Bandas transportadoras de caucho. ....	35
1.6.1.2	Bandas transportadora de PVC. ....	35
1.6.1.3	Bandas transportadoras modulares. ....	36
1.6.1.4	Bandas de malla metálica /teflón. ....	37
1.7	PERFIL METÁLICO UPE. ....	38
1.8	TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO. ....	38
1.8.1	Transmisión Por Banda. ....	39
1.8.1.1	Ventajas de la transmisión por bandas. ....	40
1.8.1.2	Desventajas de la transmisión por bandas. ....	41
1.8.2	Transmisión por cadena. ....	41
1.8.2.1	Ventajas de la transmisión por cadenas. ....	42
1.8.2.2	Desventajas de la transmisión por cadenas. ....	42
1.8.3	Transmisión por engranajes. ....	43
1.8.3.1	Ventajas de la transmisión por engranajes. ....	43
1.8.3.2	Desventajas de la transmisión por engranajes. ....	44

1.9	VENTILADORES. ....	44
1.9.1	Tipos de ventiladores. ....	45
1.9.1.1	Ventilador axial. ....	46
1.9.1.1.1	Funcionamiento de un ventilador axial. ....	47
1.9.1.1.2	Ventilador axial helicoidal. ....	47
1.9.1.1.3	Ventilador axial tubular. ....	48
1.9.1.1.4	Ventilador tubular con directrices. ....	48
1.9.1.2	Ventilador centrífugo. ....	49
1.9.1.2.1	Ventilador con álabes curvos hacia delante. ....	50
1.9.1.2.2	Ventilador con álabes rectos. ....	50
1.9.1.2.3	Ventilador con álabes curvos hacia atrás. ....	51
1.10	RODILLOS METÁLICOS INDUSTRIALES. ....	52
1.10.1	Vulcanizado de rodillos. ....	52
1.10.2	Utilización. ....	53
1.10.3	Recubrimientos para rodillos. ....	53
1.10.4	Ventajas. ....	54
1.11	TRANSFERENCIA DE CALOR. ....	55
1.11.1	Transferencia de calor por conducción. ....	56
1.11.2	Transferencia de calor por convección. ....	57
1.11.3	Transferencia de calor por radiación. ....	58

## CAPÍTULO II

<b>SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....</b>	<b>59</b>
2.1 SELECCIÓN DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO.....	59
2.2 SELECCIÓN DE BANDA TRANSPORTADORA.....	61
2.3 SELECCIÓN DEL PERFIL.....	63
2.4 SELECCIÓN DEL VENTILADOR.....	65
2.5 SELECCIÓN DE LA LAMPARA UV.....	66
2.6 FÓRMULAS Y PARÁMETROS A SER UTILIZADOS EN EL CÁLCULO Y DISEÑO DEL TÚNEL DE SECADO MEDIANTE RAYOS ULTRAVIOLETA.....	67
2.6.1 Parámetros principales de diseño.....	67
2.6.2 Rodillo principal.....	68
2.6.2.1 Fórmulas.....	68
2.6.3 Soporte de la banda.....	70
2.6.3.1 Fórmulas.....	70
2.6.4 Perfil para armazón del túnel de secado.....	71
2.6.4.1 Fórmulas.....	71
2.6.5 Cálculo del perfil.....	74
2.6.6 Cálculo del motor eléctrico.....	77
2.6.6.1 Fórmulas.....	77
2.6.7 Transferencia de calor.....	79
2.6.7.1 Fórmulas.....	79

### **CAPÍTULO III**

<b>CÁLCULO Y DISEÑO.....</b>	<b>83</b>
3.1	Diseño de rodillo principal..... 83
3.2	Cálculo de las dimensiones del rodillo de arrastre..... 88
3.3	Diseño de plancha para el soporte de la banda. .... 89
3.4	Dimensiones de la campana de protección, de la lámpara fluorescente de vapor de mercurio. .... 93
3.5	Cálculo del perfil para armazón del túnel de secado..... 93
3.6	Cálculo del perfil..... 99
3.7	Cálculo del motor eléctrico. .... 106
3.8	Transferencia de calor. .... 110
3.9	Selección de la chumacera..... 122
3.10	Selección de la chaveta para el eje del rodillo..... 122

### **CAPÍTULO IV**

<b>COSTOS.....</b>	<b>123</b>
4.1	Costos de materiales y accesorios mecánicos. .... 123
4.2	Costos de materiales y accesorios eléctricos..... 125
4.3	Costo por maquinaria y equipos utilizado..... 126
4.4	Costo por mano de obra. .... 126
4.5	Costo por transporte. .... 127

4.6	Costo total de la máquina.....	127
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>128</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>130</b>
<b>GLOSARIO.....</b>		<b>131</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>134</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Variables dependientes e independientes.....	5
<b>Tabla 2</b>	Características de la lámpara de vapor de mercurio.....	30
<b>Tabla 3</b>	Características de la lámpara de yoduro de galio.....	31
<b>Tabla 4</b>	Selección de transmisión de movimiento.....	61
<b>Tabla 5</b>	Selección de banda transportadora.....	63
<b>Tabla 6</b>	Selección de perfil.....	64
<b>Tabla 7</b>	Selección del ventilador .....	65
<b>Tabla 8</b>	Selección de la lámpara uv.....	66
<b>Tabla 9</b>	Valores para placa empotrada .....	91
<b>Tabla 10</b>	Valores de k para columnas aisladas.....	104
<b>Tabla 11</b>	Ventilador axial ac axial fan .....	119
<b>Tabla 12</b>	Valores de propiedades de gases a presión atmosférica (sistema de unidades si) aire .....	120
<b>Tabla 13</b>	Costos de materiales y accesorios mecánicos .....	123
<b>Tabla 14</b>	Costos de materiales y accesorios eléctricos.....	125
<b>Tabla 15</b>	Costo total de materiales para la máquina túnel se secado de barniz mediante rayos uv .....	125
<b>Tabla 16</b>	Costo por maquinaria y equipos utilizados .....	126
<b>Tabla 17</b>	Costos por mano de obra.....	126
<b>Tabla 18</b>	Costo por transporte .....	127

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1</b> Localización imprenta “don bosco” .....	6
<b>Fig. 2</b> Portada en barniz uv .....	11
<b>Fig. 3</b> a) Tarjeta de presentación , b) Portada de revista.....	12
<b>Fig. 4</b> Afiche con tinta uv .....	16
<b>Fig. 5</b> Componentes de tinta base solvente.....	19
<b>Fig. 6</b> Componentes de tintas uv.....	22
<b>Fig. 7</b> Barnizado uv.....	24
<b>Fig. 8</b> Medición del brillo .....	26
<b>Fig. 9</b> Brillómetro.....	26
<b>Fig. 10</b> Lámpara uv .....	28
<b>Fig. 11</b> Lámpara uv .....	29
<b>Fig. 12</b> Variedad de lámparas fluorescentes .....	29
<b>Fig. 13</b> Lámpara uv de vapor de mercurio.....	30
<b>Fig. 14</b> Lámpara de yoduro de galio .....	31
<b>Fig. 15</b> Reflector parabólico .....	32
<b>Fig. 16</b> Reflector de aluminio-titanio.....	33
<b>Fig. 17</b> Banda transportadora.....	34
<b>Fig. 18</b> Banda transportadora de caucho.....	35
<b>Fig. 19</b> Banda transportadora de pvc .....	36
<b>Fig. 20</b> Banda transportadora modular.....	37
<b>Fig. 21</b> Banda transportadora de teflón.....	37
<b>Fig. 22</b> Perfil UPE.....	38
<b>Fig. 23</b> Relación de transmisión.....	39
<b>Fig. 24</b> Transmisión por cadena.....	41

<b>Fig. 25</b> Transmisión por engranajes.....	43
<b>Fig. 26</b> Ventiladores de uso industrial .....	45
<b>Fig. 27</b> Ventilador axial .....	46
<b>Fig. 28</b> Ventilador axial helicoidal.....	47
<b>Fig. 29</b> Ventilador axial tubular .....	48
<b>Fig. 30</b> Ventilador axial con directrices .....	49
<b>Fig. 31</b> Ventilador centrifugo.....	49
<b>Fig. 32</b> Ventilador centrifugo con álabes curvos hacia adelante .....	50
<b>Fig. 33</b> Ventilador centrifugo con alabes rectos .....	51
<b>Fig. 34</b> Ventilador centrifugo con álabes curvos hacia atrás .....	51
<b>Fig. 35</b> Rodillo metálico industrial para bandas transportadoras.....	52
<b>Fig. 36</b> Rodillo vulcanizado.....	52
<b>Fig. 37</b> Transferencia de calor .....	56
<b>Fig. 38</b> Transferencia de calor por conducción.....	57
<b>Fig. 39</b> Transferencia de calor por convección.....	57
<b>Fig. 40</b> Transferencia de calor por radiación .....	58
<b>Fig. 41</b> Distribución de carga sobre la banda transportadora.....	84
<b>Fig. 42</b> Dimensiones máximas del pliego .....	85
<b>Fig. 43</b> Diagrama de momento para rodillo fijo .....	86
<b>Fig. 44</b> Radio del círculo.....	88
<b>Fig. 45</b> Cilindro hueco .....	88
<b>Fig. 46</b> Plancha soporte.....	89
<b>Fig. 47</b> Diagrama de carga distribuida.....	90
<b>Fig. 48</b> Diagrama de momento (peso del armazón).....	98
<b>Fig. 49</b> Perfil U .....	100
<b>Fig. 50</b> Perfil U selección de áreas.....	100

<b>Fig. 51</b> Centro de gravedad perfil U .....	102
<b>Fig. 52</b> Centro de gravedad perfil U .....	104
<b>Fig. 53</b> Fuerza de rozamiento entre el eje y la parte interna del rodillo .....	106
<b>Fig. 54</b> Ensayo para calcular el coeficiente de rozamiento entre el caucho y el teflón .....	108
<b>Fig. 55</b> Fuerza de rozamiento entre el caucho y la banda de teflón.....	109
<b>Fig. 56</b> Lámpara fluorescente .....	111
<b>Fig. 57</b> Vista amplia de reflector y lámpara fluorescente .....	112
<b>Fig. 58</b> Reflector y cubierta .....	115

## **ANEXOS**

**ANEXO NO. 1** CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

**ANEXO NO. 2** PLANO DE CONJUNTO Y DESPIECE

**ANEXO NO. 3** MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

**ANEXO NO. 4** DATOS TÉCNICOS DE ELEMENTOS EN LA MÁQUINA

**ANEXO NO. 5** FACTURAS Y PROFORMAS

**ANEXO NO. 6** FOTOS DEL MONTAJE DEL SISTEMA

## INTRODUCCIÓN

La imprenta es una de las industrias más antiguas del mundo y ha ido desarrollándose en el transcurso de los años con el uso de nuevas técnicas y tecnología; a medida que la demanda por libros aumentó, los dueños de imprentas han buscado nuevos métodos y equipamiento.

En 1796 el escritor alemán Aloysius Senefelder, en su búsqueda por publicar de forma más barata sus propias obras, desarrolló la técnica de la litografía. Joseph-Nicephore Niepce, un hacendado francés e inventor, descubrió en 1820 que algunos componentes químicos eran sensitivos a la luz. Su trabajo marcó los inicios de la tecnología fotográfica, que más tarde llegó a la invención de la fotografía y el uso de procesos fotográficos para reproducir imágenes.

Comenzando con la invención de la técnica del Offset en los Estados Unidos, una serie de innovaciones del siglo XX, permitió barnizar papel con un sistema de rodillos y de mantillas absorbentes. Junto a ello, se tiene un sistema de secado con rayos ultravioleta que, gracias a las propiedades del barniz UV, permite secar el producto rápidamente.

Básicamente un túnel de secado de barniz mediante rayos ultravioleta (UV), está constituido por una banda transportadora la cual recibe la impresión, llevándola hacia los ventiladores que ayudan a dispersar de mejor manera el barniz, siguiendo el proceso se encuentra el reflector y la lámpara de UV la cual seca definitivamente el barniz de la impresión y por último está la salida de producto terminado.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

En la imprenta “Don Bosco” se encuentra un túnel de secado de barniz por medio de rayos ultravioleta el cual trabaja junto a la máquina Offset Harris. El inconveniente de este es su construcción artesanal y por esta razón se tiene varios problemas que son:

- El sistema de transmisión de movimiento, entre la máquina Offset Harris y el túnel de secado de barniz mediante Rayos Ultravioleta, es de engranajes y demasiado complejo, por esta razón el costo de mantenimiento es elevado.
- Falta de eficiencia por un secado defectuoso ya que se produce 2000 pliegos /hora con un desperdicio de 100 pliegos.

## **TEMA:**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TÚNEL DE SECADO DE BARNIZ MEDIANTE RAYOS ULTRAVIOLETA”.

## **JUSTIFICACIÓN.**

La solución más adecuada que se encontró para dar solución a estos problemas, es el diseño y la construcción de un túnel de secado de barniz mediante rayos ultravioletas que cubrirá las necesidades demandadas por la máquina Offset Harris que se encuentra en la imprenta “Don Bosco”.

También se implementará un sistema de control que ayudará al buen funcionamiento de la banda transportadora y la lámpara UV, ya que estos dos elementos son los más costosos y fundamentales para su funcionamiento.

## **OBJETIVOS.**

### **OBJETIVO GENERAL.**

- Diseñar y Construir un túnel para secado de barniz mediante rayos ultravioletas.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Conocer y seleccionar los materiales para la construcción de un túnel de secado de barniz mediante rayos ultravioletas.
- Realizar los planos para la construcción del túnel de secado.
- Realizar un manual de operaciones y mantenimiento.
- Efectuar anexos con los accesorios adecuados para un óptimo funcionamiento.

## **HIPÓTESIS.**

El diseño, la construcción e implementación de un túnel de secado de barniz mediante rayos ultravioletas (UV) a la máquina Offset Harris, ayudará a esta a mejorar el sistema de secado del barniz, disminuyendo pérdidas por curado defectuoso en un 50 por ciento de las actuales

## **ALCANCE.**

- Diseño y construcción de un túnel de secado de barniz mediante rayos ultravioletas.
- Planos de construcción.
- Manuales de mantenimiento y operación.
- Tablero de Control.

## **VARIABLE.**

Las variables se refieren a propiedades de la realidad cuyos valores varían, es decir, su idea contraria son las propiedades constantes de cierto fenómeno. Las variables en la investigación representan un concepto de vital importancia dentro de un proyecto. En un diseño experimental, la hipótesis plantea que los cambios en una o más de las variables independientes generarán cambios en una o más de las variables dependientes.

## **VARIABLE INDEPENDIENTE.**

Es aquella característica o propiedad que se supone ser la causa del fenómeno estudiado. En investigación experimental se llama así, a la variable que el investigador manipula. Es una variable que puede cambiar libremente su valor, así

como el primero, sin que su valor se vea afectado por alguna otra(s) variable(s), ver tabla 1.

### **VARIABLE DEPENDIENTE.**

Es la propiedad o característica que se trata de cambiar mediante la manipulación de la variable independiente. La variable dependiente es el factor que es observado y medido para determinar el efecto de la variable independiente<sup>1</sup>, ver Tabla 1.

**Tabla 1** Variables dependientes e independientes

<b>VARIABLES</b>		
<b>INDEPENDIENTE</b>	<b>DEPENDIENTE</b>	<b>INDICADOR</b>
Diseño	Tamaño Forma Utilización Espacio físico	Funcionalidad
Costo	Diseño Materia prima Insumos Mano de obra Depreciación Mantenimiento	Presupuestos Reducción de costos
Seguridad	Salud Ruido	Sin accidentes

**Fuente:** Autor

<sup>1</sup><http://www.emagister.com/curso-tesis-investigacion/variables-concepto>

## LOCALIZACIÓN.

La imprenta Don Bosco se encuentra ubicada en el Colegio Técnico Salesiano “Don Bosco” en el sector norte de la ciudad de Quito-Ecuador, en las calles José Rafael Bustamante E6-87 y Gonzalo Zaldumbide (Cdla. Kennedy), ver Fig. 1.



**Fig. 1 Localización Imprenta “Don Bosco”**

**Fuente:** [www.google.earth.com](http://www.google.earth.com)

## METODOLOGÍA.

### 1. Método Científico

El método científico, es un método de investigación usado principalmente en la producción de conocimiento en las ciencias. Presenta diversas definiciones debido a la complejidad de una exactitud en su conceptualización. Este método se utilizará en el desarrollo del tercer capítulo, aplicando fórmulas y leyes físicas que ayudarán a sustentar los resultados obtenidos.

## **2. Método Experimental**

El método científico experimental es un procedimiento que permite llegar a la verdad objetiva de los fenómenos. Este método se utilizará en la construcción del mecanismo.

## **3. Método Investigativo**

Dentro del método investigativo de recolección de datos, se pueden utilizar diferentes técnicas: la entrevista, el cuestionario, el test, la observación, etc. Este método se utiliza en todo el trabajo de investigación, ya que por medio de éste se obtendrá información valiosa para el desarrollo de la tesis.

## **RESUMEN**

El objetivo principal del presente trabajo es diseñar y construir un túnel de secado de barniz mediante rayos ultravioletas.

En el Capítulo 1: FUNDAMENTO TEÓRICO, se recopila la información general sobre todo lo correspondiente al proceso de barnizado UV por ejemplo, los diferentes tipos de barnices y tintas UV tomando en cuenta sus características y su composición. En este capítulo se realiza la recolección de información de las partes más importantes para la construcción del túnel de secado como son: las lámparas UV, los bróilómetros y los reflectores de aleación aluminio-titanio. Se plantea todo lo correspondiente a la construcción de la máquina en lo que se refiere a los perfiles, la transmisión de potencia, los rodillos con su respectivo vulcanizado y chumaceras.

En el Capítulo 2: SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS, se realiza una tabulación sobre todas las posibilidades que se presentan para la construcción del túnel de secado de barniz mediante rayos ultravioletas, dando un respectivo puntaje a las mejores opciones y de esta forma, seleccionar la mejor alternativa en los diferentes procesos de construcción de la máquina. También se hace una recopilación de todas las fórmulas a ser utilizadas en el proceso de diseño.

En el Capítulo 3: CÁLCULO Y DISEÑO, se efectúa los respectivos cálculos de los diferentes elementos de la máquina tomando en cuenta los resultados obtenidos del Capítulo 2 y los elementos disponibles dentro del mercado nacional.

En el Capítulo 4: COSTOS, se analiza los precios del sistema de túnel de secado de barniz con rayos ultravioleta considerando varias alternativas para establecer el costo final del proyecto.

En las CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, se puede destacar que al concluir el diseño se llega a determinar si los objetivos planteados en esta investigación fueron cumplidos y responden las inquietudes planteadas en las hipótesis.

Para el DISEÑO DEL SISTEMA, se realizó el dibujo en el programa Autocad versión 2010 que sirve para generar planos, basados en medidas proporcionadas en los capítulos anteriores.

# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTO TEÓRICO.

### 1.1 BARNIZ.

Barniz es una disolución de una o más sustancias resinosas en un disolvente que se volatiliza o se deseca al aire con facilidad, dando como resultado una capa o película. Se usa para proteger superficies. Existen barnices de origen natural, en general derivados de las resinas, aceites esenciales de plantas y sintéticos de formulación moderna.<sup>2</sup>

#### 1.1.1 Tipos de barnices.

- Barniz para Madera.
- Barniz para la Industria Gráfica.

Este documento enfocará el estudio hacia los barnices para la industria gráfica que son:

- Barniz UV.
- Barniz acuoso.

---

<sup>2</sup><http://es.wikipedia.org/wiki/Barniz>

- Tintas UV.
  - Tintas de base solvente
  - Tintas de secado UV

#### 1.1.1.1 Barniz UV.

El barniz UV se utiliza como un elemento de diseño que modifica una parte o el total de la superficie del papel. (Véase Fig. 2). Se realiza en serigrafía aunque también es posible aplicarlo en una máquina de Offset. Sin embargo hay diferencias ya que en Offset la capa es de menor espesor y refleja menos brillo.



**Fig. 2 Portada en barniz UV**

**Fuente:** <http://aprendiendoconzkj.blogspot.com/2010/08/tecnicas-de-impresion.html>

Este barniz posee una apariencia especial, un tanto suave y más brillo y puede compararse con el plastificado pero con la ventaja de que el UV puede ir en reserva (Véase Fig. 3a), es decir, cubrir sólo una zona concreta del papel para destacarla del resto. El plastificado no admite esta posibilidad, ha de cubrir toda la superficie (Véase Fig. 3b).



a)



b)

**Fig. 3 a) Tarjeta de presentación , b) Portada de revista**

**Fuente:** <http://quito.olx.com.ec/tarjetas-de-presentacion-personales-diseno-multimedia-paginas-web-iid-105595995>

#### 1.1.1.1.1 Características.

- Alto nivel de calidad del acabado.
- Alta resistencia a la acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material o tejido, es decir, alta resistencia a la abrasión.
- Alta resistencia a las sustancias químicas que son utilizadas luego del barnizado como por ejemplo la pega para un plastificado.
- Listo inmediatamente para un tratamiento subsiguiente.
- En función del tipo de barniz, apto para el pegamento y el estampado de láminas.

- En función del soporte de impresión, apto para el estriado y el ranurado.
- Reciclable mediante proceso de destintado.
- En caso de recubrimientos en el campo de la alimentación, comprobar la aptitud.

#### **1.1.1.1.2 Datos técnicos.**

- Se compone, básicamente, de éster de ácido acrílico que es un compuesto químico. En su estado puro, se trata de un líquido corrosivo, incoloro y de olor penetrante con fotoiniciadores, los cuales se encargan de polimerizar el barniz en fracciones de segundo, bajo el efecto de la radiación de luz ultravioleta.
- Punto de inflamación > 100°C.

#### **1.1.1.1.3 Beneficios del recubrimiento UV.**

- Altísimo brillo.
- Excelente protección.
- Curado inmediato.

- Excelente claridad.
- El recubrimiento se puede pedir y fabricar a la medida (Desliz, Resistencia al Roce, etc.).

#### **1.1.1.2 Barniz acuoso.**

Es una emulsión acuosa de tipo acrílico diseñada para aplicación offset. Es denominado Drip off y se aplica en línea de prensa; éste realza espacios específicos con brillo y matiza el resto de la impresión.

##### **1.1.1.2.1 Características.**

- Resistencia a la abrasión y al agua.
- Buen deslizamiento sobre el formato aplicado.
- Resistencia regular a las sustancias químicas.
- En función del soporte de impresión, apto para el estriado y el ranurado.
- Apto para el pegamiento.

- Reciclable mediante proceso de destintado.

#### **1.1.1.2.2 Datos técnicos.**

Están compuestos de dispersiones acuosas de resinas, que una vez aplicadas, forman una película gracias a la ayuda de un pequeño porcentaje (no superior al 10%) de glicol-éter que es un líquido transparente, incoloro, ligeramente espeso como el almíbar y leve sabor dulce que ayuda a la difusión de calor.

#### **1.1.1.2.3 Beneficios del recubrimiento acuoso.**

- Alto brillo.
- Excelente protección.
- Rápido secado.
- Agiliza los procesos finales: troquelado, doblado y pegado.
- Excelente claridad y blancura (No se amarillenta).
- El recubrimiento se puede pedir y fabricar a la medida (Desliz, Blancura, etc.).

- No tóxico.

### 1.1.1.3 Tintas UV.

Las tintas UV son especialmente utilizadas en flexografía (Véase Fig. 4) que es la impresión en relieve para la impresión de materias plásticas y complejos metálicos debido a su característica de poseer un secado instantáneo convirtiendo las tintas líquidas en un sólido, evitando así problemas como el repintado y proporcionando mayores resistencias físicas y químicas.



**Fig. 4 Afiche con tinta UV**

**Fuente:** <http://www.lamparasultravioleta.es/m-lamparas-uv.html>

Se tiene dos tipos de tintas UV:

- Tintas de base solvente.
- Tintas de secado UV.

#### **1.1.1.3.1 Tintas de base solvente.**

Gracias a su capacidad para imprimir en prácticamente cualquier sustrato, las tintas de base solvente son muy populares en el mundo de la impresión digital. Su composición es prácticamente la misma que la utilizada en los procesos de serigrafía. Estas tintas se adhieren a los soportes de cartelería más utilizados sin tratamiento previo y han demostrado su durabilidad en aplicaciones de exterior.

Debido a que las tintas solventes “atacan” al vinilo, tintas y vinilo se fusionan en un solo material. Así, estas tintas resultan especialmente indicadas para aquellas aplicaciones que requieran una alta flexibilidad del soporte, por ejemplo: vinilos para vehículos, banderolas y plásticos moldeables.

Las tintas solventes proporcionan imágenes de mejor calidad, cercana a la fotográfica, con transiciones suaves y mayores detalles debido a que la tinta penetra en el sustrato.

Las impresoras plotter al solvente son la solución adecuada para laboratorios fotográficos, reprografías y empresas de servicios digitales. Con las tintas pigmentadas solventes es posible imprimir directamente sobre una gran variedad de soportes sin tratar, rígidos y semirígidos, como cartón-pluma; paneles prefabricados; vinilo; azulejos; planchas de PVC; alfombras; cortinas rígidas y muchos otros.

La tecnología solvente permite imprimir colores muy fieles a la imagen original y toman la textura del material utilizado. Por ejemplo, cuando se imprime sobre una alfombra o una moqueta, la imagen tomará la textura de éstas, ya que la tinta penetra en el sustrato. En cambio, con las tintas UV, la imagen permanece en la superficie del soporte, pues las tintas UV se curan al instante sin penetrar en el soporte.

#### 1.1.1.3.1.1 Ventajas de la tinta solvente.

- **Compatible con soportes termo-manipulables:** Aquellos soportes que han sido fabricados o manipulados a base de calor y presión, deben ser impresos con tintas solventes. Las tintas de curado UV pueden resquebrajarse sobre aplicaciones que estén sometidas a presión y calor.
- **Durabilidad superior:** La tinta solvente “ataca” al vinilo y se fusiona con el soporte, por lo que resulta imposible eliminar la tinta del soporte sin estropearlo. Las tintas UV permanecen en la superficie del soporte, y pueden saltar y resquebrajarse en algunos tipos de material.
- **Reflexión de la textura residente:** La tinta solvente toma la forma y el aspecto del sustrato en el que se imprime, lo que permite realizar aplicaciones más creativas. Por ejemplo, cuando se imprime sobre material como la goma espuma, la textura de la misma queda intacta usando tintas solventes. Sin embargo, si se imprimiera la misma imagen con tintas UV, éstas permanecen en la superficie creando una masa sólida, sin tomar la textura del sustrato.

#### 1.1.1.3.1.2 Desventajas de la tinta solvente.

- **Emisión de compuestos volátiles:** Las tintas solventes emiten compuestos volátiles que pueden llegar a ser peligrosos en grandes concentraciones si no se tratan adecuadamente. Algunos sistemas basados en tintas solventes son cerrados y ventilados, lo que reduce en gran medida la emisión de dichos compuestos. Los sistemas que no son cerrados ni ventilados requieren sistemas de extracción de vapores o habitaciones con sistemas HVAC (ventilación, calefacción y aire acondicionado) para reducir la concentración de dichos vapores.

- **Mayor mantenimiento:** En las impresoras que utilizan tintas solventes las tareas de mantenimiento son prácticamente diarias. Desde el encendido y apagado del equipo hasta su limpieza y preparación en caso de que no esté prevista su utilización durante cierto tiempo. No seguir estas indicaciones puede ocasionar desperfectos en los cabezales que provocan una sustitución prematura antes de la finalización de su vida útil.
- **Limitaciones de los sustratos:** Los sustratos porosos como el papel “Bond” (de bajo gramaje), el papel “craft” revestido y el cartón, no resultan demasiado recomendables con los sistemas de tinta solvente debido a su alta porosidad.

#### 1.1.1.3.1.3 Componentes de tinta de base solvente.



**Fig. 5 Componentes de tinta base solvente.**

**Fuente:** <http://www.dttec.com.mx/tintas.htm>

En la Fig. 5 se muestran los componentes de la tinta de base solvente que son:

- **Resina:** Las resinas son materiales sólidos que se disuelven en un solvente. Las más conocidas son acrílicas, epoxy, vinílicas.

- **Disolvente:** Es el disolvente el que permite hacer de la resina y de los pigmentos, que son sólidos, una pasta que se pueda imprimir en serigrafía.
- **Aditivos:** Mejoran las características de la tinta, como en UV.
- **Cargas:** Las cargas sirven sobre todo para dar a la tinta una viscosidad adaptada a su uso.
- **Pigmentos:** La selección de los pigmentos se hace por compatibilidad con la resina o por resistencia a la luz y toxicidad.

#### 1.1.1.3.2 Tintas de secado UV.

Las tintas UV se congelan cuando son expuestas a la luz ultravioleta. Esta premisa proporciona varias ventajas frente a las tintas de base solvente. Debido a que la tinta UV es curada en vez de secada. A diferencia de los sistemas de impresión basados en solvente, no hay necesidad de instalar un extractor de humos. Aunque las tintas de curado UV son más respetuosas con el medioambiente que las tintas solventes, estas deben ser utilizadas, almacenadas y desechadas correctamente.

##### 1.1.1.3.2.1 Ventajas de las tintas de secado UV.

- **Mayor saturación de color:** La tinta de curado UV proporciona una mayor saturación de color con menos tinta que la solvente. Esto se produce debido a que la tinta se cura a sólido y proporciona una masa más opaca que su

homóloga en tintas solventes. Así se consigue un efecto de mayor profundidad en las imágenes.

- **Curado más rápido:** El curado de las tintas UV se realiza por polimerización y no por evaporación (que es el caso de las tintas solventes). Las tintas pueden curarse en un tiempo de 1 a 3 segundos, con lo que requieren menos tiempo de parada bajo la fuente luz de curado. Tampoco hay necesidad de pre o post calentamiento las superficies, ni de incorporar secadores, ya que no es necesario el calor en el proceso de curado.
- **Reducción de las tareas de mantenimiento:** Gracias a la rapidez de curado de las tintas UV y a las rutinas de mantenimiento mejoradas, las funciones de mantenimiento manuales se han reducido significativamente. Las rutinas de encendido y apagado ocupan sólo unos minutos y la intervención del operador es mínima durante el proceso de trabajo.
- **Reducción del impacto ambiental:** Las tintas de curado UV prácticamente no producen emisiones de compuestos orgánico volátiles frente a las tintas solventes. Además las tintas UV apenas desprenden olor y no generan químicos tóxicos.

#### **1.1.1.3.2.2 Inconvenientes de las tintas de secado UV.**

- **Limitaciones con el material flexible:** El proceso de curado de la tinta UV la convierte en semi-rígida y potencialmente frágil. Una flexión extrema del soporte después de imprimirlo puede producir grietas y deterioro de la tinta UV. Por tanto, las tintas de curado UV son menos recomendables para aquellas aplicaciones que requieran una alta flexibilidad del soporte.

- **Textura:** Las tintas UV producen un aspecto granulado y desigual. Esta textura no resulta adecuada para aplicaciones de alta calidad fotográfica.
- **Compatibilidad del sustrato:** La tecnología de la tinta UV todavía está en desarrollo y la tinta actual podría no ser la ideal para todos los sustratos.

#### 1.1.1.3.2.3 Componentes de tinta de base solvente.



**Fig. 6 Componentes de tintas UV.**

**Fuente:** <http://www.dttec.com.mx/tintas.htm>

Los componentes de tintas UV se pueden ver en la Fig. 6 y son los siguientes:

- **Olímeros / Resinas que reacciona al UV:** Son resinas especialmente formuladas para tinta de secado UV. Dan a la tinta sus propiedades, como adherencia, resistencia o flexibilidad.
- **Monómero / Diluyente que reacciona al UV:** El monómero se puede comparar al disolvente en la tinta convencional, en el sentido que le da a la tinta UV en su viscosidad. Los más conocidos son NVP, HDDA, TPGDA.

- **Fotoiniciador:** Absorbe los rayos UV e inicia una reacción en cadena, que transforma los monómeros y los oligómeros en un polímero que no existía al inicio.
- **Aditivos:** Tienen las mismas funciones que en una tinta convencional, mejorar parámetros tales como tensión superficial, anti espuma, estabilidad etc.
- **Cargas:** Las cargas sirven sobre todo para dar a la tinta una viscosidad adecuada para su uso.
- **Pigmentos:** La selección de pigmentos es muy importante en UV. No todos los pigmentos son estables en un sistema UV. Algunos pigmentos pueden causar una gelificación de la tinta. Otros absorben demasiado los rayos UV y no dejan iniciar la reacción de polimerización.

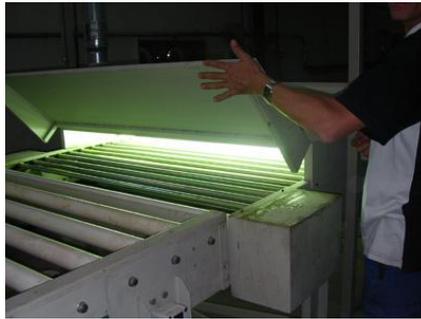
La diferencia principal entre las tintas UV y las tintas solventes, es la cantidad de sólido que se deposita en el soporte. Las tintas solventes depositan aproximadamente un 8 % mientras que las tintas UV depositan más de un 90 por ciento. El incremento de sólidos en la tinta UV, permite la impresión en papel “Bond”, papel “craft” revestido, cartón y otros soportes de porosidad similar, con la garantía de buenos resultados.

La calidad de impresión de la tinta solvente varía según la porosidad del soporte. Las tintas UV, por su parte, pueden proporcionar resultados opacos en algunos vinilos, melamina y formica, debido a problemas de adhesión. Las tintas UV permanecen en la superficie del soporte y son menos resistentes a raspaduras. Las tintas solventes, en

cambio, se fusionan con el soporte y toman su textura por lo que producen imágenes duraderas en los soportes anteriormente mencionados.

## 1.2 BARNIZADO UV.

El barnizado consiste en aplicar una fina capa de barniz transparente (brillo o mate) sobre un material impreso (Véase Fig. 7). Según el tipo de barniz aplicado sirve como:



**Fig. 7 Barnizado UV**

**Fuente:** <http://www.lamparasultravioleta.es/m-lamparas-uv.html>

- Protección para evitar roces o ralladuras.
- Acabado brillo o mate.
- Efecto de realce sobre determinadas zonas del producto (especialmente imágenes y logotipos).

Entre otros, las capas de barniz sirven de protección y están previstas para crear efectos superficiales, tales como brillo y matices mates. Con los barnices UV, ambas

cosas se consiguen óptimamente. La película de barniz UV puede compararse con una plastificación. El barniz UV es resistente al roce y diversas sustancias químicas y no es caro.

### **1.3 BRILLO.**

El Brillo es un atributo importante de la apariencia de una superficie, cambia la percepción del color y la forma e influye sobre la experiencia visual global. El brillo afecta a los objetos debido a la interacción de la luz incidente con la superficie, el observador y depende del ángulo de iluminación, el perfil de la superficie y sus características físicas y las condiciones de observación.

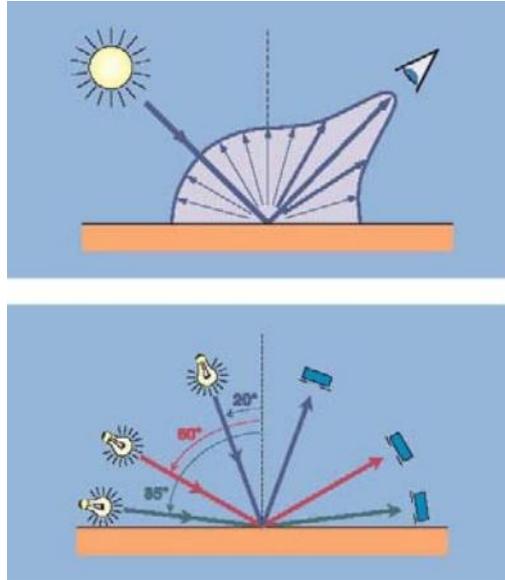
En muchos materiales o productos el brillo juega un papel importante en su aceptación visual y es necesario controlarlo adecuadamente mediante instrumentos de precisión.

#### **1.3.1 Medición Del Brillo.**

Cuando una fuente de iluminación definida ilumina una superficie, la luz emitida es parcialmente difuminada y parcialmente reflejada en ángulos simétricos y opuestos. Esta remisión especular determina el grado de brillo de la superficie (Véase Fig. 8). La intensidad de la remisión especular, que depende del material y del ángulo de iluminación, se mide bajo condiciones específicas.

Los resultados se expresan en Unidades de Brillo (GU), las cuales pertenecen a una escala calibrada basada en el índice de refracción de un cristal negro que tiene 100 GU (unidades de brillo) a un ángulo determinado.

Todos los materiales no metálicos, por ejemplo: las pinturas o el plástico pueden tener valores próximos a este índice, por el contrario las superficies metálicas fuertemente reflectantes, por ej. Componentes metalizados y algunas materias primas pueden alcanzar 2000 GU (brillo espejo).



**Fig. 8 Medición del brillo**

**Fuente:** [http://www.tpmequipos.com/929659\\_447-Mini-Brillometro-con-Sensor-Remoto-331.htm](http://www.tpmequipos.com/929659_447-Mini-Brillometro-con-Sensor-Remoto-331.htm)

### 1.3.2. Brillómetro.



**Fig. 9 Brillómetro**

**Fuente:** <http://www.interempresas.net/Medicion/FeriaVirtual/Producto-Brillometro-reflectometro-Rhopoint-IQ-64603.html>

Brillómetro (Véase Fig. 9) es un instrumento que se utiliza para medir brillo de materiales tales como pintura, plástico y papel. Brillo es una medida de la proporción de luz que tiene una reflexión especular de la superficie. Una superficie como un espejo tiene un alto brillo, y una como tiza tiene menos brillo debido a que la luz reflejada es difusa. Generalmente existen tres geometrías que cubren la mayoría de aplicaciones industriales.

- 20° para superficies de alto brillo
- 60° para superficies de brillo medio
- 85° para superficies de bajo brillo o mates

La geometría 60° es la más usada comúnmente debido a su aplicación sobre materiales de brillo medio. Sin embargo experimentalmente está demostrado que cuando la lectura a 60 ° excede 70 GU es recomendable pasar a la geometría 20° para su mejor resolución. De la misma forma cuando la lectura cae por debajo de las 10 GU debería optarse por una geometría 85° por la misma razón.

**Para algunas aplicaciones industriales específicas como la medición de cerámicas, ciertos plásticos y del papel, se emplean geometrías especiales 45° o 75°.**

- 45°: para el sector de la cerámica, plástico, y films plásticos el área de medida es de 9 x 13 mm, rango 0-180 GU.
- 75°: para el sector de papel, cartoncillo, plástico estructurado el área de medida es de 9 x 21 mm, rango 0-140 GU.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup><http://www.laguilar.es/quimica/pdfs/sheen/GLOSS.pdf>

## 1.4 LÁMPARA UV.

Son lámparas de descarga. Si la presión interna del tubo es baja, son simplemente lámparas fluorescentes, si la presión es media, su uso es industrial, para curado de tintas u otros productos (Véase Fig. 10).

Su espectro de emisión es muy concentrado y suele estar en las frecuencias de 250nm, 300 y 360 nm para las de vapor de mercurio y de 403 nm hasta 417 nm para las de yoduro de galio.



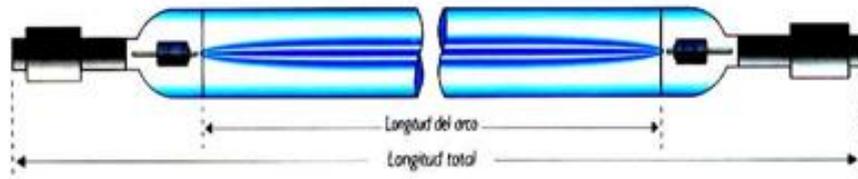
**Fig. 10 Lámpara UV**

**Fuente:** <http://www.lamparasultravioleta.es/m-lamparas-uv.html>

### 1.4.1 Elementos característicos.

Los electrodos, bien de tungsteno o wolframio, dejan pasar la corriente eléctrica prácticamente sin pérdidas para crear el arco de radiación UV (Véase Fig. 11).

La ampolla o cuerpo exterior, generalmente fabricada en cuarzo y rellena de gases inertes (argón y nitrógeno). El diámetro de la ampolla oscila entre los 20 y 35 mm y el campo de secado va desde los 100cmm a los 2000mm.



**Fig. 11 Lámpara UV**

**Fuente:** <http://www.lamparasultravioleta.es/m-lamparas-uv.html>

Las potencias que se obtienen van desde los 20 hasta los 200 Watios por centímetro lineal.

#### 1.4.2 Tipos de lámparas ultravioletas.

Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (mercurio, yoduro de galio) y la presión a la que este se encuentre. Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para determinados usos (Véase Fig.12).



**Fig. 12 Variedad de Lámparas fluorescentes**

**Fuente:** <http://www.lamparasultravioleta.es/m-lamparas-uv.html>

### 1.4.2.1 Lámparas ultravioletas de vapor de mercurio.

Las lámparas ultravioletas de vapor de mercurio (Véase Fig. 13) emiten longitudes de onda por el gas de mercurio que están en el rango UVC (Unidad de valor constante). La luz obtenida de una lámpara de mercurio se encuentra principalmente en longitudes de onda discretas.



**Fig. 13 Lámpara UV de vapor de mercurio**

**Fuente:** <http://www.lamparasultravioleta.es/m-lamparas-uv.html>

#### 1.4.2.1.1 Características de la lámpara de vapor de mercurio.

**Tabla 2 Características de la lámpara de vapor de mercurio**

Características	Lámpara vapor de mercurio
Arco de Secado (mm)	850
Longitud Total (mm)	900
Diámetro (mm)	20
Potencia Total (W)	11.350
Potencia Lineal (W/cm) (W/cm)	80
Voltaje (V)	1870
Intensidad (A)	6.8
Durabilidad (h)	1500
Costo (usd)	320

**Fuente:** <http://www.lamparasultravioleta.es/m-lamparas-uv.html>

### 1.4.2.2 Lámparas ultravioletas de yoduro de galio.

Las lámparas de yoduro de galio (Véase Fig.14) son largas de arco en el que las quemaduras de descarga del arco es la mezcla de yoduro de galio y el gas argón.



**Fig. 14 Lámpara de yoduro de galio**

**Fuente:** <http://www.lamparasultravioleta.es/m-lamparas-uv.html>

#### 1.4.2.2.1 Características de la lámpara de yoduro de galio.

**Tabla 3 Características de la lámpara de yoduro de galio**

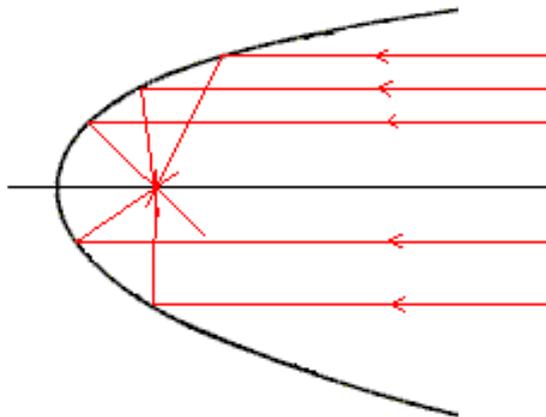
<b>Características</b>	<b>Lámpara vapor de yoduro de galio</b>
Arco de Secado (mm)	850
Longitud Total (mm)	900
Diámetro (mm)	20
Potencia Total (W)	11.350
Potencia Lineal (W/cm)	80
Voltaje (V)	1870
Intensidad (A)	6.8
Durabilidad (h)	1500
Costo (usd)	430

**Fuente:** <http://www.lamparasultravioleta.es/m-lamparas-uv.html>

## 1.5 REFLECTOR PARABÓLICO.

Un reflector es una superficie que refleja la luz o cualquier otro tipo de onda (Véase Fig. 15). En muchos casos, como en las antenas parabólicas o algunos espejos concentradores de luz, las superficies reflectoras tienen la forma de una parábola y por ello cumplen con la principal propiedad, que todos los haces que chocan en ellas se reflejan en un punto en común, llamado foco.

El reflector consta de una superficie parabólica que permite colimar, dispersar o concentrar los rayos de una luminaria dependiendo del lugar donde se encuentre.



**Fig. 15 Reflector parabólico**

**Fuente:** <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parab.gif?uselang=es>

### 1.5.1 Reflector parabólico de aleación titanio-aluminio.

Este se refiere a una aleación de aluminio y titanio la cual es resistente a la corrosión y tiene al mismo tiempo una adhesión notable a los materiales polímeros.

También se el reflector parabólico se refiere a un revestimiento reflector de dicha aleación de metal, (Véase Fig. 16) de preferencia de un espesor que varía entre 0.001 y 0.03 m, cubierto con una película protectora, preferiblemente en un material de polímero; además se refiere a un espejo especial que tiene un índice de reflexión especular no menor de aproximadamente el 65% de la luz emitida por el fluorescente de mercurio para reflejar la luz en el secado.

Reflejada quiere decir piezas que comprenden dicho espejo, tales como los espejos retrovisores de un vehículo.



**Fig. 16 Reflector de aluminio-titanio**

**Fuente: Autor**

## **1.6 BANDAS TRANSPORTADORAS.**

Una banda transportadora es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda continua que se mueve entre dos tambores (Véase Fig. 17).

La banda es arrastrada por fricción por uno de los tambores, que a su vez es accionado por un motor. El otro tambor suele girar libre, sin ningún tipo de accionamiento, y su función es servir de retorno a la banda. La banda es soportada por rodillos entre los dos tambores.



**Fig. 17 Banda Transportadora.**

**Fuente:** [http://www.abatech.it/nau\\_transportador\\_de\\_cinta.html](http://www.abatech.it/nau_transportador_de_cinta.html)

### **1.6.1 Tipos de Bandas Transportadoras.**

- Bandas transportadoras de caucho.
- Bandas transportadoras de pvc.
- Bandas transportadoras modulares.
- Bandas de malla metálica / teflón.

### 1.6.1.1 Bandas transportadoras de caucho.

Sirven para transporte (Véase Fig. 18), sobre todo con grandes inclinaciones se emplean perfiles transversales y bordes de contención. Se vulcaniza perfiles de distintos tipos, adaptando su disposición a las características del producto y transportador.

Sirven para el transporte, tanto exterior como interior, de productos y/o materiales a granel, en condiciones desde ligeras hasta muy duras. Áreas típicas de trabajo son: canteras y movimiento de tierras, minería, puertos de carga y descarga, cerámica, vidrio, cemento, hormigón y cereales, etc.



**Fig. 18 Banda transportadora de caucho**

**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Cinta\\_transportadora](http://es.wikipedia.org/wiki/Cinta_transportadora)

### 1.6.1.2 Bandas transportadora de PVC.

Se emplean para el transporte interior (Véase Fig.19) de productos manufacturados y/o a granel, en la mayoría de los sectores industriales: alimentación, cerámica, madera, papel, embalaje, cereales, etc.

Son bandas ligeras resistentes a los aceites y aptas para la industria alimenticia, soportan temperaturas desde -15° hasta 80° grados centígrados.

Se fabrican en diferentes colores y acabados y permiten la colocación de perfiles y guías.



**Fig. 19 Banda transportadora de PVC**

**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Cinta\\_transportadora](http://es.wikipedia.org/wiki/Cinta_transportadora)

### **1.6.1.3 Bandas transportadoras modulares.**

Es un transportador muy apropiado cuando se requiere salvar grandes desniveles con una extensión en planta muy limitada (Véase Fig. 20).

El transportador de banda modular es un conjunto formado por un bastidor, de chapa plegada arriostrada con perfiles transversales o celosía ligera (pudiéndose ejecutar en acero carbono o acero inoxidable). Las bandas modulares están formadas por módulos que unidos entre si mediante varillas de articulación, conforman su superficie de transporte. Su configuración modular permite realizar su banda a medida. Dispone de un sistema de retención por tapa o clips extraíbles y reutilizables, siendo sumamente fácil el montaje y desmontaje de la banda, así como la reutilización de las varillas de articulación (no requiere ni materiales adicionales ni maquinaria especial para su empalme).



**Fig. 20 Banda transportadora modular**

**Fuente:** <http://www.tecnicaindustrial.es/tifrontal/a-3470-Cinta-transportadora-modular-posible-dise%c3%blar-rutas-flexibles.aspx>

#### **1.6.1.4 Bandas de malla metálica /teflón.**

Fabricadas en distintos metales y aleaciones, generalmente están constituidas por espiras de alambre unidas entre sí por varillas onduladas o rectas (Véase Fig. 21). Permiten su utilización en aplicaciones extremas de temperatura (de  $-180^{\circ}\text{C}$  a  $1200^{\circ}\text{C}$ ), corrosión química o donde se requiera una superficie libre determinada.

Estas son fabricadas de acuerdo a su requerimiento y pueden ser en acero negro, acero inoxidable, latón etc. se fabrica con puntas dobladas o soldadas, en medidas estándar y especiales.



**Fig. 21 Banda transportadora de teflón**

**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Cinta\\_transportadora](http://es.wikipedia.org/wiki/Cinta_transportadora)

## 1.7 PERFIL METÁLICO UPE.

Un perfil UPE (Véase Fig. 22) es un tipo de producto laminado cuya sección tiene forma de U. Las caras exteriores de las alas son perpendiculares al alma.

La superficie interior de la unión entre el alma y las alas es redondeada. Las alas tienen el borde exterior con arista viva y la superficie interior redondeada.

Se usan como soportes y pilares, adicionalmente, en algunos casos permite el uso del espacio interior para realizar conducciones.<sup>4</sup>



**Fig. 22 Perfil UPE**

**Fuente:** [http://www.hierrosetxebarria.com/venta-hierros/esp/perfiles-laminados/perfiles\\_comerciales/ues\\_pequeñas](http://www.hierrosetxebarria.com/venta-hierros/esp/perfiles-laminados/perfiles_comerciales/ues_pequeñas)

## 1.8 TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO.

Se Tiene varios tipos de transmisión de movimiento si se clasifican así:

- Transmisión por banda

---

<sup>4</sup>[http://es.wikipedia.org/wiki/Acero\\_laminado](http://es.wikipedia.org/wiki/Acero_laminado)

- Transmisión por cadena
- Transmisión por engranajes

### 1.8.1 Transmisión Por Banda.

Este tipo de transmisión está basado en la polea, y se utiliza cuando la distancia entre los dos ejes de rotación es grande. El mecanismo consiste en dos poleas que están unidas por una misma correa o por un mismo cable y su objetivo es transmitir movimiento del eje de una de las poleas a la otra. Ambas poleas giran solidarias al eje y arrastran a la correa por adherencia entre ambas. La correa, a su vez, arrastra y hace girar la otra polea (polea conducida o de salida), transmitiéndose así el movimiento.

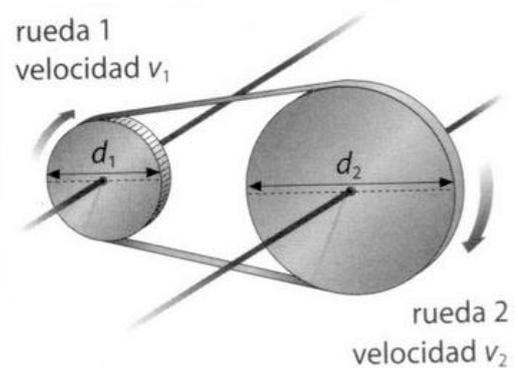
Al igual que en el caso de las ruedas de fricción, el número de revoluciones (o vueltas) de cada eje vendrá dado por el tamaño de las poleas (Véase Fig. 23).

$d_1$  = diámetro de la rueda 1

$d_2$  = diámetro de la rueda 2

$v_1$  = velocidad de giro de la rueda 1 (RPM)

$v_2$  = velocidad de giro de la rueda 2 (RPM)



**Fig. 23 Relación de transmisión**

**Fuente:** <http://8d-tecnologic35.blogspot.com/2008/10/mecanismos-de-transmision-circular-del.html>

Basándonos en esta idea, se puede encontrar dos casos básicos:

- La polea de salida (conducida) gira a menor velocidad que la polea de entrada (motriz). Este es un sistema de poleas reductor de velocidad.
- La polea de salida gira a mayor velocidad que la polea de entrada. Este es un sistema de poleas multiplicador de velocidad.

#### **1.8.1.1 Ventajas de la transmisión por bandas.**

- Hay un aislamiento eléctrico, debido a que no hay de metal a metal entre las unidades de conducción y las conducidas.
- Las bandas planas se pueden utilizar para distancias de centros grandes, en los que el peso de la cadena resultaría excesivo.
- Las bandas llanas se pueden utilizar a velocidades extremadamente altas, donde la inercia de la cadena debe considerarse en el ajuste de la cadena en la tensión de la rueda dentada y de la cadena.
- No se requiere lubricación.
- La variación en la distancia de centros de la flecha y el alineamiento de la flecha son mucho menos críticos para transmisiones por engranes o transmisiones por cadena.

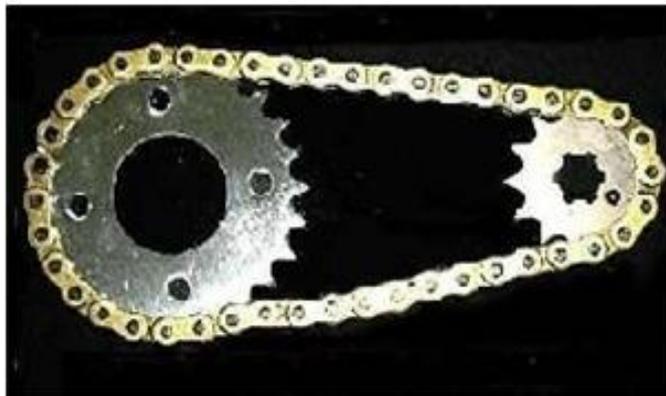
- Hay menos ruido que con una transmisión por cadena.

### 1.8.1.2 Desventajas de la transmisión por bandas.

- Inevitabilidad del deslizamiento elástico de la correa.
- Variación del coeficiente de rozamiento a causa del polvo, suciedad, aceite o humedad.
- Pequeña duración de las bandas en transmisiones rápidas.

### 1.8.2 Transmisión por cadena.

Este tipo de transmisiones trabajan de acuerdo con el principio de engranaje. (Véase Fig. 24).



**Fig. 24 Transmisión por cadena**

**Fuente:** <http://www.virtualatv.com/Atv.asp?id=mecanica/330>

En las transmisiones por cadena que tienen el esquema de transmisión flexible abierta, el lugar de las poleas lo ocupan ruedas dentadas, a las que se llama ruedas de estrella o simplemente estrella y en vez de la cinta flexible se tiene una cadena.

#### **1.8.2.1 Ventajas de la transmisión por cadenas.**

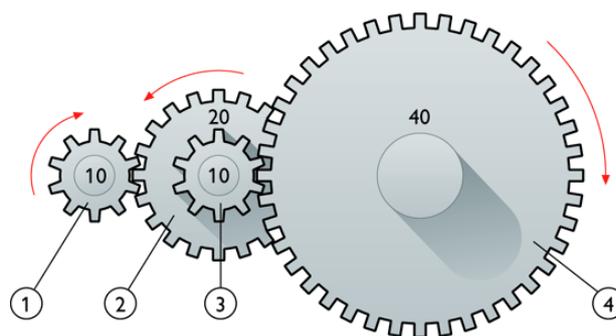
- La variación en la distancia de centros de la fecha se puede acomodar más fácilmente que con transmisión por engranes.
- Las cadenas son más fáciles de instalar y reemplazar que las bandas, debido a que la distancia de centros entre las unidades de conducción y las conducidas no necesita ser reducida para la instalación (las bandas con articulaciones y empalme salvan esta objeción al costo de menor potencia nominal).
- Las cadenas no requieren tensión sobre el lado flojo, por lo que las cargas sobre los apoyos se ven reducidas.
- Las cadenas no se deslizan ni se resbalan como lo hacen las transmisiones con banda (salvo para bandas dentadas).
- Las cadenas no se deterioran con el tiempo, el calor, el aceite ni la grasa.

#### **1.8.2.2 Desventajas de la transmisión por cadenas.**

- Elongación provocada por el desgaste de sus componentes.

- Flexibilidad limitada a un solo plano.
- Velocidades también limitadas.
- Se requiere cambiar catarinas junto con la cadena.

### 1.8.3 Transmisión por engranajes.



**Fig. 25 Transmisión por engranajes**

**Fuente:**[http://ec.kalipedia.com/tecnologia/tema/mecanismos-motores-energia/engranajes-compuestos.html?x=20070822klpington\\_57.Kes&ap=4](http://ec.kalipedia.com/tecnologia/tema/mecanismos-motores-energia/engranajes-compuestos.html?x=20070822klpington_57.Kes&ap=4)

Se conoce con el nombre de tren de engranajes al conjunto de dos o más ruedas dentadas que tienen en contacto sus dientes de forma que, cuando gira una, giran las demás. Los engranajes son el medio de transmisión de potencia más utilizado (Véase Fig. 25).

#### 1.8.3.1 Ventajas de la transmisión por engranajes.

- Las ruedas no pueden resbalar una con respecto a la otra.

- Transmiten grandes esfuerzos.
- La relación de transmisión se conserva siempre constante.

### **1.8.3.2 Desventajas de la transmisión por engranajes.**

- No pueden transmitir potencia entre distancias grandes de centros.
- Los engranes tienen un costo elevado comparado con los otros tipos de transmisión de movimiento.

## **1.9 VENTILADORES.**

Un ventilador (Véase Fig. 26) es una máquina de fluido concebida para producir una corriente de aire. Los ventiladores más antiguos eran manuales, como el pankah.

El modelo más común actualmente es eléctrico y consiste en un rodete con aspas que giran produciendo una diferencia de presiones. Entre sus aplicaciones, destacan las de hacer circular y renovar el aire en un lugar cerrado para proporcionar oxígeno suficiente a los ocupantes y eliminar olores, principalmente en lugares cerrados; así como la de disminuir la resistencia de transmisión de calor por convección.



**Fig. 26 Ventiladores de uso industrial**

**Fuente:** <http://www.directindustry.es/prod/heatcraft-europe-friga-bohn-hk-refrigeration/evaporadores-ventilados-para-la-industria-agroalimentaria-8259-803893.html>

### **1.9.1 Tipos de ventiladores.**

Los ventiladores son artefactos utilizados para generar movimientos en el aire gracias al giro de un rodete con paletas que producen una variación en la presión.

Los ventiladores pueden ser clasificados en:

- Ventiladores Axiales.

- ✓ Ventiladores helicoidales
  
- ✓ Ventiladores tubulares
  
- ✓ Ventiladores tubulares con directrices
  
- Ventiladores Centrífugos o Radiales.
  - ✓ Alabes curvos hacia delante
  
  - ✓ Alabes rectos
  
  - ✓ Alabes curvos hacia atrás

### 1.9.1.1 Ventilador axial.

Los ventiladores axiales son simplemente ventiladores tipo hélice que circulan dentro de una camisa o carcasa (Véase Fig.27).



**Fig. 27 Ventilador axial**

**Fuente:** <http://www.logismarket.com.mx/buffalo-forge/ventiladores-axiales/1724345037-1179566754-p.html>

#### **1.9.1.1.1 Funcionamiento de un ventilador axial.**

Están formados por un rotor accionado por un motor montado sobre el mismo eje y la circulación del aire es paralela al eje de la máquina. En función del tamaño de la máquina, el rotor puede ser de aletas orientables (geometría variable) a fin de conseguir el mejor rendimiento para cualquier caudal.

#### **1.9.1.1.2 Ventilador axial helicoidal.**

Se emplean para mover aire con poca pérdida de carga, y su aplicación más común es la ventilación general (Véase Fig. 28). Se construyen con dos tipos de alabes: alabes de disco para ventiladores sin ningún conducto; y alabes estrechos para ventiladores que deban vencer resistencias bajas. Sus prestaciones están muy influenciadas por la resistencia al flujo del aire y un pequeño incremento de la presión por lo tanto provoca una reducción importante del caudal.



**Fig. 28 Ventilador axial helicoidal**

**Fuente:** <http://www.morguiclimate.com/html/fichas%20tecnicas%20SP.htm>

### 1.9.1.1.3 Ventilador axial tubular.

Disponen de una hélice de álabes estrechos de sección constante o con perfil aerodinámico (ala portante) montada en una carcasa cilíndrica (Véase Fig. 29). Generalmente no disponen de ningún mecanismo para enderezar el flujo de aire. Los ventiladores tubulares pueden mover aire venciendo resistencias moderadas.

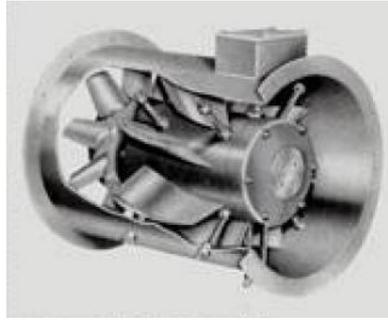


**Fig. 29 Ventilador axial tubular**

**Fuente:** <http://www.viarural.com.bo/agricultura/silos/leuca/ventilacion-industrial-ventiladores-axiales.htm>

### 1.9.1.1.4 Ventilador tubular con directrices.

Tienen una hélice de álabes con perfil aerodinámico (ala portante) montado en una carcasa cilíndrica que normalmente dispone de aletas enderezadoras del flujo de aire en el lado de impulsión de la hélice (Véase Fig. 30). En comparación con los otros tipos de ventiladores axiales, éstos tienen un rendimiento superior y pueden desarrollar presiones superiores.

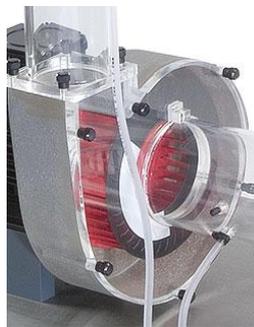


**Fig. 30 Ventilador axial con directrices**

**Fuente:** <http://campoportunidades.com/galeria-cliente-205-producto-472---Ventiladores%20-%20Aletas%20directrices>

### **1.9.1.2 Ventilador Centrífugo.**

El ventilador centrífugo es una máquina de flujo radial que produce la presión necesaria para desplazar un gas por la fuerza centrífuga acumulada dentro de la carcasa del ventilador (Véase Fig. 31). El diseño de la pala tiene una influencia primordial sobre el rendimiento. Este tipo de ventilador se utiliza normalmente para trabajos de ventilación que requieren una presión de suministro algo mayor que la que pueden dar los ventiladores axiales.



**Fig. 31 Ventilador centrifugo**

**Fuente:** <http://www.discoverarmfield.co.uk/data/esp/fm40/>

### 1.9.1.2.1 Ventilador con álabes curvos hacia delante.

También se llama de jaula de ardilla, tienen una hélice o rodete con los álabes curvados en el mismo sentido que la dirección de giro (Véase Fig. 32). Estos ventiladores necesitan poco espacio, baja velocidad periférica y son silenciosos.

Estos ventiladores tienen un rendimiento bajo fuera del punto de proyecto. Además, como su característica de potencia absorbida crece rápidamente con el caudal, ha de tenerse mucho cuidado con el cálculo de la presión necesaria en la instalación para no sobrecargarlo.



**Fig. 32 Ventilador centrifugo con álabes curvos hacia adelante**

**Fuente:** [http://www.directindustry.es/cat/componentes-electronicos/ventiladores-para-electronica-AA-690-\\_2.html](http://www.directindustry.es/cat/componentes-electronicos/ventiladores-para-electronica-AA-690-_2.html)

### 1.9.1.2.2 Ventilador con álabes rectos.

Tienen el rodete con los álabes dispuestos en forma radial. La carcasa está diseñada de forma que a la entrada y a la salida se alcanza velocidades de transporte de materiales. Existen una gran variedad de diseños de rodetes que van desde los de "alta eficacia con poco material" hasta los de "alta resistencia a impacto". La disposición radial de los álabes evita la acumulación de materiales sobre las mismas. Este tipo de ventilador es el comúnmente utilizado en las instalaciones de extracción

localizada en las que el aire contaminado con partículas debe circular a través del ventilador (Véase Fig. 33).



**Fig. 33 Ventilador centrifugo con alabes rectos**

**Fuente:** <http://fumein.com/cx.html>

#### **1.9.1.2.3 Ventilador con álabes curvos hacia atrás.**

Tienen un rodete con los álabes inclinados en sentido contrario al de rotación (Véase Fig.34). Este tipo de ventilador es el de mayor velocidad periférica y mayor rendimiento con un nivel sonoro relativamente bajo. La forma de los álabes condiciona la acumulación de materiales sobre ellas, de forma que el uso de estos ventiladores debe limitarse.



**Fig. 34 Ventilador centrifugo con álabes curvos hacia atrás**

**Fuente:** [http://www.ifema.es/Institucional\\_01/noticias/NoticiasdeFerias/empresas/IN](http://www.ifema.es/Institucional_01/noticias/NoticiasdeFerias/empresas/IN)

S\_P\_111389

## 1.10 RODILLOS METÁLICOS INDUSTRIALES.

Los rodillos para banda proveen el soporte para la carga y la guía de la banda tanto en el lado de transporte como en el de retorno. Están diseñados para una larga vida útil que permita proveer a su transportador de banda largos períodos de operación. (Véase Fig. 35).



**Fig. 35 Rodillo metálico industrial para bandas transportadoras**

**Fuente:** [http://www.dismet.com/industrial/rodillera\\_rodillos.html](http://www.dismet.com/industrial/rodillera_rodillos.html)

### 1.10.1 Vulcanizado de rodillos.

Consiste en recubrir un eje, o un tubo, con un elastómero (Véase Fig. 36). Hay varias formas de vulcanizar un rodillo. Siempre se utiliza la más adecuada para el correcto trabajo del rodillo y de menor costo posible.



**Fig. 36 Rodillo vulcanizado**

**Fuente:** Autor

### **1.10.2 Utilización.**

Los rodillos vulcanizados son usados principalmente en las siguientes industrias:

- Metalurgia (manipulación de planchas)
- Papelera (fabricación de papel, de cartón, cajas de embalaje)
- Imprenta
- Textil
- Plástico
- Maderera
- Ofimática (fotocopiadoras, fax, impresoras)

A la hora de proyectar el recubrimiento de un rodillo, es muy importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Velocidad de trabajo
- Temperatura de trabajo

### **1.10.3 Recubrimientos para rodillos.**

- **Recubrimientos antiabrasivos.-** Según la aplicación de destino de los rodillos u otras piezas se necesita un recubrimiento con mayor o menor grado de abrasión.

- **Recubrimientos antiadherentes.-** Los recubrimientos antiadherentes proporcionan una excelente protección contra incrustaciones, suciedad, manchas oleosas etc. En aplicaciones de desmoldeo difícil y materiales pegajosos.  
El uso de estos recubrimientos facilita el trabajo y aumenta la productividad.
- **Recubrimientos antigrasa.-** En determinadas aplicaciones los rodillos u otras piezas resultan expuestas al contacto con agentes agresivos como aceites, grasas, hidrocarburos, detergentes, etc.
- **Recubrimientos anticalóricos.-** En determinadas aplicaciones los rodillos u otras piezas entran en contacto con materiales o se instalan en ambientes con altas temperaturas. En estos casos el recubrimiento se realiza con cauchos especiales que soportan el calor sin acelerar su deterioro.
- **Recubrimientos para uso alimentario.-** Recubrimientos de rodillos u otras piezas con materiales aptos para la industria alimentaria.
- **Recubrimientos de Poliuretano.-** El Poliuretano es un elastómero de la familia de los uretanos. Estos recubrimientos brindan una protección muy eficaz, evitando el deterioro allí donde existen agresiones por corrosión, abrasión o impacto.

#### 1.10.4 Ventajas.

El caucho vulcanizado tiene más fuerza, elasticidad y mayor resistencia a los cambios de temperatura que el no vulcanizado, es impermeable a los gases y

resistente a la abrasión, acción química, calor y electricidad. Una vez fabricados los productos del caucho se vulcanizan bajo presión y alta temperatura.<sup>5</sup>

- Mayor durabilidad
- Terminado de bandas y rodillos según especificaciones
- Fabricación total o parcial de rodillos
- Superficie sin impurezas
- Fabricación de bandas sin unión
- Rectificación de rodillos
- Menos deslizamiento banda-rodillo

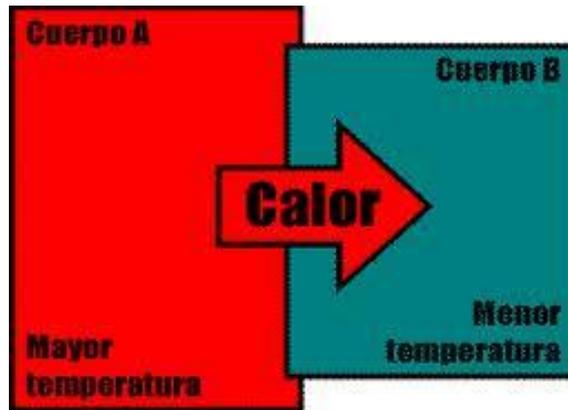
### **1.11 TRANSFERENCIA DE CALOR.**

Es el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura (Véase Fig. 37). Cuando un cuerpo, por ejemplo, un objeto sólido o un fluido, está a una temperatura diferente de la de su entorno u otro cuerpo, la transferencia de energía térmica, también conocida como transferencia de calor o intercambio de calor, ocurre de tal manera que el cuerpo y su entorno alcancen equilibrio térmico.

La transferencia de calor siempre ocurre desde un cuerpo más caliente a uno más frío, como resultado de la Segunda Ley de la Termodinámica.

---

<sup>5</sup><http://www.portonartesano.com.ar/modules.php?name=Forums&file=viewtopic&t=2439&nombre=como-barnizar-el-papel>



**Fig. 37 Transferencia de Calor**

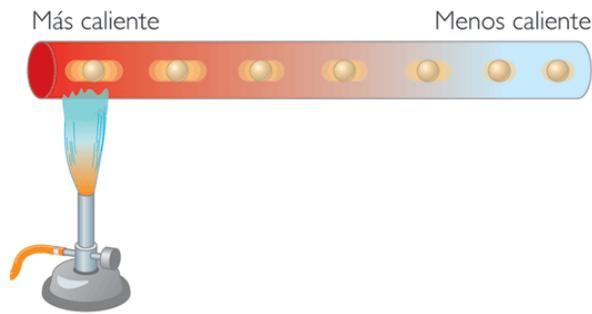
**Fuente:** <http://redac5b.blogspot.com/>

El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción. Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos.

### **1.11.1 Transferencia de calor por conducción.**

En los sólidos el calor se propaga por conducción. La conducción es la forma que tiene el calor de propagarse por los sólidos (Véase Fig. 38).

La agitación de las moléculas próximas al foco de calor se propaga a las moléculas vecinas sin que se muevan de lugar. Hay sólidos que son buenos conductores del calor, como los metales, y otros que conducen con dificultad el calor, como la madera o el corcho. Por eso, las paredes de las casas se recubren de estos materiales, para asegurar un buen aislamiento térmico.

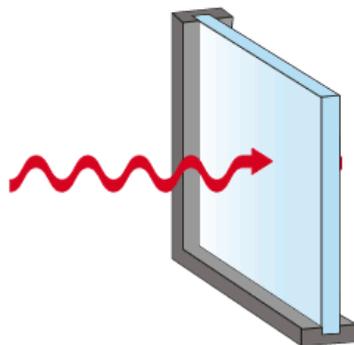


**Fig. 38** Transferencia de calor por conducción

**Fuente:** <http://www.iesfuentenueva.net/proyecto2/index.php/fisica/652-formas-de-transferencia-del-calor>

### 1.11.2 Transferencia de calor por convección.

En los líquidos y en los gases el calor se propaga por convección. Las moléculas calientes de un líquido o de un gas tienen tendencia a elevarse, mientras que las moléculas frías tienden a descender. Así, se forman unas corrientes, llamadas de convección, que ayudan a transportar el calor a todas partes. (Véase Fig. 39).



**Fig. 39** Transferencia de calor por convección

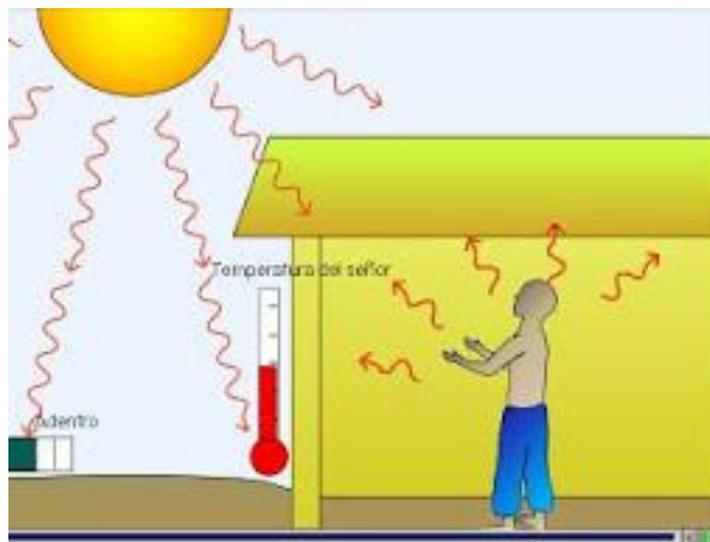
**Fuente:** <http://elpapidelasnenas-fabio.blogspot.com/2010/08/transferencia-de-calor.html>

### 1.11.3 Transferencia de calor por radiación.

El calor del Sol llega a la Tierra después de un largo viaje a través del espacio vacío. El calor del Sol no se propaga ni por conducción, ni por convección. Esta forma de propagación de la energía calorífica que no precisa soporte material se denomina radiación. Este tipo de propagación del calor también se da en lámparas eléctricas.

La radiación es la transferencia de energía a través del espacio por medio de ondas electromagnéticas, de manera similar a las ondas electromagnéticas que propagan y transfieren la luz. La transferencia radiante de calor se rige por las mismas leyes que dictan el comportamiento de la transferencia de luz.

Los sólidos y los líquidos tienden a absorber la radiación que está siendo transferida a través de ellos, por lo que la radiación adquiere su principal importancia en la transferencia a través del espacio o de gases. (Véase Fig. 40).



**Fig. 40 Transferencia de calor por radiación**

**Fuente:** <http://adrigarxia.blogspot.com/2011/06/trnsferencia-de-calory-sus-tipos.html>

## CAPÍTULO II

### SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.

En éste capítulo se desarrolla la selección de los mejores elementos para la máquina, dependiendo de las características de cada uno de ellos y buscando los mejores dispositivos para el desempeño de éstos dentro del mecanismo.

#### 2.1 SELECCIÓN DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO.

Para la transmisión de movimiento entre el motor eléctrico y el rodillo motriz se tiene las alternativas ilustradas (Véase tabla 4) y por medio de ésta comparación se encuentra la mejor opción.

Para la tabla número 4 se utiliza los parámetros descritos a continuación.

Excelente: 5

Muy Bueno: 4

Bueno: 3

Regular: 2

Mala: 1

- **Eficiencia de la Transmisión.-** se toma como eficaz la menor posibilidad de deslizamiento o patinaje de la banda, siendo así 5 excelente y 1 malo.

- **Lubricación.-** Para la lubricación se toma como eficiente el elemento que no necesita lubricación obteniendo el mayor puntaje 5 excelente y elementos que necesitan lubricación 1 malo.
- **Distancia entre centros.-** Para la distancia entre centros se toma como referencia a la distancia más larga que pueden transmitir los elementos, dándole así el puntaje de 5 excelente a los elementos que alcanzan mayor distancia y 1 malo a los elementos que alcanzan menor distancia entre los elementos.
- **Ruido.-** A los elementos que producen bajo ruido como 5 excelente y a los elementos de alto ruido como 1 malo.
- **Instalación.-** A los elementos de fácil instalación 5 excelente y los de compleja instalación 1 malo.
- **Sincronización.-** Se toma a los elementos que no pierden la transmisión de movimiento como, 5 excelente y a los que pierden la transmisión de movimiento 1 malo.

**Tabla 4 Selección de transmisión de movimiento**

<b>Características</b>	<b>Banda</b>	<b>B. Dentada</b>	<b>Cadena</b>	<b>Engranajes</b>
Eficiencia de la transmisión	2	5	5	5
Lubricación	5	5	2	1
Distancia entre centros	5	5	5	1
Costo	5	5	3	2
Ruido	5	4	1	3
Instalación	4	4	5	3
Sincronización	2	5	5	5
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>33</b>	<b>26</b>	<b>20</b>

**Fuente:** Autor

Después de realizar la tabla para la selección de transmisión de movimiento, se deberá utilizar la banda dentada que contiene 33 puntos lo cual indica que este tipo cumple con las condiciones deseadas, para la máquina.

## **2.2 SELECCIÓN DE BANDA TRANSPORTADORA.**

Para la selección de banda transportadora se realiza una tabla comparativa para encontrar la mejor opción. (Véase Tabla 5).

Para la siguiente tabla se utiliza los siguientes parámetros descritos a continuación.

Excelente: 5

Muy Bueno: 4

Bueno: 3

Regular: 2

Mala: 1

- **Alta Temperatura.-** las bandas transportadoras que resisten más calor se las calificó con 5 como excelente, y las bandas transportadoras que soportan menor calor con 1 malo.
- **Corrosión.-** bandas que soportan mejor a los ataques químicos se las considera con 5 como excelente, y las que soportan menos calor como 1 malo.
- **Esfuerzo/Tensión.-** elementos que contiene mayor resistencia se las considera con 5 como excelente y las que tienen menor resistencia con 1 malo.
- **Flexibilidad.-** elementos que se adaptan con mayor facilidad a los rodillos se los considera con 5 como excelente y las que tiene menor flexibilidad como 1 malo.

**Tabla 5 Selección de banda transportadora**

<b>Características</b>	<b>B. T. de goma</b>	<b>B.T. de PVC y PU</b>	<b>B.T. modulares</b>	<b>B.T. metálica/teflón</b>
Alta Temperatura	2	2	3	5
Corrosión	3	3	3	5
Esfuerzo/Tensión	4	4	5	5
Flexibilidad	5	4	5	5
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>20</b>

**Fuente:** Autor

Se observa que se debe utilizar la banda transportadora de Teflón, la cual obtuvo 20 puntos y cumple con las características requeridas, en especial por soportar altos grados de temperatura como se enuncia en el capítulo interior.

### **2.3 SELECCIÓN DEL PERFIL.**

Para la selección del perfil estructural se realiza una comparación, entre varios elementos de acuerdo a las características deseadas. (Véase Tabla 6).

**Tabla 6 Selección de perfil**

<b>Característica</b>	<b>Perfil en C</b>	<b>Perfil en I</b>	<b>Perfil en L</b>	<b>Perfil en U</b>
Facilidad para la sujeción superior de la protección para fluorescente de Mercurio	5	5	5	5
Facilidad para la colocación de soportes	5	5	1	5
Acoplamiento de chumacera de pared	5	5	5	5
Montaje de protección superior	1	5	5	5
Acoplamiento de cámara de acumulación de gases	5	5	1	5
Economía	5	5	5	5
Facilidad para la obtención en el mercado ecuatoriano	5	3	5	5
Acopiamiento de las guías para chumaceras templadoras	5	5	1	5
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>28</b>	<b>40</b>

**Fuente:** Autor

Mediante esta tabulación se determina que el perfil en U es el elemento más óptimo para la construcción del túnel de secado barniz mediante rayos ultravioletas (UV), la cual obtuvo 40 puntos, cubriendo las necesidades requeridas.

## 2.4 SELECCIÓN DEL VENTILADOR.

Para la selección del ventilador, se realiza un cuadro comparativo descrito a continuación para obtener el mejor dispositivo que cumpla con los parámetros deseados (Véase tabla 7).

**Tabla 7 Selección del ventilador**

<b>Características</b>	<b>V. Axial</b>	<b>V. Radial</b>
Facilidad de montaje del ventilador, en la parte superior del fluorescente.	5	3
Circulación del aire en dirección, hacia las hojas de impresión.	5	5
Facilidad en la obtención en el mercado ecuatoriano.	5	3
Costo	5	3
Número de ventiladores para el enfriamiento requerido	3	5
Voltaje utilizado dentro de la industria (220 v)	5	2
Volumen a ser enfriado	4	5
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>26</b>

**Fuente:** Autor

Realizado el cuadro comparativo se obtuvo que el ventilador axial es la mejor opción, obteniendo 32 puntos el cual cubre las características necesarias para el sistema.

## 2.5 SELECCIÓN DE LA LAMPARA UV.

Para la selección de la lámpara UV se tiene dos alternativas que son la lámpara de vapor de mercurio y la de yoduro de galio en donde se muestra las respectivas características (Véase Tabla 8).

**Tabla 8 Selección de la lámpara UV**

<b>Características</b>	<b>Lámpara de vapor de mercurio</b>	<b>Lámpara de yoduro de galio</b>
Durabilidad (horas de trabajo)	4	5
Rapidez en el secado del barniz	4	5
Costo	5	2
Existencia en el mercado ecuatoriano	5	1
Eficiencia en el secado	4	5
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>18</b>

**Fuente:** Autor

Se observa que la mejor alternativa es la lámpara de vapor de mercurio obteniendo un puntaje de 22 puntos en comparación con la de yoduro de galio.

**CUADRO RESUMEN No 1**

<b>ELEMENTO SELECCIONADO</b>	<b>RAZÓN</b>
Transmisión de movimiento por banda dentada.	Mejor eficiencia y sincronización en la transmisión de movimiento.
Banda transportadora teflonada.	Alta resistencia a la temperatura y a la corrosión.
Perfil U.	Factible acoplamiento de la chumacera de pared y alta existencia en el mercado.
Ventilador axial.	Facilidad de montaje y fácil de obtener en el mercado ecuatoriano.
Lámpara de vapor de mercurio.	Única existencia en el mercado ecuatoriano.

**Fuente:** Autor

## **2.6 FORMULAS Y PARÁMETROS A SER UTILIZADOS EN EL CÁLCULO Y DISEÑO DEL TUNEL DE SECADO MEDIANTE RAYOS ULTRAVIOLETA.**

### **2.6.1 Parámetros principales de diseño.**

Para determinar los parámetros de diseño se tomó en cuenta el espacio asignado por la imprenta “Don Bosco” para la colocación de esta máquina, por este motivo sus dimensiones son:

- Altura de la máquina 0.50 m, tomando en cuenta la altura de la máquina offset donde se coloca el barniz.
- Ancho de la máquina 0.80 m, tomando en cuenta el formato de la máquina offset (64cm).
- Longitud de la máquina 4 m, espacio asignado por la imprenta.

- Lámpara fluorescente 0.90 cm.
- Velocidad máxima = 2 m/s.

## 2.6.2 Rodillo principal.

### 2.6.2.1 Fórmulas

$$N^{\circ} \text{ pliegos} = \frac{Lt}{Lp} \quad [Ec. 1]$$

Donde:

$N^{\circ} \text{ pliegos}$  = número de pliegos

$Lt$  = Longitud del túnel (m)

$Lp$  = Longitud máxima del pliego (m)

### Carga máxima

$$q_T = Cp + Pb \quad [Ec. 2]$$

Donde:

$q_T$  = carga máxima

$Cp$  = carga total de pliegos

$Pb$  = peso de la banda

Esta es la carga máxima que soportaría el rodillo, la cual es la sumatoria del peso de cada pliego multiplicado por el número respectivo más el peso de la banda que fue determinada en una balanza.

### Momento máximo del rodillo principal

$$M = \frac{P \times L}{4} \quad [Ec. 3]^6$$

---

<sup>6</sup>AISC, Steel Construction, Treceava Edición, tabla 3.1

Donde:

$M$  = momento máximo (N\*m)

$P$  = carga (N)

$L$  = longitud total (m)

### **Diámetro del rodillo principal**

$$d = \left[ \frac{16n}{\pi S_y} (4M^2 + 3T^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} \times F_s \quad [Ec. 4]^7$$

Donde:

$d$  = diámetro (m)

$n$  = número de rodillos

$S_y$  = resistencia a la tensión (Mpa)

$M$  = momento máximo (N\*m)

$T$  = torque máximo (N\*m)

$F_s$  = factor de seguridad

### **Área del círculo**

$$A_c = \pi r^2 \quad [Ec. 5]^8$$

Donde:

$A_c$  = área del círculo (m<sup>2</sup>)

$r$  = radio del círculo (m)

---

<sup>7</sup>SHIGLEY Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, McGRAW-HILL, México 2003, P. 796

<sup>8</sup>WEASY, Robert, Manual de fórmulas técnicas, Quinceava Edición, Editorial CRC, Georgia 1967, P. 11

## 2.6.3 Soporte de la banda.

### 2.6.3.1 Fórmulas

#### Área del rectángulo

$$A_r = a \times b \quad [Ec. 6]^9$$

Donde:

$A_r$  = área del rectángulo

$a$  = longitud (m)

$b$  = ancho (m)

#### Relación entre dimensiones principales

$$n = \frac{a}{b} \quad [Ec. 7]^{10}$$

Donde:

$n$  = relación de dimensiones

$a$  = longitud (m)

$b$  = ancho (m)

#### Tensión Admisible

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_E}{FS} = \sigma_y \quad [Ec. 8]^{11}$$

Donde:

$\tau_{adm}$  = tensión admisible

$\sigma_E$  = tensión límite ( $\frac{kg}{m^2}$ )

$FS$  = factor seguridad

---

<sup>9</sup>WEASY, Robert, Ibid, P. 8

<sup>10</sup>WEASY, Robert, Ibid, P. 11

<sup>11</sup>LARBURU, Nicolás, Prontuario de Máquinas, Tercera Edición, Editorial Paraninfo, España, 1991. Pág. 225

$\sigma_y$  = esfuerzo de fluencia ( $\frac{kg}{m^2}$ )

### Espesor de la plancha

$$e = \sqrt{\frac{\varphi_y q_T a^2}{\sigma_y}} \quad [Ec. 9]^{12}$$

Donde:

$e$  = espesor

$\varphi_y$  = momento máximo

$q_T$  = carga máxima ( $\frac{kg}{m^2}$ )

$a$  = longitud (m)

$\sigma_y$  = esfuerzo de fluencia ( $\frac{kg}{m^2}$ )

## 2.6.4 Perfil para armazón del túnel de secado.

### 2.6.4.1 Fórmulas

#### Volumen de un prisma

$$V = A_b \times h \quad [Ec. 10]^{13}$$

Donde:

$V$  = Volumen

$A_b$  = área de la base ( $m^2$ )

$h$  = altura (m)

#### Área de un trapecio

$$A = \frac{(B + b)h}{2} \quad [Ec. 11]^{14}$$

---

<sup>12</sup> LARBURU, Nicolás, Ibid Pág.225

<sup>13</sup> WEASY Robert, Manual de fórmulas técnicas, Quinceava Edición, Editorial CRC, Georgia 1967, P. 18

Donde:

B = base mayor (m)

b = base menor (m)

h = altura (m)

### Área de un triángulo

$$A = \frac{a \times b \operatorname{sen} \alpha}{2} \quad [\text{Ec. 12}]^{15}$$

Donde:

$a$  = lado del triángulo (m)

$b$  = lado del triángulo (m)

$\operatorname{sen} \alpha$  = seno comprendido entre los dos lados

### Peso específico

$$P_e = d \times g \quad [\text{Ec. 13}]^{16}$$

Donde:

$P_e$  = Peso específico ( $N/m^3$ )

$d$  = densidad ( $kg/m^3$ )

$g$  = gravedad ( $m/s^2$ )

### Peso del acero

$$P_a = P_e \times V \quad [\text{Ec. 14}]^{17}$$

Donde:

$P_a$  = Peso del acero (N)

---

<sup>14</sup> WEASY Robert, Ibid., P. 9

<sup>15</sup> WEASY Robert, Ibid, P. 7

<sup>16</sup><http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20061126170542AAQF019>

<sup>17</sup><http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20061126170542AAQF019>

$P_e$  = Peso específico ( $N/m^3$ )

$V$  = Volumen

### Reacción

$$R = \frac{P}{2} \quad [Ec. 15]^{18}$$

Donde:

$R$  = Fuerza de reacción

$P$  = Carga Total

$$Fb = 0,66 Sy \quad [Ec. 16]^{19}$$

Donde:

$Fb$  = Límite de fluencia

$Sy$  = resistencia a la tensión (Ksi)

$$Sx = \frac{Mx}{Fb} \quad [Ec. 17]^{20}$$

Donde:

$Sx$  = Módulo de la sección

$Mx$  = Momento máximo de los esfuerzos causados en la viga

$Fb$  = Límite de fluencia

---

<sup>18</sup>AISC, Steel Construction, Treceava Edición, tabla 3.1

<sup>19</sup>AISC, Steel Construction, Treceava Edición, tabla 3.1

<sup>20</sup>AISC, Steel Construction, Treceava Edición, tabla 3.1

## 2.6.5 Cálculo del perfil.

### Centro de gravedad para el eje x

$$\bar{x} = \frac{A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3}{AT} \quad [Ec. 18]^{21}$$

Donde:

$\bar{x}$  = abscisa para el centro de gravedad

$A_1$  = área del rectángulo (mm)

$A_2$  = área del rectángulo (mm)

$A_3$  = área del rectángulo (mm)

$X_1$  = distancia del centro de gravedad del área  $A_1$  (mm)

$X_2$  = distancia del centro de gravedad del área  $A_2$  (mm)

$X_3$  = distancia del centro de gravedad del área  $A_3$  (mm)

$AT$  = área total suma de  $A_1 + A_2 + A_3$  (mm<sup>2</sup>)

### Centro de gravedad para el eje y

$$\bar{y} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3}{AT} \quad [Ec. 19]^{22}$$

Donde:

$\bar{y}$  = ordenada para el centro de gravedad

$A_1$  = área del rectángulo (mm<sup>2</sup>)

$A_2$  = área del rectángulo (mm<sup>2</sup>)

$A_3$  = área del rectángulo (mm<sup>2</sup>)

$y_1$  = distancia del centro de gravedad del área  $A_1$  (mm)

$y_2$  = distancia del centro de gravedad del área  $A_2$  (mm)

$y_3$  = distancia del centro de gravedad del área  $A_3$  (mm)

---

<sup>21</sup>[http://highered.mcgraw-hill.com/sites/dl/free/9701061039/468032/capitulo\\_muestra\\_estatica\\_9e\\_05m.pdf](http://highered.mcgraw-hill.com/sites/dl/free/9701061039/468032/capitulo_muestra_estatica_9e_05m.pdf)

<sup>22</sup>[http://hill.com/sites/dl/free/9701061039/468032/capitulo\\_muestra\\_estatica\\_9e\\_05m.pdf](http://hill.com/sites/dl/free/9701061039/468032/capitulo_muestra_estatica_9e_05m.pdf)

AT = área total suma de  $A_1 + A_2 + A_3$  ( $\text{mm}^2$ )

### **Inercia de un rectángulo**

$$I = \frac{b * h^3}{12} \quad [Ec. 20]^{23}$$

Donde:

I = inercia de un rectángulo ( $\text{mm}^4$ )

b = base (mm)

h = altura (mm)

### **Momento de inercia respecto al centro de gravedad en el eje x**

$$I_{xx} = I * (A * d^2) \quad [Ec. 21]^{24}$$

Donde:

$I_{xx}$  = Centro de gravedad con respecto al eje x.

I = inercia del rectángulo ( $\text{mm}^4$ )

A = área del rectángulo ( $\text{mm}^2$ )

d = distancia entre el eje x y el centro de gravedad del rectángulo (m)

### **Momento de inercia respecto al centro de gravedad en el eje y**

$$I_{yy} = I * (A * d^2) \quad [Ec. 22]^{25}$$

Donde:

$I_{yy}$  = Centro de gravedad con respecto al eje y ( $\text{mm}^4$ )

I = inercia del rectángulo ( $\text{mm}^4$ )

A = área del rectángulo ( $\text{mm}^2$ )

d = distancia entre el eje y y el centro de gravedad del rectángulo (mm)

---

<sup>23</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Segundo\\_momento\\_de\\_%C3%A1rea](http://es.wikipedia.org/wiki/Segundo_momento_de_%C3%A1rea)

<sup>24</sup> [http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din\\_rotacion/inercia/inercia.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/inercia/inercia.htm)

<sup>25</sup> [http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din\\_rotacion/inercia/inercia.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/inercia/inercia.htm)

## Esbeltez

$$\lambda = \frac{K * L}{r_{\min}} \quad [Ec. 23]^{26}$$

Donde:

$\lambda$  = relación de esbeltez

K = factor de longitud efectiva que se determina de acuerdo a las condiciones de apoyo de la columna

L = longitud libre de la columna (m)

$r_{\min}$  = menor radio de giro del perfil (m)

## Radio mínimo de giro

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{I_{yy}}{A_T}} \quad [Ec. 24]^{27}$$

Donde:

$r_{\min}$  = menor radio de giro del perfil

$I_{yy}$  = Centro de gravedad con respecto al eje y ( $\text{mm}^4$ )

$A_T$  = área del perfil ( $\text{mm}^2$ )

## Carga Máxima

$$P = F * A_T \quad [Ec. 25]^{28}$$

Donde:

P = carga máxima que puede ser aplicada ( $\text{N} * \text{m}$ )

F = fuerza aplicada (N)

---

<sup>26</sup>AISC, 1986, Steel Construction, Treceava Edición

<sup>27</sup>AISC, 1986, Ibid, P 255

<sup>28</sup> AISC, 1986, Ibid, P 185

$A_T = \text{área del perfil (m}^2\text{)}$

## 2.6.6 Cálculo del motor eléctrico.

### 2.6.6.1 Fórmulas

#### Fuerza de rozamiento

$$F_r = \mu \times N \quad [\text{Ec. 26}]^{29}$$

Donde:

$F_r$  = fuerza de rozamiento (N)

$\mu$  = coeficiente de rozamiento

$N$  = fuerza normal (N)

#### Momento

$$T_1 = F \times d \quad [\text{Ec. 27}]^{30}$$

Donde:

$T_1$  = momento o torque (N\*m)

$F$  = fuerza (N)

$d$  = distancia (m)

#### Coeficiente de rozamiento

$$\mu = \frac{T - Px}{N} \quad [\text{Ec. 28}]^{31}$$

Donde:

$\mu$  = coeficiente de rozamiento

---

<sup>29</sup> <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd98/Fisica/02/froz.html>

<sup>30</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Momento\\_de\\_fuerza](http://es.wikipedia.org/wiki/Momento_de_fuerza)

<sup>31</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Momento\\_de\\_fuerza](http://es.wikipedia.org/wiki/Momento_de_fuerza)

$T$  = tensión de la cuerda

$P_x$  = fuerza del elemento en el eje x

$N$  = fuerza normal

### **Velocidad lineal en el movimiento circular**

$$v = \omega \times R \quad [Ec. 29]^{32}$$

Donde:

$v$  = velocidad lineal (m/s)

$\omega$  = velocidad angular (rad/s)

$R$  = radio (m)

### **Potencia del motor**

$$P = T \times \omega \quad [Ec. 30]^{33}$$

Donde:

$P$  = potencia (w)

$\omega$  = velocidad angular (rad/s)

$T_1$  = torque (N\*m)

---

<sup>32</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Movimiento\\_circular](http://es.wikipedia.org/wiki/Movimiento_circular)

<sup>33</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Par\\_motor](http://es.wikipedia.org/wiki/Par_motor)

## 2.6.7 Transferencia de calor.

### 2.6.7.1 Fórmulas

#### Radiación

$$Q = \epsilon e * \sigma * A * (T_S^4 - T_{air}^4) \quad [Ec. 31]^{34}$$

Donde:

Q = razón de flujo de calor (Btu/h ó W)

$\epsilon e$  = emisividad de la superficie

A = área de la superficie (pie<sup>2</sup> ó m<sup>2</sup>)

$T_S$  = temperatura de la superficie, (R ó K)

$T_{air}$  = temperatura de las superficies en los alrededores, (R ó K)

#### Convección en un cilindro hueco

$$Q = \frac{T_i - T_1}{h_i * 2 * \pi * r_1 * L} \quad [Ec. 32]^{35}$$

Donde:

Q = razón de flujo de calor, (Btu/h ó W)

$T_i$  = temperatura en la superficie exterior del fluorescente (k)

$T_1$  = temperatura en la superficie interior en el reflector (k)

$h_i$  = coeficiente convectivo aire libre (w/m<sup>2</sup> C)

$r_1$  = radio interior del reflector (mm)

L = longitud del reflector (mm)

---

<sup>34</sup>KARLEKAR B. - DESMOND R., Transferencia de Calor, México, Impresora Publi-Mex S.A., 1995. P. 22

<sup>35</sup>KARLEKAR B. - DESMOND R., Ibid, P. 45

### Conducción en un cilindro hueco

$$Q = \frac{T_i - T_1}{\frac{1}{2 * k * L * \ln \frac{r_2}{r_1} * \pi}} \quad [Ec. 33]^{36}$$

Donde:

Q = razón de flujo de calor, (Btu/h ó W)

T<sub>i</sub> = temperatura en la superficie exterior del fluorescente (k)

T<sub>1</sub> = temperatura en la superficie interior en el reflector (k)

k = coeficiente conductivo (w/m C)

r<sub>1</sub> = radio interior del reflector (mm)

L = longitud del reflector (mm)

### Conducción en una pared plana

$$Q = \frac{T_2 - T_4}{\frac{L}{k * A}} \quad [Ec. 34]^{37}$$

Donde:

Q = razón de flujo de calor, Btu/h ó W

T<sub>2</sub> = temperatura en la superficie exterior en el reflector (C)

T<sub>4</sub> = temperatura en la superficie exterior de la campana (C)

k = coeficiente conductivo (w/m C)

A = área de la pared normal al flujo de calor (m<sup>2</sup>)

L = espesor de la pared (m)

---

<sup>36</sup>KARLEKAR B. - DESMOND R.,Ibid P. 10

<sup>37</sup> Ibid

## Convección entre el aire y la pared plana

$$Q = \frac{T_2 - T_4}{\frac{1}{h * A}} \quad [Ec. 35]^{38}$$

Donde:

Q = razón de flujo de calor, (Btu/h ó W)

T<sub>2</sub> = temperatura en la superficie exterior en el reflector (C)

T<sub>4</sub> = temperatura en la superficie exterior de la campana (C)

h = coeficiente convectivo (w/m<sup>2</sup> C)

A = área de la pared normal al flujo de calor (m<sup>2</sup>)

## Convección Forzada

$$Q = h_{promedio} A (T_W - T_{\infty}) \quad [Ec. 35]^{39}$$

Donde:

Q = flujo de calor, (Btu/h ó W)

$h_{promedio}$  = coeficiente de transferencia de calor promedio (W/m<sup>2</sup> k ó W/m<sup>2</sup> C)

A = área de la superficie (m<sup>2</sup>)

T<sub>W</sub> = temperatura de la superficie (C)

T<sub>∞</sub> = temperatura de la corriente de aire libre (C)

## Temperatura promedio

$$T_f = \frac{T_W - T_{\infty}}{2} \quad [Ec. 36]^{40}$$

Donde:

---

<sup>38</sup>KARLEKAR B. - DESMOND R.,Ibid, P. 15

<sup>39</sup>KARLEKAR B. - DESMOND R.,Ibid, P. 462

<sup>40</sup>KARLEKAR B. - DESMOND R.,Ibid, P. 516

$T_f$  = temperatura promedio (C)

$T_W$  = temperatura de la superficie (C)

$T_\infty$  = temperatura de la corriente de aire libre (C)

### Numero de Reynolds

$$Re_L = \frac{u_\infty \cdot L}{\nu} \quad [Ec.37]^{41}$$

Donde:

$Re_L$  = número de Reynolds

$u_\infty$  = velocidad del aire (m/s)

$L$  = longitud de la placa (m)

$\nu$  = viscosidad cinética (m<sup>2</sup>/s)

### Coefficiente de transferencia de calor promedio

$$h_{promedio} = \frac{K}{L} \left( 0.036 Re_L^{\frac{4}{5}} - 836 \right) Pr^{\frac{1}{3}} \quad [Ec. 38]^{42}$$

Donde:

$h_{promedio}$  = coeficiente de transferencia de calor promedio (w/m<sup>2</sup> k)

$K$  = coeficiente de conductividad térmica (w/m k)

$L$  = longitud característica (m)

$Re_L$  = número de Reynolds

$Pr$  = número de Prandtl

---

<sup>41</sup>KARLEKAR B. - DESMOND R.,Ibid, P. 517

<sup>42</sup>KARLEKAR B. - DESMOND R.,Ibid, P. 546

## **CAPÍTULO III**

### **CÁLCULO Y DISEÑO.**

En el presente capítulo se determinará el cálculo y diseño del túnel de secado de barniz mediante rayos ultravioletas (UV), los parámetros iniciales son capacidad de carga, velocidad de trabajo, el diseño de la estructura teniendo en cuenta la longitud, ancho y altura.

Se efectúa la descomposición de todas las fuerzas que intervienen en el túnel de secado de barniz mediante rayos ultravioletas (UV), con la finalidad de realizar un análisis de cada uno de los elementos que componen al túnel de secado, por medio de cálculos y diseño se procede a la selección de los perfiles adecuados que soporten la estructura, también se analiza y se efectúa el cálculo de columnas, ejes, rodillos, tipos de chumaceras, transferencia de calor entre la lámpara UV y el producto, transmisión de movimiento a través del motor y la banda dentada, elementos de sujeción y con el análisis realizado se considerará los esfuerzos determinados en los cálculos anteriores, para establecer un excelente diseño y selección de materiales, componentes mecánicos, de esta forma se garantiza tener un diseño óptimo del túnel de secado de barniz mediante rayos ultravioletas (UV).

#### **3.1 Diseño de rodillo principal.**

##### **3.1.1 Parámetros.**

La selección del diámetro del rodillo está influenciada por la velocidad, peso de la carga, peso de la banda, tamaño del material y expectativa de vida útil.

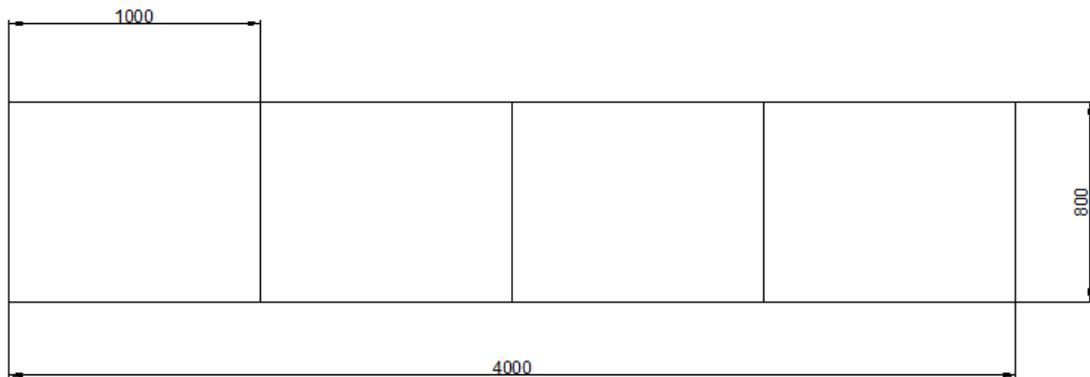
Para realizar el estudio se tomó el pliego de papel más pesado para el análisis.

Pliego = Couche 300 g/m<sup>2</sup>

Longitud máxima del pliego = 100 cm = 1 m

Velocidad máxima = 2 m/s

Primero se determina cual será la carga que soporta cada rodillo de la banda transportadora del túnel de secado, según la respectiva distribución de pliegos de acuerdo a la Fig. 41.



**Fig. 41 Distribución de carga sobre la banda transportadora**

**Fuente:** Autor

Se determina el número de pliegos según la ecuación 1.

$$N^{\circ} \text{ pliegos} = \frac{Lt}{Lp}$$

$$N^{\circ} \text{ pliegos} = \frac{4 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 4$$

El peso que soportará los rodillos de la banda transportadora del túnel de secado se determina según la ecuación 2.

$$q_T = C_p + P_b$$

$q_T$  = Carga total de Pliegos + Peso de la Banda

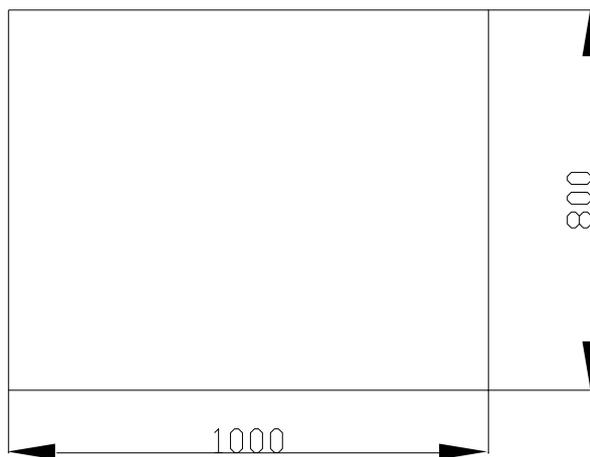
Datos:

Carga del pliego =  $300 \text{ g/m}^2$

Carga del Pliego =  $0,3 \text{ Kg/m}^2$

Dimensiones máximas del pliego (Véase Fig. 42).

Para determinar el área del pliego se utiliza la ecuación 6.



**Fig. 42 Dimensiones máximas del pliego**

**Fuente:** Autor

$$A_r = a \times b$$

$$A_r = 70 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} = 700 \text{ cm}^2$$

$$A_r = 70000 \text{ mm}^2$$

$$A_r = \mathbf{0.07 \text{ m}^2}$$

$$\text{Carga del pliego} = 0.07 \text{ m}^2 \times 0.3 \text{ Kg/m}^2$$

Carga de cada pliego

$$\text{Carga del Pliego} = \mathbf{0,192 \text{ Kg}}$$

Carga total de los pliegos

Carga total de Pliegos =  $0,192 \text{ Kg} \times 4$

**Carga total de Pliegos = 0,768 Kg**

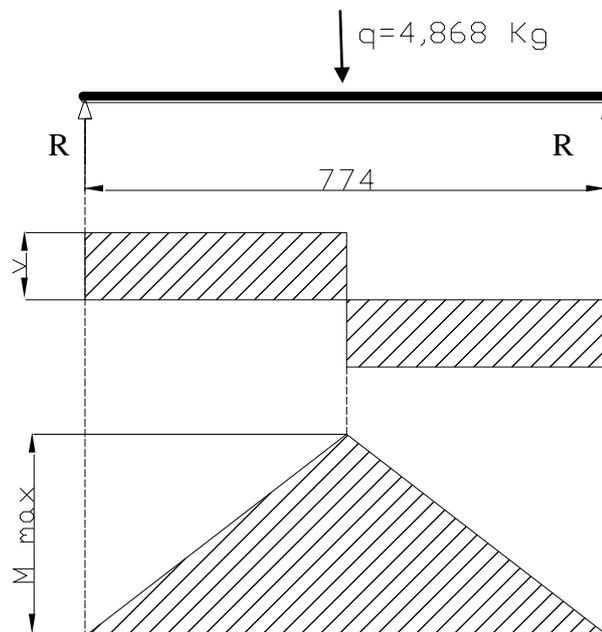
Peso de la banda = 4,1 Kg (dato obtenido por balanza)

$q_T = 0,768 \text{ Kg} + 4,1 \text{ Kg}$

**$q_T = P = 4,868 \text{ Kg}$**

Se utiliza ésta carga como carga puntual en el rodillo, en el punto más crítico por motivo de seguridad.

La carga que va a soportar el rodillo es de 4,868 Kg. En la Fig. 43 se muestra el diagrama de momento y reacciones.



**Fig. 43 Diagrama de momento para rodillo fijo**

**Fuente:** Autor

Para el cálculo del momento máximo que interviene en el rodillo principal se determina mediante la ecuación 3.

$$M = \frac{P \times L}{4}$$

$$M = \frac{4.868 \text{ Kg} \times 0,774 \text{ m}}{4}$$

$$M = 0.9419 \text{ Kg} * m$$

$$M = 0.9419 \text{ Kg} * m \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ Kg}}$$

$$\mathbf{M = 9.23 \text{ N*m}}$$

En el cálculo del diámetro del rodillo principal se utiliza la ecuación 4. Donde la resistencia a la tensión para el acero es  $S_y = 353 \times 10^6 \text{ Mpa}^{43}$ . El factor de seguridad<sup>44</sup> es de 1,85 de acuerdo al esfuerzo.

$$M = T$$

$$d = \left[ \frac{16 n}{\pi S_y} (4M^2 + 3T^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} \times F_s$$

$$d = \left[ \frac{16 n}{\pi S_y} (7M^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} \times 1,85$$

$$d = \left[ \frac{16 (2)}{\pi (353 \times 10^6)} (7(9,2)^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} \times 1,85$$

$$\mathbf{d = 0,0165m \approx 1,65cm \approx \frac{3}{4}in = 19.05 \text{ mm}}$$

$$\mathbf{r = 0.375 \text{ in.}}$$

Se ha obtenido el diámetro del eje, a partir de esta dimensión se busca el área equivalente para cumplir con las necesidades del mecanismo, ya que este diámetro es insuficiente para cumplir con el arrastre de la banda transportadora.

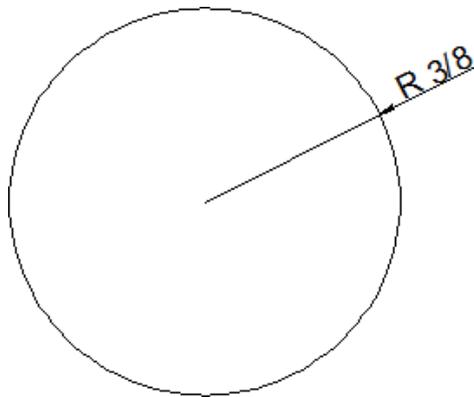
---

<sup>43</sup> SHIGLEY, Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, McGRAW-HILL, México 2003

<sup>44</sup> Ibid

### 3.2 Cálculo de las dimensiones del rodillo de arrastre.

Para calcular el área del círculo se toma en cuenta el radio. (Véase Fig. 44).



**Fig. 44 Radio del círculo**

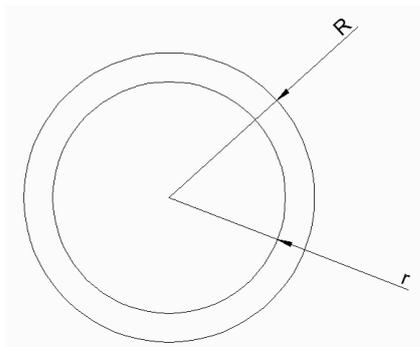
**Fuente:** Autor

$$A = \pi r^2$$

$$A = r * 0.375 \text{ in}^2$$

$$A = 0,442 \text{ in}^2$$

Se determina un valor de área equivalente en un cilindro hueco para la construcción del rodillo de arrastre de la banda transportadora. (Véase Fig. 45).



**Fig. 45 Cilindro hueco**

**Fuente:** Autor

Con el valor del área calculada se obtiene un espesor demasiado angosto por lo tanto se selecciona un rodillo con las dimensiones adecuadas y más próximas que se encuentre dentro del mercado nacional.

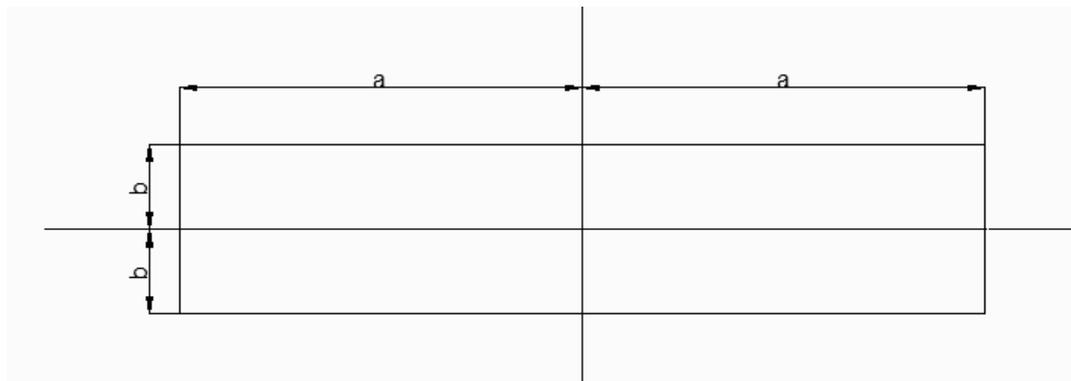
Así el rodillo que se selecciona tendrá las siguientes medidas.

$$R = 1,57 \text{ in} = 39.88 \text{ mm} \approx 40 \text{ mm}$$

$$r = 1,47 \text{ in} = 37.33 \text{ mm} \approx 38 \text{ mm}$$

### 3.3 Diseño de plancha para el soporte de la banda.

En la Fig. 46 se observa la forma y dimensiones de la plancha.



**Fig. 46 Plancha soporte**

**Fuente:** Autor

Donde:

$$a = 1900 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

El área de la plancha se determina mediante la ecuación 6 que es la fórmula para determinar el área de un rectángulo.

$$A_r = a \times b$$

$$A_{rT} = 2a \times 2b$$

$$A_{rT} = 3800\text{mm} * 800 \text{ mm}$$

$$A_{rT} = 3040000\text{mm}^2$$

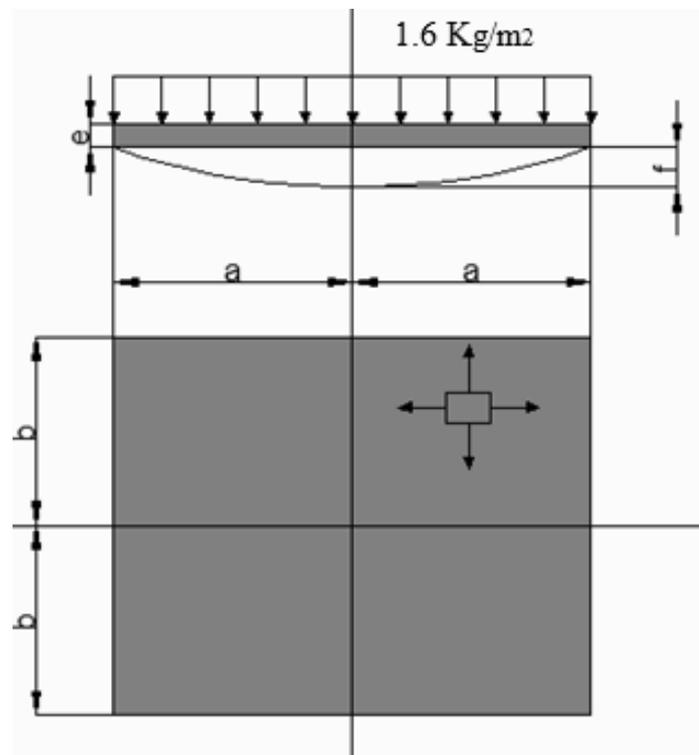
$$A_{rT} = 3.04\text{m}^2$$

La carga puntual sobre la placa será la carga total  $q_T$ :

$$q_T = 4,868 \text{ Kg}$$

La carga total se debe utilizar como carga distribuida por unidad de área y se expresa en  $\text{kg/m}^2$ :

$$\text{Carga } (q) = \frac{4,868 \text{ Kg}}{3,04 \text{ m}^2} = 1,6 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$



**Fig. 47 Diagrama de carga distribuida**

**Fuente:** Autor

El espesor de la plancha se calcula mediante la carga distribuida por unidad de área como se muestra. (Véase Fig. 47).

Se calcula la relación entre dimensiones principales utilizando la ecuación 7.

$$n = \frac{a}{b}$$

$$n = \frac{3800mm}{800mm}$$

$$n = 4.75$$

Este valor de n sirve para determinar el valor de  $\varphi_{y_{max}}$  según la Tabla 9.

**Tabla 9 Valores para placa empotrada**

<i>n</i>	Centro de la placa		Centro lado mayor	$\Psi$
	$\varphi_x$	$\varphi_x$	$\varphi_{y_{max}}$	
1	0,53	0,53	1,234	0,255
1,5	0,48	0,88	1,82	0,394
2	0,31	0,94	1,92	0,431
$\infty$	0,30	1	2	0,455

**Fuente:** LARBURU, Nicolás, Prontuario de Máquinas, Tercera Edición, Editorial Paraninfo, España, 1991.pag.225

Se selecciona el valor de:

$$\varphi_{y_{max}} = 2 \quad \text{Por estar soldada en todo el contorno}$$

- Aceros de media resistencia

Son los aceros con un límite elástico de 35 KSI

$$\sigma_E = 35000 \frac{lb - f}{plg^2} = 24660000 \frac{kg}{m^2}$$

Para el cálculo de la tensión máxima admisible se la realiza mediante la ecuación 8.

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_E}{FS}$$

El coeficiente de seguridad <sup>45</sup>

$$\tau_{adm} = \frac{24660000 \frac{kg}{m^2}}{2}$$

$$\tau_{adm} = 12330000 \frac{kg}{m^2} = \sigma_y$$

Para obtener el espesor de la placa, se realiza el cálculo mediante la ecuación 3.9.

$$e = \sqrt{\frac{\varphi_y q a^2}{\sigma_y}}$$

$$e = \sqrt{\frac{2 \times 1,6 \frac{Kg}{m^2} \left(\frac{3,8 m}{2}\right)^2}{12330000 \frac{kg}{m^2}}}$$

$$e = 0,9 \text{ mm} \approx 1,1 \text{ mm}$$

Se utilizará plancha de 1.1 mm por encontrarse en el mercado ecuatoriano y evitar la deflexión de la misma.

Para las especificaciones del mercado nacional se selecciona una plancha de acero SAE 1018 con las siguientes dimensiones.

---

<sup>45</sup>LARBURU, Nicolás, *Prontuario de Máquinas*, Tercera Edición, Editorial Paraninfo, España, 1991, P.225

**Longitud (2a) = 3800 mm**

**Ancho (2b) = 800 mm**

**Espesor (e) = 1,1 mm**

### **3.4 Dimensiones de la campana de protección, de la lámpara fluorescente de vapor de mercurio.**

Para las dimensiones de la campana de protección debe tomar en cuenta, la lámpara fluorescente y el ancho del reflector, por este motivo las dimensiones de la campana son:

Largo = 900mm

Ancho = 280mm

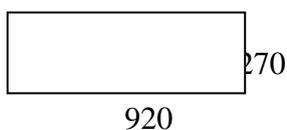
Alto = 200mm

### **3.5 Cálculo del perfil para armazón del túnel de secado.**

El análisis del perfil para el armazón del túnel de secado se lo realiza en la parte más crítica de todo el trayecto, es decir en los dos metros finales del túnel en donde el perfil soporta la campana de protección de la lámpara de mercurio.

Para obtener la carga se calcula el peso de la campana en diferentes secciones tomando en cuenta que las diferentes secciones son de acero. Así:

#### **Parte frontal**



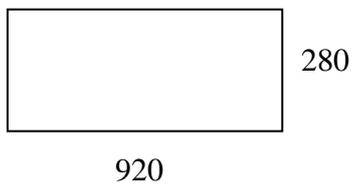
El volumen de la parte frontal es igual al volumen de un prisma, se utiliza la ecuación 10.

$$V_1 = A_b \times h$$

$$V_1 = 920 \times 270 \times 2$$

$$V_1 = 496800mm^3$$

### Parte superior



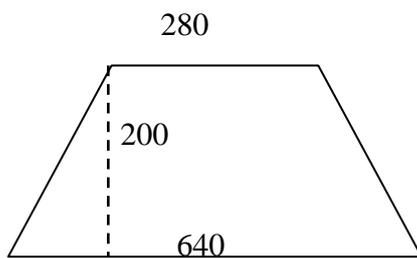
El volumen de la parte superior es igual al volumen de un prisma, y se utiliza la ecuación 10.

$$V_2 = A_b \times h$$

$$V_2 = 920 \times 280 \times 2$$

$$V_2 = 515200mm^3$$

### Parte lateral



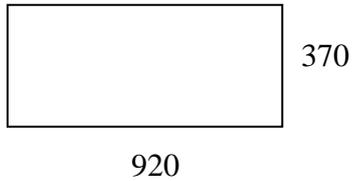
El volumen de la parte lateral es igual al volumen de un prisma trapezoidal se utiliza la ecuación 10 y 11.

$$V_3 = A_b \times h$$

$$V_3 = \frac{(280 + 640) \times 200}{2} \times 2$$

$$V_3 = 184000mm^3$$

### Parte superior de las tapas



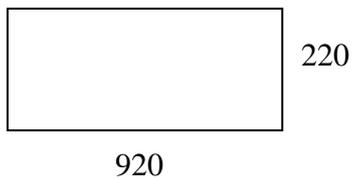
El volumen de la parte superior de las tapas es igual al volumen de un prisma, se utiliza la ecuación 10.

$$V_4 = A_b \times h$$

$$V_4 = 920 \times 370 \times 2$$

$$V_4 = 680800mm^3$$

### Tapas anterior y posterior



El volumen de la parte superior de las tapas es igual al volumen de un prisma, se utiliza la ecuación 10.

$$V_5 = A_b \times h$$

$$V_5 = 920 \times 220 \times 2$$

$$V_5 = 680800mm^3$$

El volumen total es igual a la sumatoria de todos los volúmenes

$$V_T = 2V_1 + V_2 + 2V_3 + 2V_4 + 2V_5$$

$$V_T = 3349872mm^3$$

$$V_T = 0.0033m^3$$

El peso específico del acero es igual a la densidad del acero por la gravedad, ecuación 13.

$$P_e = d \times g$$

La densidad del acero es igual  $7850 \text{ Kg/m}^3$

$$P_e = 7850 \text{ Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P_e = 76930 \text{ N/m}^3$$

El peso total de la parte de acero de la campana es igual al peso específico por el volumen.

$$\text{Peso del acero} = P_e \times V$$

$$\text{Peso del acero} = 76930 \times 0.033$$

$$\text{Peso del acero} = 258 \text{ N}$$

$$\text{Peso del acero} = 26.3 \text{ Kg}$$

El peso del armazón se calcula según el peso de un tubo cuadrado de 1 in. ( $1.05 \text{ Kg/m}$ ).

$$1.05 \text{ Kg} \longleftarrow 1 \text{ m}$$

$$6,6 \text{ m} \longleftarrow x$$

$$\text{Peso del armazón} = 6.93 \text{ Kg}$$

Peso del marco de soporte se calcula con el peso de los dos tubos colocados en el mismo ( $2,03 \text{ Kg/m}$ ,  $3,13 \text{ Kg/m}$ )

$$2,03 \text{ Kg} \longleftarrow 1 \text{ m}$$

$$2,3 \text{ m} \longleftarrow x$$

$$3,13 \text{ Kg} \longleftarrow 1 \text{ m}$$

$$1,84 \text{ m} \longleftarrow x$$

Peso del marco de soporte = 10,42 Kg.

El peso total de la campana de protección sería igual a:

Peso campana = Peso del acero + Peso del armazón + Peso del marco del soporte

$$\text{Peso campana} = 26,3 + 6,93 + 10,42$$

$$\text{Peso campana} = 43,65 \text{ kg}$$

La carga total será igual a la suma del peso de la campana más el peso del reflector más el peso de los ventiladores más el peso de la banda transportadora tomando como despreciable el peso del máximo número de pliegos colocados en el túnel.

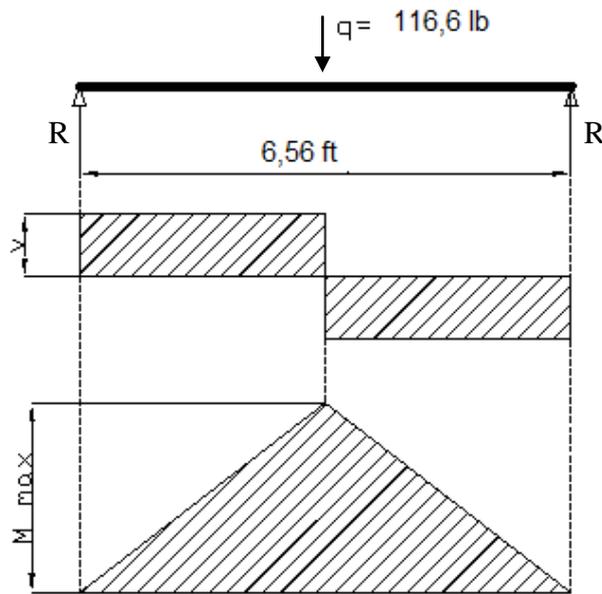
Carga Total = Peso de la campana + Peso del reflector + Peso de los ventiladores +  
Peso de la banda transportadora.

$$\text{Carga Total} = 43,65 + 2 + 4(0,6) + 4,1$$

$$\text{Carga Total} = 53 \text{ Kg}$$

$$\text{Carga total} = 116,6 \text{ lb}$$

En la Fig. 48 se observa el diagrama de momento.



**Fig. 48 Diagrama de momento (Peso del armazón)**

**Fuente:** Autor

Para la reacción en los apoyos se utiliza la ecuación 15.

$$R = \frac{P}{2}$$

El momento máximo se calcula con la ecuación 3.

$$M = \frac{PI}{4}$$

$$M_{max} = \frac{116.6 \text{ lb} \times 6.56 \text{ ft}}{4}$$

$$M_{max} = 191.22 \text{ lb} \times \text{ft}$$

El  $F_b$  se calcula con la ecuación 16.

$$F_b = 0,66 S_y$$

$$F_b = 0,66 \times 36 \text{ ksi}$$

$$Fb = 23,76 \text{ ksi}$$

Se determina el  $S_x$  con la ecuación 17.

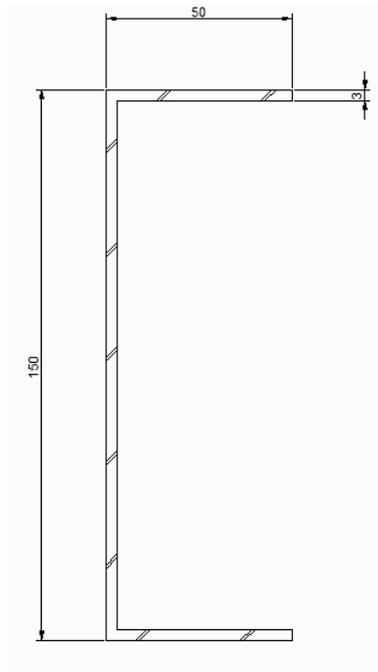
$$S_x = \frac{Mx}{Fb} = \frac{(191.22 \text{ lb} \times \text{ft})(12 \text{ plg})}{23,76 \frac{\text{Klb}}{\text{in}^2}} = \frac{2294.69 \text{ lb} \times \text{in}}{23,76 \frac{\text{Klb}}{\text{in}^2} \times \frac{1000 \text{ lb}}{1 \text{ Klb}}} = 0.0965 \text{ in}^3$$
$$= 1,58 \text{ cm}^3$$

De acuerdo a las tablas de la AISI cualquier perfil U soportaría el peso más crítico que es el peso de la campana de protección.

Debido al tamaño de la chumacera seleccionada, y tomando en cuenta que la chumacera tensora trabaja con una riel superior e inferior de 1,5 cm, se debe escoger una correa que cumpla con las dimensiones deseadas.

### 3.6 Cálculo del perfil.

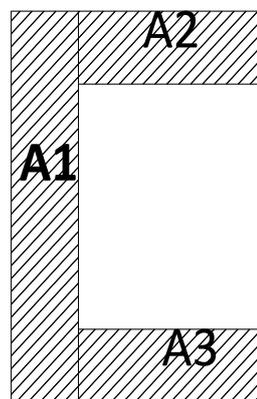
Por las razones anteriores mencionadas se busca, un perfil que cumpla las características solicitadas. En el mercado ecuatoriano se encontró un perfil en U de 150\*50\*3 (Véase Fig. 49) la cual satisface las necesidades de la estructura. Por lo tanto se realiza el cálculo con este perfil U.



**Fig. 49 Perfil U**

**Fuente:** Autor

Se busca el área total (Véase Fig. 50) de la correa para luego buscar su centro de gravedad ya que este tipo de perfil no se encuentra en tablas.



**Fig. 50 Perfil U selección de áreas**

**Fuente:** Autor

Para buscar el área de la correa se divide a esta en varios rectángulos y se aplica la Ecuación 6.

$$\mathbf{A = a * b}$$

$$\mathbf{AT = A_1 + A_2 + A_3}$$

$$\mathbf{AT = (150 * 3) + (47 * 3) + (47 * 3)}$$

$$\mathbf{AT = 450 + 141 + 141}$$

$$\mathbf{AT = 732 \text{ mm}^2}$$

$$\mathbf{AT = 1.19 \text{ in}^2}$$

$$\mathbf{AT = 0.000768 \text{ m}^2}$$

Se realiza el cálculo para encontrar el centro de gravedad (CG).

Se utiliza la ecuación 18 y ecuación 19.

$$\bar{x} = \frac{A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3}{AT}$$

$$\bar{x} = \frac{(150\text{mm} * 3\text{mm}) * 1.5\text{mm} + (47\text{mm} * 3\text{mm}) * 26.5\text{mm} + (47\text{mm} * 3\text{mm}) * 26.5\text{mm}}{732 \text{ mm}^2}$$

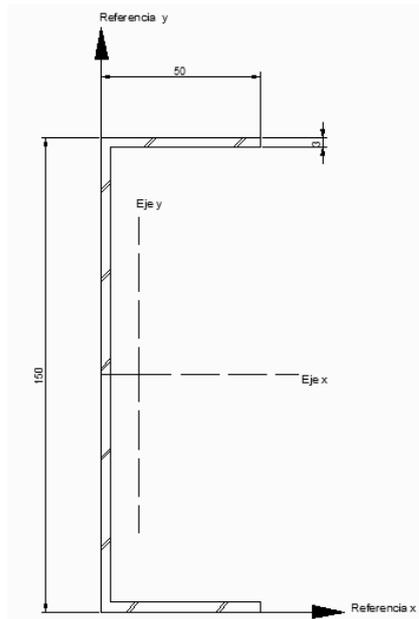
$$\bar{x} = \mathbf{11.13 \text{ mm} = 0.438 \text{ in}}$$

$$\bar{y} = \frac{A_1 Y_1 + A_2 Y_2 + A_3 Y_3}{AT}$$

$$\bar{y} = \frac{(150\text{mm} * 3\text{mm}) * 75\text{mm} + (47\text{mm} * 3\text{mm}) * 148.5\text{mm} + (47\text{mm} * 3\text{mm}) * 1.5\text{mm}}{732 \text{ mm}^2}$$

$$\bar{y} = \mathbf{75 \text{ mm} = 2.95 \text{ in}}$$

Se ha determinado el centro de gravedad. (Véase Fig. 51)



**Fig. 51 Centro de gravedad Perfil U**

**Fuente: Autor**

- **Cálculo de las inercias**

Para el cálculo de las inercias se utiliza la ecuación 20, ecuación 21 y ecuación 22.

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$I_{xx} = I * (A * d^2)$$

**Inercias en X**

$$I_{x1} = I_{A1} + Ad^2$$

$$I_{x1} = \left( \frac{3 * 150^3}{12} \right) + [(150 * 3)(0)^2]$$

$$I_{x1} = 281250 \text{ mm}^4$$

$$I_{x1} = 0.675 \text{ in}^4$$

$$I_{x2} = I_{A2} + Ad^2$$

$$I_{x2} = \left( \frac{47 * 3^3}{12} \right) + [(47 * 3)(73.5)^2]$$

$$I_{x2} = 761823 \text{ mm}^4$$

$$I_{x2} = 1.83 \text{ in}^4$$

$$I_{x3} = I_{A3} + Ad^2$$

$$I_{x3} = \left(\frac{47 * 3^3}{12}\right) + [(47 * 3) (73.5)^2]$$

$$I_{x3} = 761823 \text{ mm}^4$$

$$I_{x3} = 1.83 \text{ in}^4$$

$$I_{xT} = I_{xx1} + I_{xx2} + I_{xx3}$$

$$I_{xT} = 0.675 \text{ in}^4 + 1.83 \text{ in}^4 + 1.83 \text{ in}^4$$

$$I_{xT} = 4.34 \text{ in}^4$$

### Inercias en Y

$$I_{y1} = I_{A1} + Ad^2$$

$$I_{y1} = \left(\frac{150 * 3^3}{12}\right) + [(150 * 3) (11.13 - 1.5)^2]$$

$$I_{y1} = 42069.105 \text{ mm}^4$$

$$I_{y1} = 0.101 \text{ in}^4$$

$$I_{y2} = I_{A2} + Ad^2$$

$$I_{y2} = \left(\frac{3 * 47^3}{12}\right) + [(47 * 3) (26.5 - 11.13)^2]$$

$$I_{y2} = 59265.15 \text{ mm}^4$$

$$I_{y2} = 0.142 \text{ in}^4$$

$$I_{y3} = I_{A3} + Ad^2$$

$$I_{y3} = \left(\frac{3 * 47^3}{12}\right) + [(47 * 3) (26.5 - 11.13)^2]$$

$$I_{y3} = 59265.1 \text{ mm}^4$$

$$I_{y3} = 0.142 \text{ in}^4$$

$$I_{yT} = I_{y1} + I_{y2} + I_{y3}$$

$$I_{yT} = 0.101 \text{ in}^4 + 0.142 \text{ in}^4 + 0.142 \text{ in}^4$$

$$I_{yT} = 0.386 \text{ in}^4$$

## Diagrama de la viga

Véase Fig. 52

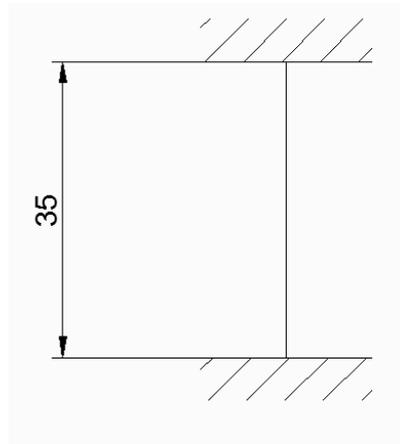


Fig. 52 Centro de gravedad Perfil U

Fuente: Autor

K es un valor obtenido de tabla por el tipo de apoyo véase en la tabla 10.

Tabla 10 Valores de k para columnas aisladas

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Las líneas interrumpidas muestran la forma pandeada de la columna						
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son parecidas a las ideales	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo						
	Rotación y traslación impedidos	Rotación libre y traslación impedida	Rotación impedida y traslación libre	Rotación y traslación libres		

Fuente: AISC, 1986, Steel Construction, Treceava Edición, P 6-151

$$K = 0.65^{46}$$

$$F_y = 36 \text{ ksi}$$

Para calcular el  $r_{min}$  se utiliza la ecuación 24.

$$r_{min} = \sqrt{\frac{I_{yy}}{A}}$$

$$r_{min} = \sqrt{\frac{0.386 \text{ in}^4}{1.134 \text{ in}^2}}$$

$$r_{min} = 0.583 \text{ in}$$

$$\mathbf{r_{min} = 14.8 \text{ mm}}$$

Para calcular la esbeltez se utiliza la ecuación 23.

$$\lambda = \frac{K * L}{r_{min}}$$

$$\lambda = \frac{0.65 * 35 \text{ mm}}{14.8 \text{ mm}}$$

$$\lambda = 1.53$$

Con este dato se busca en tablas para saber la mayor fuerza que puede ser aplicada sobre dicha viga.

Con estos datos se busca en tablas  $\lambda$  y  $F_y$

$$F_a = 21 \text{ ksi}^{47}$$

---

<sup>46</sup>AISC, Steel Construction, Treceava Edición, P 240

<sup>47</sup>AISC, Steel Construction, Treceava Edición, tabla 4 – 22 P. 319

Para encontrar la carga máxima se utiliza la ecuación 25.

$$P = F * A$$

$$P = 20 \frac{\text{klb}}{\text{in}^2} * 1.134 \text{ in}^2$$

$$P = 22.68 \text{ klb}$$

Esta es la máxima carga que puede ser aplicada por lo tanto este perfil cumple con las características solicitadas.

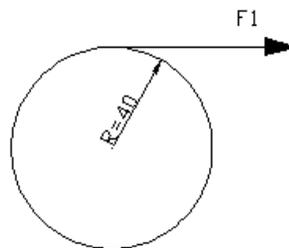
### 3.7 Cálculo del motor eléctrico.

Para el cálculo del motor eléctrico se debe considerar el torque que tiene que realizar el motor para vencer la inercia provocada por las cargas existentes en el túnel de secado y así empezar a moverse.

El torque que debe vencer el motor está compuesto por dos torques provocados entre el eje y la parte interna del rodillo y entre la parte externa del rodillo y la banda de teflón.

- Torque provocado entre el eje y la parte interna del rodillo:

Este torque se produce entre dos superficies de acero en contacto (Véase Fig. 52).



**Fig. 53 Fuerza de rozamiento entre el eje y la parte interna del rodillo**

**Fuente:** Autor

La fuerza F1 será igual a la fuerza de rozamiento entre las dos superficies de acero y se calcula con la ecuación 26.

$$F_r = \mu \times N$$

Donde:

$\mu = 0.74$  *coeficiente de rozamiento acero acero*

$N$  = Fuerza normal obtenida de la balanza

$$F_1 = 0,74 \times 12Kg \times \frac{9,8 N}{1Kg}$$

$$F_1 = 87.024 N$$

Aplicando la ecuación 27.

$$T_1 = F_1 \times d$$

$$T_1 = 87.024 N \times 0,0095 m$$

$$T_1 = 0,83 Nm$$

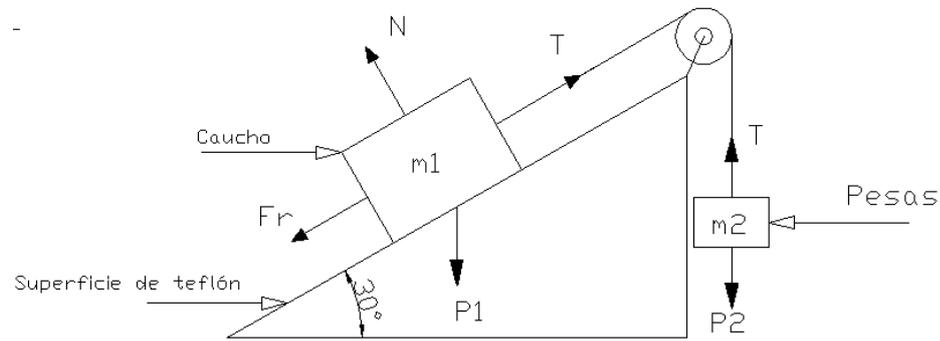
- Torque entre la parte externa del rodillo y la banda de teflón.

Por no encontrar el coeficiente de rozamiento estático entre el caucho y el teflón se realiza un ensayo en un plano inclinado con un pedazo de caucho y una superficie de teflón, hasta obtener el momento en el que el pedazo de caucho empieza a moverse y de esta manera determinar el coeficiente de rozamiento estático.

Para determinar el coeficiente de rozamiento (Véase Fig. 53) entre el caucho y el teflón se utiliza los siguientes materiales:

1. Plano inclinado a  $30^\circ$  con la parte superior recubierta de teflón
2. Pedazo de caucho de  $560g$  ( $m_1$ )
3. Polea ideal
4. Hilo de nylon

5. Soporte para pesas 150g ( $m_2$ )
6. Pesas de distintas medidas para determinar ( $m_3$ ).



**Fig. 54** Ensayo para calcular el coeficiente de rozamiento entre el caucho y el teflón

**Fuente:** Autor

Para realizar el cálculo del coeficiente de rozamiento se utiliza la ecuación 28.

$$\sum F = 0$$

$$T - fr - Px = 0$$

$$\mu = \frac{T - Px}{N}$$

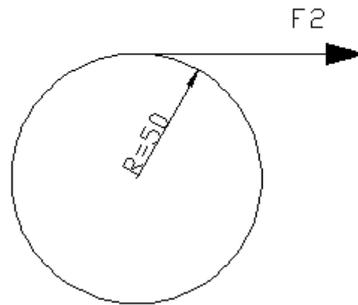
$$\mu = \frac{m_3 \times g - m_1 \times g \times \text{sen}30^0}{m_1 \times g \times \text{cos}30^0}$$

$$\mu = \frac{m_3 - m_1 \times \text{sen}30^0}{m_1 \times \text{cos}30^0}$$

$$\mu = \frac{m_3 - 0,28}{0,48}$$

$$\mu = 0,45$$

Este torque se produce entre una superficie de caucho y una superficie de teflón con un  $\mu$  igual a 0,45. Véase Fig. 54.



**Fig. 55 Fuerza de rozamiento entre el caucho y la banda de teflón**

**Fuente:** Autor

La fuerza  $F_2$  será igual a la fuerza de rozamiento entre las dos superficies y se calcula con la ecuación 26.

$$F_2 = \mu \times N$$

$$F_2 = 0,45 \times 4,1 \times 9,8$$

$$\mathbf{F_2 = 18,08 N}$$

Aplicando la ecuación 27.

$$T_2 = F \times d$$

$$T_2 = 18,08 N \times 0,05 m$$

$$T_2 = 0,904 Nm$$

El torque total que necesita vencer el motor eléctrico será igual a la suma de  $T_1$  y  $T_2$ .

$$T_t = T_1 + T_2$$

$$T_t = 0,83 + 0,904$$

$$\mathbf{T_t = 1,73 Nm}$$

La potencia del motor es proporcional a la velocidad angular del eje de transmisión, se utiliza la ecuación 29.

$$v = \omega \times R$$

$$\omega = 40 \text{ rad/s}$$

La potencia de motor se calcula con la ecuación 30.

$$P = T_t \times \omega$$

$$P = 1,73 \times 40$$

$$P = 69,2 \text{ W}$$

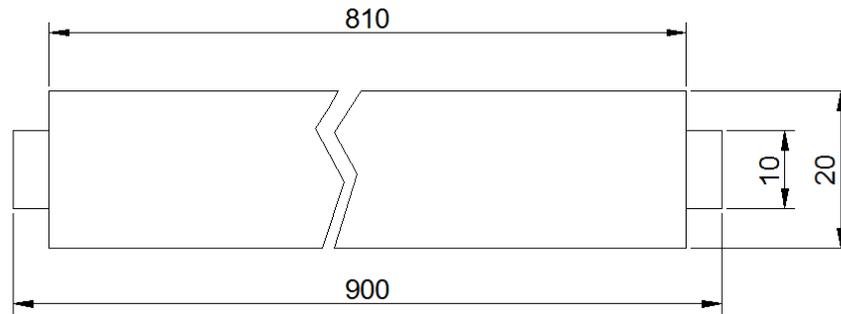
$$P = 0,1 \text{ HP}$$

Este valor indica que se necesita un motor con una potencia muy baja por esto se selecciona un motor de ½ HP por la facilidad de obtención en el mercado nacional.

### **3.8 Transferencia de calor.**

#### **Cálculo del calor emitido por la lámpara fluorescente.**

Para el cálculo del calor emitido por la lámpara fluorescente (Véase Fig. 55), se toma a este elemento como un dispositivo que transfiere calor por radiación.



**Fig. 56 Lámpara fluorescente**

**Fuente:** Autor

Se calcula el flujo de calor con la ecuación 31.

$$Q = \epsilon e * \sigma * A * (T_S^4 - T_{air}^4)$$

**Datos**

Q = ?

$\epsilon e = 0.94$

$\sigma = 5.67 * 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ k}^4$

$A = 0.81\text{m} * 0.02\text{m} = 0.0162\text{m}^2$

$T_S = 800 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_{air} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

**Desarrollo**

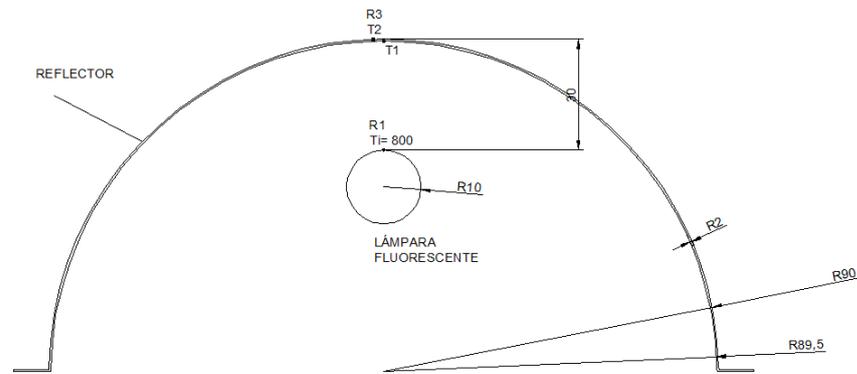
$$Q = \epsilon e * \sigma * A * (T_S^4 - T_{air}^4)$$

$$Q = 0.94 * (5.67 * 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ k}) * (0.0162 \text{ m}^2) * (((800 + 273) \text{ k})^4 - ((25 + 273) \text{ k})^4)$$

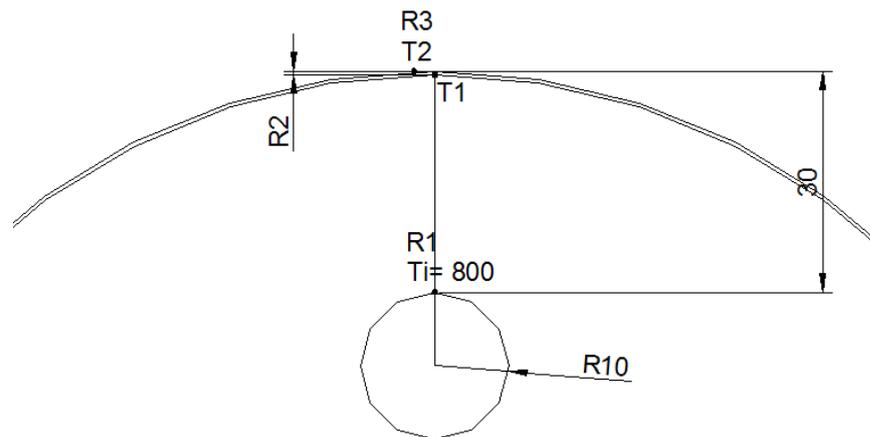
$$Q = 1137.71W$$

**Cálculo de la temperatura del reflector, en las diferentes superficies.**

Para este cálculo se toma al reflector como un cilindro hueco Fig. 56.



### Lámpara Fluorescente y Reflector



**Fig. 57 Vista amplia de reflector y lámpara fluorescente**

**Fuente: Autor**



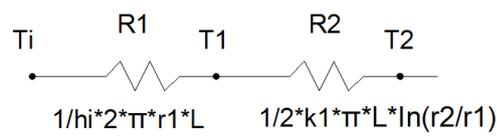
$$T1 = 1073k - 156.83k$$

$$T1 = 916.67 k$$

$$T1 = 643.67 C$$

### Calculo de T2

Diagrama de resistencia



$$Q = \frac{\Delta T}{R}$$

$$Q = \frac{T_i - T_1}{R_1 + R_2}$$

### Datos

Q = razón de flujo de calor, Btu/h ó W

T<sub>i</sub> = temperatura en la superficie exterior del fluorescente

T<sub>2</sub> = temperatura en la superficie exterior en el reflector

h<sub>i</sub> = coeficiente convectivo aire libre 15 w/m<sup>2</sup> C

k<sub>1</sub> = coeficiente conductivo del aluminio-titanio 177 w/m C<sup>49</sup>

r<sub>1</sub> = radio interior del reflector 89.5mm

---

<sup>49</sup>KARLEKAR B. - DESMOND R., Ibid, P. 764

$r_2 =$  radio exterior del reflector 90mm

$L =$  longitud del reflector 860mm

### Desarrollo

$$Q = \frac{T_i - T_2}{R_1 + R_2}$$

$$1137.71W = \frac{(800 + 273) - T_2}{\frac{1}{\frac{15W}{m^2k} * 2 * \pi * 0.0895m * 0.86m} + \frac{1}{2 * \frac{177W}{m^2k} * 0.86 * \pi * \ln \frac{0.09}{0.0895}}}$$

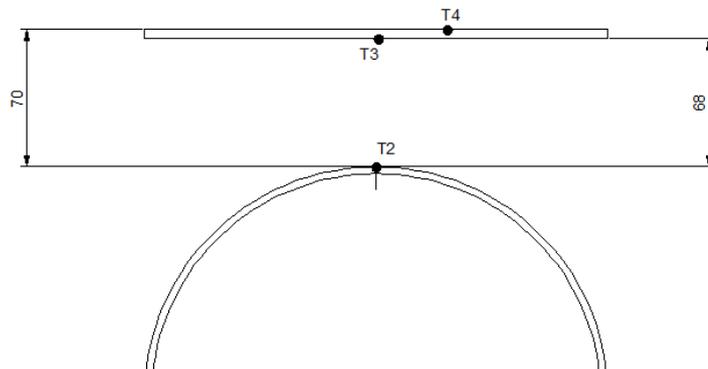
$$T_2 = 1073k - 370.36k$$

$$T_2 = 702.64 \text{ k}$$

$$T_2 = 429.64 \text{ C}$$

### Cálculo de la temperatura de la campana en la superficie exterior.

Se realiza el cálculo de la temperatura de la campana en sus diversas superficies (Véase Fig. 57).



**Fig. 58 Reflector y cubierta**

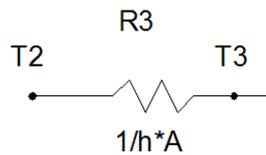
**Fuente: Autor**

Para determinar la temperatura en la cubierta se toma como una placa metálica.

### Calculo de T3

Diagrama de resistencia.

Se utiliza la ecuación 34.



$$Q = \frac{\Delta T}{R}$$

$$Q = \frac{T_2 - T_3}{\frac{1}{h \cdot A}}$$

### Datos

$Q$  = razón de flujo de calor, Btu/h ó W

$T_2$  = temperatura en la superficie exterior en el reflector

$T_3$  = temperatura en la superficie interior de la campana

$h_i$  = coeficiente convectivo aire libre  $15 \text{ w/m}^2 \text{ C}$

### Desarrollo

$$Q = \frac{T_2 - T_3}{R_3}$$

$$1137.71 \text{ W} = \frac{(429.64) - T_3}{\frac{1}{\frac{15 \text{ W}}{\text{m}^2 \text{ k}} * 0.28 \text{ m} * 0.92 \text{ m}}}$$

$$T_3 = 429.64 - 294.44$$

$$T_3 = 135.2 \text{ C}$$

### Calculo de T4

Diagrama de resistencia.

Se utiliza la ecuación 33 y ecuación 34.



$$Q = \frac{\Delta T}{R}$$

$$Q = \frac{T_2 - T_4}{R_3 + R_4}$$

### Datos

Q = razón de flujo de calor, Btu/h ó W

T<sub>2</sub> = temperatura en la superficie exterior en el reflector

T<sub>3</sub> = temperatura en la superficie interior de la campana

T<sub>4</sub> = temperatura en la superficie exterior de la campana

h = coeficiente convectivo aire libre 15 w/m<sup>2</sup> C

k = coeficiente conductivo del acero 43 w/m C

$$Q = \frac{T_2 - T_4}{R_1 + R_2}$$

$$1137.71W = \frac{(429.64) - T_4}{\frac{1}{\frac{15W}{m^2C} * 0.28m * 0.92m} + \frac{0.002}{43 \frac{W}{mC} * 0.28m * 0.92m}}$$

$$T_4 = 429.64 \text{ c} - 294.65 \text{ c}$$

$$\mathbf{T_4 = 134.99 \text{ C}}$$

La temperatura en la superficie exterior de la campana es de 134.99 C, por este motivo se colocaran ventiladores en la superficie de la campana, ya que dicha superficie se encuentra expuesta y los operarios pueden sufrir quemaduras.

Con la ayuda de los ventiladores se busca llegar a la temperatura estándar 25C entonces se realiza el cálculo para determinar cuántos ventiladores se necesita, por medio de convección forzada entre el ventilador y la superficie exterior de la campana para esto se utiliza la ecuación 35.

$$Q = h_{promedio} A (T_W - T_{\infty})$$

Para este cálculo se toma un ventilador axial de 120\*120\*38 con este elemento se busca determinar si este dispositivo es el ideal o se necesita otro.

Datos del ventilador Véase Tabla 11.

**Tabla 11 Ventilador axial AC AXIAL FAN**



# AC AXIAL FAN

**size 120 x 120 x 38mm**

Impeller: Metallic  
 Frame: Aluminum Alloy  
 Terminals: 0.5mm  
 Lead Wire: AWG#22 UL 1430(Optional)  
 Motor: Shaded Pole Induction Motor  
 Safety: UL.CUL.TUV.CE  
 Operation Temperature: -10°C ~ +70°C



Model	Bearing System	Voltage VAC	Freq.	Current	Power	Speed	Sound Level	Maximum Air Flow	Maximum Static Pressure	Weight	
Part NO	B / S / F	VAC	HZ	A	W	rpm	dBA	m3/hr	CFM	mm-H2O	g
RAH1238B1(7BM)	Ball	220~240	50/60	0.2	28/24	2600/3000	40/44	165/189	97/111	7.4/9.3	660
RAM1238B1(7BM)	Ball	220~240	50/60	0.16	16/15	2400/2700	39/42	155/170	91/100	6.2/7.0	660
RAL1238B1(7BM)	Ball	220~240	50/60	0.10	12/11	2100/2400	35/38	133/135	78/91	3.5/4.3	660
RAH1238B2(7BM)	Ball	100~125	50/60	0.3	29/24	2600/3000	40/44	165/189	97/111	7.4/9.3	660
RAM1238B2(7BM)	Ball	100~125	50/60	0.25	19/11	2400/2700	39/42	155/170	91/100	6.2/7.0	660
RAL1238B2(7BM)	Ball	100~125	50/60	0.2	14/13	2100/2400	35/38	133/155	78/91	3.5/4.3	660

**Fuente:** <http://pdf.directindustry.com/pdf/psc-motor-and-fan/ac-axial-fan/65875-194472.html>

Se tiene como datos la temperatura estándar 25 °C y la temperatura del aire libre de 13 grados que es la temperatura promedio de Quito, se utiliza la ecuación 36.

$$T_f = \frac{T_W - T_\infty}{2}$$

$$T_W = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_\infty = 13 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_f = \frac{25 - 13}{2}$$

$$T_f = 19 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_f = 292 \text{ }^\circ\text{K}$$

Con esta temperatura se encuentra los siguientes datos (Véase tabla 12):

**Datos:**

$$C_p = 1005.75 \text{ J/Kg}\cdot\text{k}$$

$$\nu = 15.68 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K = 0.02624 \text{ W/m}\cdot\text{k}$$

$$Pr = 0.708$$

**Tabla 12 Valores de propiedades de gases a presión atmosférica (Sistema de Unidades SI) Aire**

<b>T °K</b>	<b><math>\rho</math> Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>C<sub>p</sub> J/Kg*k</b>	<b><math>\nu</math> m<sup>2</sup>/s</b>	<b>K W/m*k</b>	<b>Pr</b>
100	3.6010	1.0266	1.923	0.009246	0.7
150	2.3675	1.0099	4.343	0.013735	0.753
200	1.7684	1.0061	7.490	0.01809	0.739
250	1.4128	1.0053	9.49	0.02227	0.722
300	1.1774	1.0057	15.68	0.02624	0.708
350	0.9980	1.0090	20.76	0.03003	0.708
400	0.8826	1.0140	25.90	0.03365	0.689
450	0.7833	1.0207	28.86	0.03707	0.683

**Fuente:** KARLEKAR B. - DESMOND R., Transferencia de Calor\_México, Impresora Publi-Mex S.A., 1995. P. 772

Se utiliza la ecuación 37 para calcular en número de Reynolds.

$$Re_L = \frac{u_\infty \cdot L}{\nu}$$

Pero antes se debe determinar la velocidad del aire a partir del ventilador designado.

### Datos del ventilador

$$\text{rpm} = 2500\text{rpm} = 261.8 \text{ rad/s}$$

$$\text{caudal} = 165 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$R = 60\text{mm}$$

Para obtener la velocidad lineal se utiliza la ecuación 29.

$$v = \omega \times R$$

$$v = 261.8 \text{ rad/s} \times 0.06\text{m}$$

$$v = 15.71 \text{ m/s} = u_\infty$$

$$Re_L = \frac{15.71\text{m/s} * 0.92 \text{ m}}{15.68 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}}$$

$$Re_L = 921641$$

Por lo tanto el flujo es turbulento entonces se aplica la ecuación 38, para encontrar el coeficiente convectivo promedio.

$$h_{promedio} = \frac{K}{L} (0.036 Re_L^{\frac{4}{5}} - 836) Pr^{\frac{1}{3}}$$

$$h_{promedio} = \frac{0.02624 \frac{\text{W}}{\text{m} * \text{K}}}{0.92\text{m}} (0.036(921641)^{\frac{4}{5}} - 836) 0.708^{\frac{1}{3}}$$

$$h_{promedio} = 32.81 \text{ w/m}^2\text{k}$$

Entonces se utiliza la ecuación 35 para obtener la potencia necesaria para mantener la placa a una temperatura de 25 C.

$$Q = h_{promedio} A (T_W - T_{\infty})$$

$$Q = 32.81 \text{ w/m}^2\text{k} (0.92\text{m} * 0.28\text{m}) ((25 + 273) - (13 + 273))$$

$$Q = 101.4 \text{ w}$$

Se necesita una potencia de 101.4 w para mantener la placa a una temperatura de 25 C, pero cada ventilador genera 29w. Por lo tanto se necesita 4 ventiladores.

### **3.9 Selección de la chumacera.**

Para la selección de la chumacera se toma en cuenta el diámetro calculado (3/4), y de esta manera se busca en el catálogo de SKF una chumacera de bola y de pared debido a que se tiene un perfil UPE. (Ver anexo 4).

### **3.10 Selección de la chaveta para el eje del rodillo.**

Para la selección de la chaveta se utiliza la tabla del almacén J y M los cuales poseen a la venta varios elementos mecánicos. (Ver anexo 4).

Y de esta manera se selecciona una chaveta de 1/4 in que es la más adecuada para el diámetro del eje obtenido.

## CAPÍTULO IV

### COSTOS.

En el siguiente análisis económico se dará una descripción general de todos los gastos realizados para obtener el valor de la inversión realizada en el diseño y construcción de la máquina.

Para el estudio de costos se toma en cuenta los gastos por materiales, mano de obra, equipos o maquinarias utilizados y transporte, los mismos que se detallan a continuación.

#### 4.1 Costos de materiales y accesorios mecánicos.

Los costos de materiales y accesorios de máquina se detallan en la tabla 13.

**Tabla 13 Costos de materiales y accesorios mecánicos**

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario USD</b>	<b>Costo USD Sin el IVA</b>
Chumacera de pared de 3/4"	2 unidades	18.00	36
Chumacera tensora	2 unidades	20.00	40
Perno de acero hexagonal M6 x 30	2 unidades	0.35	0.70
Perno de acero hexagonal M4 x 12	16 unidades	0.12	1.92
Perno de acero hexagonal M8 x 35	8 unidades	0.54	4.32
Perno de acero hexagonal M6 x 60	4 unidades	0.65	2.60
Perno de acero cabeza hexagonal	4 unidades	0.80	3.20

M10x25			
Prisioneros de acero M6 x 12	2 unidades	0.15	0.30
Prisioneros de acero M6 x 8	4 unidades	0.20	0.80
Prisioneros de acero M6 x 15	2 unidades	0.18	0.36
Tuerca de acero M 19	2 unidades	1.50	3.00
Tuerca arandela de acero M 10	4 unidades	0.80	3.20
Tuerca M 8	2 unidades	0.75	1.50
Arandela de acero para M 8	4 unidades	0.20	0.80
Tornillo de acero M 19	1 metro	10.00	10.00
Tornillo cole pato de 6 mm	20 unidades	0.15	3.00
Plancha de acero de 2400 x 1800 x 2	3 unidades	67.00	201.00
Plancha de acero de 2400 x 1800 x 1.1	2 unidades	52.00	104.00
Perfil en U 150 x 50 x 3	14 metros	56.00	130.66
Tubo cuadrado 20 x 20 x 2 (longitud =6m)	2 unidades	35.00	70.00
Tubo rectangular 40 x 20 x 2	2 metros	6.00	12.00
Tubo rectangular 80 x 20 x 2	2 metros	7.50	15.00
Varilla cuadrada 20 x 15	1 metros	40.00	40.00
Chaveta 11 x 11	1 metros	11.00	11.00
Eje hueco $\phi$ 80 mm x 3mm	2metros	22.50	45.00
Eje $\phi$ 20 mm	1metros	20.00	20.00
Polea $\phi$ 110 x 30	1 unidad	70.00	70.00
Polea $\phi$ 36 x 80	1 unidad	40.00	40.00
Banda dentada de 500 L0 50	1 unidad	18.00	18.00
Banda transportadora de teflón	1 unidad	600.00	600.00
Pintura	1 Litro	20.00	20.00
Macilla	1 Libra	5.00	5.00
TOTAL (USD)			1513.36

**Fuente:** Autor

#### 4.2 Costos de materiales y accesorios eléctricos.

Los costos de materiales y accesorios eléctricos de la máquina se detallan en la tabla 14.

**Tabla 14 Costos de materiales y accesorios eléctricos**

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario USD</b>	<b>Costo USD Sin el IVA</b>
Motor 220 V – ½ HP	1 unidad	100.00	100.00
Transformador de alta tensión	1 unidad	1500.00	1500.00
Panel de control	1 unidad	500.00	500.00
Lámpara fluorescente UV	1 unidad	320.00	320.00
<b>TOTA (USD)</b>			<b>2420</b>

**Fuente:** Autor

El costo total de materiales tanto mecánicos como eléctricos (ver tabla 15) para la máquina es:

**Tabla 15 Costo total de materiales para la máquina túnel se secado de barniz mediante rayos UV**

<b>Materiales</b>	<b>Costo (USD) Sin el IVA</b>
Mecánicos	1694.96
Eléctricos	2710.40
<b>Total</b>	<b>4405.36</b>

**Fuente:** Autor

### 4.3 Costo por maquinaria y equipos utilizado.

El costo por la maquinaria y los equipos utilizados en la construcción de la máquina se detallan en la tabla 16.

**Tabla 16 Costo por maquinaria y equipos utilizados**

<b>Máquina/ herramienta</b>	<b>Costo/ hora USD</b>	<b>Horas equipo</b>	<b>Costo USD Sin el IVA</b>
Torno	10	10	100.00
Fresa	15	5	75.00
Soldadora eléctrica	30	4	120.00
Vulcanizadora	5	3	15.00
Taladro	10	2	20.00
Moladora	8	2	16.00
Herramienta manual	5 % Mano de obra		100.00
<b>TOTAL (USD)</b>			446.00

Fuente: Autor

### 4.4 Costo por mano de obra.

El costo por mano de obra de la máquina se puede ver en detalle en la tabla 17.

**Tabla 17 Costos por mano de obra**

<b>Trabajador</b>	<b>Salario/ hora</b>	<b>Horas hombre</b>	<b>Costo</b>
Maestro mecánico	2.00	224	448

Maestro eléctrico	3.00	112	336
<b>TOTAL (USD)</b>			784

**Fuente:** Autor

#### 4.5 Costo por transporte.

El detalle del costo total por transporte se puede ver en la tabla 18.

**Tabla 18 Costo por transporte**

<b>Transporte</b>	<b>Costo flete</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
Material al taller	8	1	8
Máquina a la imprenta “Don Bosco”	30	1	30
<b>TOTAL (USD)</b>			38

**Fuente:** Autor

#### 4.6 Costo total de la máquina.

El costo total de la construcción de la maquina túnel de secado de barniz mediante rayos ultravioletas corresponde a la suma total de los gastos por materiales, mano de obra, equipos o maquinarias utilizados y transporte y es de **USD 5825.52**

**CUADRO RESUMEN No 2**

<b>ELEMENTO</b>	<b>COSTO</b>
Accesorios mecánicos	1694.96
Accesorios eléctricos	2710.40
Maquinaria y equipo utilizado	499.52
Mano de obra	878.08
Transporte	42.56
<b>TOTAL</b>	<b>5825.52</b>

## CONCLUSIONES

- El objetivo principal se ha cumplido al diseñar y construir el túnel de secado de barniz mediante rayos ultravioletas (UV) que satisface los parámetros funcionales y requerimientos operacionales planteados al inicio de este proyecto.
- Con la implementación del túnel de secado de barniz mediante rayos ultravioletas (UV), se pudo concluir que las pérdidas por secado defectuoso del barniz han disminuido hasta en un 50 % mejorando este sistema notablemente.
- Los planos de la máquina cumplen con las normas de dibujo e indican todos los requerimientos necesarios para la construcción del túnel de secado de barniz mediante rayos UV.
- En el manual de operación se detallan todos los procedimientos que necesita el operador para manejar de forma eficaz el túnel de secado de barniz mediante rayos UV y obtener los mejores resultados de este.
- En el manual de mantenimiento se establecen todas las acciones preventivas que se deberán realizar de forma periódica para evitar el deterioro pronunciado del túnel de secado de barniz mediante rayos UV.
- Los anexos cuentan con información necesaria de los accesorios más importantes para el correcto funcionamiento del túnel de secado de barniz mediante rayos UV.

## RECOMENDACIONES

- Para el efectuar el diseño correcto de la maquina se debe estudiar los parámetros y requisitos funcionales de la máquina para que este sea un diseño eficiente y cumpla con el mecanismo de operación propuesto.
- En el desarrollo de los planos se debe asegurar que estos cumplan con las normas de dibujo exigidas además de elegir un programa de diseño como el autocad en el que se permita incluir todos los detalles constructivos necesarios.
- Tanto el manual de operaciones como el de mantenimiento debe incluir todos los requerimientos posibles que hay que cumplir para el funcionamiento y mantenimiento adecuados de la máquina.
- Es importante que los anexos incluyan información útil y completa de todo lo que se refiera a accesorios necesarios para el funcionamiento de la máquina.

## GLOSARIO

**Resina** Sustancia sólida o de consistencia pastosa, insoluble en el agua, soluble en el alcohol y en los aceites esenciales, y capaz de arder en contacto con el aire, obtenida naturalmente como producto que fluye de varias plantas.

**Máquina Offset:** La máquina offset es la máquina de impresión por medio del sistema offset o impresión offset.

**Impresión offset:** La impresión offset es un método de reproducción de documentos e imágenes sobre papel o materiales similares, que consiste en aplicar una tinta, generalmente oleosa, sobre una plancha metálica.

**Curado UV:** El curado UV es el efecto que produce la luz ultravioleta sobre tintas y barnices que reaccionan a la luz UV, puesto que estas al recibir las ondas de luz UV, pasan de estado líquido a estado sólido.

**Flebografía:** La flebografía es una técnica de impresión en relieve, y las zonas impresas de la forma están realzadas respecto de las zonas no impresas.

**Reprografías** La reprografía es un proceso que permite reproducir documentos impresos mediante técnicas como la fotocopia o la fotografía. Consiste en el traspaso de tinta a un soporte mediante presión, y tiene como objetivo final el de reproducir gráficamente la cantidad "n" de copias que sean iguales (reproducción masiva de piezas).

**Gramaje** Se llama gramaje al peso en gramos por metro cuadrado de un papel o cartón, que indica su grosor.

**Papel “craft”:** Papel de color marrón, de enorme resistencia, encolado con resina; empleado como papel para construcción.

**Solvente:** Dicho de una sustancia que puede disolver y producir con otra una mezcla homogénea.

**Saturación:** Es la intensidad de un matiz específico. Se basa en la pureza del color; un color muy saturado tiene un color vivo e intenso, mientras que un color menos saturado parece más descolorido y gris.

**Ganancia de punto:** La ganancia de punto es un fenómeno de la impresión industrial y de todo sistema de impresión incluyendo las artes gráficas (Offset, serigrafía, etc.) que se define como los puntos impresos más grandes de lo esperado.

**Reflexión especular:** La reflexión especular ocurre cuando los rayos luminosos que caen en una superficie reflectora muy plana son reflejados de modo que el ángulo incidente es igual al ángulo reflejado.

**Colimar:** Obtener un haz de rayos paralelos a partir de un foco luminoso.

**Vulcanización:** La vulcanización es un proceso mediante el cual se calienta el caucho crudo en presencia de azufre, con el fin de volverlo más duro y resistente al frío.

**Sustrato:** es el elemento donde se realiza el trabajo, este puede ser: papel, plástico, tela o metal.

**Volátil:** Significa que tiene un punto de ebullición sumamente bajo, en algunos casos este está a temperatura ambiente, algunos ejemplos son el etanol o alcohol etílico y la acetona.

**Epoxi:** Epoxi o poliepóxido es un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o endurecedor.

**Pigmentos:** Es un material que cambia el color de la luz que refleja como resultado de la absorción selectiva del color. Este proceso físico es diferente a la fluorescencia, la fosforescencia y otras formas de luminiscencia, en las cuales el propio material emite luz.

**Fotoiniciador:** Son aquellos elementos aromáticos, acrílicos que son mucho más sensibles a la energía radiante que otros, como los monómeros, que es una molécula de masa molecular muy pequeña y que unida a otros monómeros forman enlaces químicos y oligómeros que forman enlaces químicos al igual que los monómeros, pero sólo si se unen a moléculas diferentes entre sí, además son elementos no saturados.

## BIBLIOGRAFÍA

- AISC, Steel Construction, Treceava Edición.
- SHIGLEY Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, McGRAW-HILL, México 2003.
- WEASY, Robert, Manual de fórmulas técnicas, Quinceava Edición, Editorial CRC, Georgia 1967.
- LARBURU, Nicolás, Prontuario de Máquinas, Tercera Edición, Editorial Paraninfo, España, 1991.
- KARLEKAR B. - DESMOND R., Transferencia de Calor, México, Impresora Publi-Mex S.A., 1995
- <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20061126170542AAQF019>
- [http://higher.ed.mcgrawhill.com/sites/dl/free/9701061039/468032/capitulo\\_muestra\\_estatica\\_9e\\_05m.pdf](http://higher.ed.mcgrawhill.com/sites/dl/free/9701061039/468032/capitulo_muestra_estatica_9e_05m.pdf)
- [http://hill.com/sites/dl/free/9701061039/468032/capitulo\\_muestra\\_estatica\\_9e\\_05m.pdf](http://hill.com/sites/dl/free/9701061039/468032/capitulo_muestra_estatica_9e_05m.pdf)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Segundo\\_momento\\_de\\_%C3%A1rea](http://es.wikipedia.org/wiki/Segundo_momento_de_%C3%A1rea)

- [http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din\\_rotacion/inercia/inercia.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/inercia/inercia.htm)
- <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd98/Fisica/02/froz.html>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Momento\\_de\\_fuerza](http://es.wikipedia.org/wiki/Momento_de_fuerza)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Movimiento\\_circular](http://es.wikipedia.org/wiki/Movimiento_circular)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Par\\_motor](http://es.wikipedia.org/wiki/Par_motor)
- <http://pdf.directindustry.com/pdf/psc-motor-and-fan/ac-axial-fan/65875-194472.html>