



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**Proyecto de Investigación**

**“DISEÑO DE UN SECADOR DE BANDA CONTINUA PARA ALGODÓN EN LA  
EMPRESA MAYORDENT”**

**Autor:**

Juan Diego Villarroel Tovar

**Tutor:**

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

**Auspiciante:**

Mayordent S.A.

**Latacunga - Ecuador**

**Agosto - 2017**



Ingeniería  
Electromecánica

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: **Juan Diego Villarroel Tovar** con numero de C.I. **050389574-0** con el título de Proyecto de investigación: **“DISEÑO DE UN SECADOR DE BANDA CONTINUA PARA ALGODÓN EN LA EMPRESA MAYORDENT”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Agosto del 2017

Para constancia firman:

LECTOR 1

Ing. Fabián Alejandro Cargua Colcha

CC: 060379767-1

LECTOR 2

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso

CC: I712813

LECTOR 3

Ing. Luis Rolando Cruz Panchi

CC: 050259517-6



Ingeniería  
Electromecánica

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo **Juan Diego Villarroel Tovar** declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“DISEÑO DE UN SECADOR DE BANDA CONTINUA PARA ALGODÓN EN LA EMPRESA MAYORDENT”**, siendo tutor el Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....  
**Juan Diego Villarroel Tovar**

CC: 050389574-0



Ingeniería  
Electromecánica

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“DISEÑO DE UN SECADOR DE BANDA CONTINUA PARA ALGODÓN EN LA EMPRESA MAYORDENT”**, de **Juan Diego Villarroel Tovar**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Agosto, 2017

Tutor

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

CC: 050215089-9



## **AVAL DE CONFORMIDAD DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Mediante el presente, se constata que el Sr. Villarroel Tovar Juan Diego con C.C. 050389574-0, estudiante de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Realizo el estudio titulado: **“DISEÑO DE UN SECADOR DE BANDA CONTINUA PARA ALGODÓN EN LA EMPRESA MAYORDENT”**. En la planta ubicada en Calacali Av. Manuel Cordova Galarza en la ciudad de Quito recibiendo la aprobación y conformidad de la empresa en cuanto al mismo.

Se autoriza al interesado hacer del presente documento el uso legal que más convenga.

Ing. Juan Marcelo Villarroel Tovar

**Jefe de producción Mayordent S.A.**

**C.C.: 050335233-8**

Juan Diego Villarroel Tovar

**Autor del estudio**

**C.C.: 050389574-0**

Quito, agosto del 2017

Planta:  
Calacali Av. Manuel Cordova Galarza S/N  
( Pasando la Y Vie Los Bancos)  
Teléfono: 2306558

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios por darme la sabiduría y el temple necesario para llevar con éxito mis estudios universitarios y este proyecto de investigación además de bendecirme en cada paso que doy, agradezco a mis padres quienes son fuente inagotable de apoyo incondicional, amor, valores y coraje.

A mi hijo quien es mi inspiración y motivación, gracias a mis hermanos quienes me han brindado su apoyo y un ejemplo valioso para mi formación como persona y profesional.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi quien me brindó la oportunidad de alcanzar este objetivo de mi vida y a sus docentes quienes han sido una guía, amigos y orientadores en mi formación como profesional.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico primeramente a Dios quien me ha orientado y bendecido en cada aspecto de mi vida, así mismo lo dedico mi hijo por ser mi motivación y mi fortaleza también a mi padre y mi madre quienes me han brindado todo para mi crecimiento como persona y profesional y a mis hermanos por su apoyo incondicional.

*Juan Diego*

## ÍNDICE

<b>1. INFORMACIÓN GENERAL</b> .....	1
<b>2. RESUMEN DEL PROYECTO</b> .....	2
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	3
<b>4. BENEFICIARIOS</b> .....	3
<b>5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	3
<b>6. OBJETIVOS</b> .....	3
<b>7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS</b> .....	4
<b>8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA</b> .....	5
<b>Algodón</b> .....	5
<b>Algodón hidrófilo</b> .....	5
<b>Parámetros de las fibras de algodón</b> .....	7
<b>Longitud de Fibra</b> .....	7
<b>Uniformidad de la Longitud</b> .....	8
<b>Resistencia de Fibra</b> .....	8
<b>Acondicionamiento del Laboratorio</b> .....	9
<b>Acondicionamiento de la Muestra</b> .....	9
<b>Tipos de secador</b> .....	10
<b>Secador de Túnel de calor directo</b> .....	10
<b>Secador de Túnel de calor indirecto</b> .....	11
<b>Secador de Túnel Eléctrico</b> .....	11
<b>Secador de Túnel de Impacto de Aire o convector</b> .....	12
<b>Secador de túnel de tubo radiante</b> .....	12
<b>Secador de túnel de aceite térmico</b> .....	13
<b>Secador de túnel de combustible dual</b> .....	13



Secador de túnel infrarrojo .....	14
Combustibles que se pueden usar en el sistema .....	14
Gas licuado de petróleo.....	15
<b>Diseño de equipos y máquinas .....</b>	<b>16</b>
<b>Diseño conceptual.....</b>	<b>16</b>
<b>Diseño en detalle .....</b>	<b>16</b>
<b>Diseño electromecánico.....</b>	<b>16</b>
<b>Componentes mecánicos.....</b>	<b>17</b>
<b>Ventilador y sus tipos.....</b>	<b>17</b>
<b>Caudal del ventilador.....</b>	<b>19</b>
<b>Quemadores .....</b>	<b>20</b>
<b>Estudio del secado de algodón .....</b>	<b>21</b>
<b>Secado.....</b>	<b>21</b>
<b>Temperatura para el secado de algodón .....</b>	<b>21</b>
<b>Proceso de secado .....</b>	<b>22</b>
<b>Aislante térmico.....</b>	<b>25</b>
<b>Tipos de aislantes térmicos .....</b>	<b>26</b>
<b>Estructuras.....</b>	<b>29</b>
<b>Estructuras metálicas.....</b>	<b>29</b>
<b>Unión de estructuras metálicas .....</b>	<b>30</b>
<b>Soldadura .....</b>	<b>30</b>
<b>Banda transportadora de doble cadena .....</b>	<b>33</b>
<b>Partes del mecanismo cadena - piñón.....</b>	<b>34</b>
<b>Motorreductor .....</b>	<b>34</b>
<b>Par o torque en un motorreductor .....</b>	<b>36</b>
<b>Componentes eléctricos .....</b>	<b>36</b>
<b>Motor eléctrico .....</b>	<b>36</b>

<b>Componentes electrónicos</b> .....	37
<b>Termopar</b> .....	37
<b>Medidor de humedad de material</b> .....	38
<b>Diseño experimental</b> .....	38
<b>Población</b> .....	38
<b>Muestra</b> .....	39
<b>9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS</b> .....	39
<b>Hipótesis</b> .....	39
<b>Operacionalización de las variables</b> .....	39
<b>Variable independiente</b> .....	39
<b>Variable dependiente</b> .....	40
<b>10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL</b> .....	40
<b>Definiciones preliminares</b> .....	40
<b>Velocidad de secado</b> .....	45
<b>Periodo de secado a velocidad constante</b> .....	45
<b>Periodo de secado a velocidad decreciente</b> .....	46
<b>Tiempo de secado</b> .....	46
<b>Tiempo de secado a velocidad constante</b> .....	47
<b>Tiempo de secado a velocidad decreciente</b> .....	47
<b>Perdidas de presión a través del lecho de algodón</b> .....	48
<b>Energía y tiempo requerido para calentar un volumen de aire</b> .....	48
<b>Tiempo empleado por el quemador para calentar el volumen de aire de la cámara de secado</b> .....	49
<b>Ganancia de calor a través de una superficie</b> .....	49
<b>Diámetro de piñón</b> .....	50
<b>Relación de transmisión</b> .....	50
<b>Memoria de cálculo y dimensionamiento del secador.</b> .....	51

Datos para el cálculo .....	51
Selección del tipo de secador y combustible .....	51
Determinación de la temperatura de secado .....	52
Determinación del ventilador y el caudal requerido para el sistema .....	52
Dimensionamiento y selección del quemador .....	52
Dimensionamiento y selección del aislante térmico .....	53
Dimensionamiento y selección de la estructura.....	53
Selección de la banda y sus componentes.....	54
Calculo de la velocidad y el tiempo de secado .....	54
Sensores para medición de temperatura y humedad.....	55
<b>Modalidad y tipo de investigación.....</b>	<b>55</b>
<b>Modalidad de la investigación.....</b>	<b>56</b>
<b>Nivel o tipo de investigación .....</b>	<b>56</b>
<b>Población y muestra.....</b>	<b>56</b>
<b>Población.....</b>	<b>56</b>
<b>Muestra .....</b>	<b>56</b>
<b>Recolección de la información .....</b>	<b>57</b>
<b>11. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....</b>	<b>57</b>
<b>Análisis e interpretación de los resultados.....</b>	<b>57</b>
<b>Masa a secar y cantidad de agua a eliminar .....</b>	<b>58</b>
<b>Parámetros técnicos del aire .....</b>	<b>58</b>
<b>Tipo de secador y combustible .....</b>	<b>58</b>
<b>Temperatura de secado.....</b>	<b>60</b>
<b>Tipo de ventilador .....</b>	<b>60</b>
<b>Caudal de aire y altura de apilamiento de algodón.....</b>	<b>60</b>
<b>Quemador .....</b>	<b>61</b>
<b>Espesor de aislamiento térmico.....</b>	<b>62</b>

<b>Dimensionamiento y selección de la estructura</b> .....	62
<b>Determinación de la banda y sus componentes</b> .....	63
<b>Tiempo y velocidad de secado</b> .....	65
<b>Sensor de temperatura y humedad</b> .....	69
<b>Tamaño de muestra</b> .....	69
<b>Análisis de experimentación en el secado de algodón.</b> .....	69
<b>Propuesta del proyecto</b> .....	73
<b>Diseño conceptual</b> .....	74
<b>Diseño en detalle</b> .....	75
<b>Ingeniería en detalle</b> .....	75
<b>Verificación de la hipótesis</b> .....	79
<b>12. IMPACTOS</b> .....	80
<b>13. VALORACIÓN ECONÓMICA Y/O PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTAR LA PROPUESTA DEL PROYECTO</b> .....	80
<b>14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	81
<b>15. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	82
<b>16. ANEXOS</b> .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Planta de Algodón.....	5
<b>Figura 2.</b> Algodón Hidrófilo.....	6
<b>Figura 3.</b> Secador Túnel de calor directo.....	10
<b>Figura 4.</b> Secador de Túnel de calor indirecto.....	11
<b>Figura 5.</b> Secador túnel eléctrico.....	11
<b>Figura 6.</b> Secador Túnel de Impacto de Aire o Convector.....	12
<b>Figura 7.</b> Secador de túnel de tubo radiante.....	13
<b>Figura 8.</b> Secador túnel de aceite térmico.....	13
<b>Figura 9.</b> Secador túnel de combustible dual.....	14
<b>Figura 10.</b> Secador de túnel infrarrojo.....	14
<b>Figura 11.</b> Convección en hornos.....	17
<b>Figura 12.</b> Configuración de rodets radial, semiaxial y axial.....	17
<b>Figura 13.</b> Tipos de alabes de ventilador centrifugo.....	18
<b>Figura 14.</b> Quemador atmosférico.....	20
<b>Figura 15.</b> Tiempo de secado en función del contenido de humedad.....	23
<b>Figura 16.</b> Velocidad de secado como función del contenido de humedad.....	23
<b>Figura 17.</b> Grafica humedad vs. Tiempo para algodón hidrófilo a 71°C.....	24
<b>Figura 18.</b> Poliestireno extruido.....	26
<b>Figura 19.</b> Poliestireno expandido.....	27
<b>Figura 20.</b> Lanas minerales.....	27
<b>Figura 21.</b> Lana de roca.....	28
<b>Figura 22.</b> Lana de vidrio.....	29
<b>Figura 23.</b> Principio de un motorreductor.....	35
<b>Figura 24.</b> Termopares.....	37
<b>Figura 25.</b> Medidor de humedad en material.....	38
<b>Figura 26.</b> Curva de equilibrio higroscópico de algodón $T= 65^{\circ}\text{c} = 338^{\circ}\text{k}$ .....	44
<b>Figura 27.</b> Plan para recolección de información.....	57
<b>Figura 28.</b> Análisis de estructura.....	63
<b>Figura 29.</b> Prueba de secado 1.....	71
<b>Figura 30.</b> Prueba de secado 2.....	72
<b>Figura 31.</b> Humedad vs. Tiempo para el secado de algodón a distintas temperaturas.....	73

<b>Figura 32.</b> Bosquejo del secador de banda continua .....	74
<b>Figura 33.</b> Partes principales del secador de banda continua .....	74
<b>Figura 34.</b> Turbina centrífuga radial.....	75
<b>Figura 35.</b> Estructura y cámara de secado .....	76
<b>Figura 36.</b> Chimenea de la cámara de secado.....	76
<b>Figura 37.</b> Quemadores para la cámara de secado .....	77
<b>Figura 38.</b> Banda transportadora con carga.....	77
<b>Figura 39.</b> Recubrimiento de aislante térmico.....	78
<b>Figura 40.</b> Simulación del secador de banda continua para algodón .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Conversión de longitud de algodón.....	7
<b>Tabla 2:</b> Grado de uniformidad de fibras de algodón.....	8
<b>Tabla 3:</b> Grado de resistencia de la fibra.....	9
<b>Tabla 4:</b> Determinación de la temperatura de secado.....	21
<b>Tabla 5:</b> Tabla de datos del secado de algodón.....	25
<b>Tabla 6:</b> Operacionalización de variable independiente.....	39
<b>Tabla 7:</b> Operacionalización de la variable dependiente.....	40
<b>Tabla 8:</b> Valores de las constantes C1 y C2 para varios productos agrícolas.....	44
<b>Tabla 9:</b> Caracterización de secadores.....	59
<b>Tabla 10:</b> Análisis de pruebas de secado a distinta temperatura.....	70
<b>Tabla 11:</b> Tabla promedio de resultados de secado.....	73
<b>Tabla 12:</b> Tabla de tiempos y humedad.....	79
<b>Tabla 13:</b> Presupuesto para implementación y estudio del proyecto.....	80

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITULO:** “DISEÑO DE UN SECADOR DE BANDA CONTINUA PARA ALGODÓN EN LA EMPRESA MAYORDENT”

**Autor:** Juan Diego Villarroel Tovar

### RESUMEN

Se realizó el diseño y dimensionamiento de un secador de banda continua para algodón hidrófilo puesto que existe la necesidad de reducir el tiempo del proceso efectuado en el área de secado de algodón debido a que el sistema existente es una cámara de secado con intercambiadores de calor cuya fuente de energía es un vapor de caldero lo que limita la capacidad de secado que no es eficiente al tener un volumen de 40 metros cúbicos aproximadamente puesto que fue diseñado para el secado de mechas de algodón por lo que consume muchos recursos para obtener la temperatura deseada y la distribución de la temperatura no es uniforme ya que es necesario voltear los lotes ubicados en las bandejas de secado para así poder retirar la humedad del lote uniformemente lo que provoca que el tiempo de secado se extienda hasta cuatro horas en un lote de cuarenta kilos de algodón húmedo al 40% de humedad a su vez también ocurre que al realizar la carga y descarga de los mismos consume mucho tiempo. El diseño del secador de banda continua para algodón hidrófilo permite tener una reducción del tiempo de secado de una hora para un lote de treinta kilos de producto húmedo a 40% de humedad inicial dejándolo con una humedad final de 7% a 10% a su vez con el estudio y experimentación se llegó a la conclusión que variando la temperatura de secado se pudo obtener reducciones en el tiempo de secado siendo los parámetros más importantes para el secado la altura de lecho de algodón y la temperatura.

**Palabras clave:** Algodón, Hidrófilo, Secado, Temperatura, Humedad.



**COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY**  
**FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED**

**TITLE:** "DESIGN OF A CONTINUOUS BAND DRYER FOR COTTON IN THE MAYORDENT COMPANY"

**Author:** Juan Diego Villarroel Tovar

**ABSTRACT**

The design and dimensioning of a continuous band dryer for hydrophilic cotton was performed since there is a need to reduce the processing time in the cotton drying area because the existing system is a drying chamber with heat exchangers whose energy source is a cauldron steam which limits drying capacity which is not efficient because the chamber have a volume of approximately 40 cubic meters this chamber was designed for the drying of cotton wicks so it consumes many resources to obtain the desired temperature And the temperature distribution is not uniform it is necessary to turn the batches located in the drying trays so that moisture can be removed from the lot evenly, which causes that the drying time extend up to four hours in a lot of forty kilos of wet cotton at 40% of initial humidity in turn also happens that loading and unloading of the lots consumes a lot of time. The design of the hydrophilic cotton web dryer allows a reduction of the drying time of one hour for a batch of thirty kilos of wet product to 40% initial moisture leaving it with a final moisture of 7% to 10% in turn with the study and experimentation it was concluded that by varying the drying temperature it was possible to obtain reductions in drying time, the most important drying parameters are the cotton bed height and temperature.

**Keywords:** Cotton, Hydrophilic, Drying, Temperature, Humidity.



## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **VILLARROEL TOVAR JUAN DIEGO**, cuyo título versa “**DISEÑO DE UN SECADOR DE BANDA CONTINUA PARA ALGODÓN EN LA EMPRESA MAYORDENT**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, agosto del 2017

Atentamente,

Lic. Marcia Chiluisa  
**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**  
C.C. 0502214307

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:** Diseño de un secador de banda continua para algodón en la empresa Mayordent

**Fecha de inicio:** 10 de octubre del 2016

**Fecha de finalización:** 9 de Agosto del 2017

**Lugar de ejecución:** Quito - Calacali

**Facultad que auspicia**

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Electromecánica

**Proyecto de investigación vinculado:**

**Equipo de Trabajo:**

**Tutor del proyector de investigación:**

Nombres y Apellidos: Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

Celular: 0987294435

E-mail: hector.reinoso@utc.edu.ec

**Coordinador del trabajo:**

Nombres y Apellidos: Juan Diego Villarroel Tovar

Celular: 0987354608

E-mail: juan294vi@hotmail.com

**Área de Conocimiento:**

Electromecánica

**Línea de investigación:**

Procesos industriales

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Equipamiento tecnológico y mantenimiento electromecánico

Sistemas mecatrónicos y automatización industrial

Explotación eficiente de sistemas electromecánicos

**2. RESUMEN DEL PROYECTO**

Mayordent es una empresa dedicada a la producción y comercialización de algodón hidrófilo de uso médico en Ecuador tratándola desde su etapa de noil peinado que es producto del desperdicio del algodón usado en textileras el cual comienza su proceso de transformación pasando por un proceso químico que se realiza en una marmita en la cual se le retira impurezas y se define las características idóneas de capacidad de absorción y color para el producto posteriormente pasa a una máquina centrifugadora la cual retira el exceso de humedad de la misma para luego someterlo al secado en una cámara la misma que cuenta con intercambiadores de calor y ventiladores para circulación del flujo de aire y extractores de humedad para luego pasar estos lotes por una máquina abridora la cual deja listo al algodón para realizar las diversas presentaciones del producto siendo estas en forma de pellets o bultos así se logra el producto elaborado con una alta calidad con especial énfasis en el campo de la odontología siendo líderes nacionales en este mercado para esto en su producción cuenta con muchos procesos los cuales se realizan con altos estándares de calidad. La empresa requiere reducir el tiempo del proceso efectuado en el área de secado de algodón debido a que el sistema existente es una cámara de secado con intercambiadores de calor cuya fuente de energía es un vapor de caldero lo que limita la capacidad de secado que no es eficiente al tener un volumen de 40 metros cúbicos aproximadamente puesto que fue diseñado para el secado de mechas de algodón por lo que consume muchos recursos para obtener la temperatura deseada y la distribución de la temperatura no es uniforme ya que es necesario voltear los lotes ubicados en las bandejas de secado para así poder retirar la humedad del lote uniformemente lo que provoca que el tiempo de secado se extienda hasta cuatro horas en un lote de cuarenta kilos de algodón húmedo al 40% de humedad dificultando su repotenciación también ocurre que al realizar la carga y descarga de los mismos consume mucho tiempo así mismo como el tiempo para lograr la humedad requerida para su posterior procesamiento, además que esta carga es limitada por la capacidad de la cámara por ende no abastece la demanda adecuada provocando un cuello de botella en la producción del mismo en esta área

por lo que es necesario el diseño de un secador de banda continua para su aplicación y así mejorar los tiempos de producción y secado.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La importancia de mejorar y optimizar procesos industriales es fundamental para el desarrollo de la industria ecuatoriana, al proporcionar una mayor calidad en los productos y abastecer satisfactoriamente la demanda del mercado se logra tener mayor competitividad en mercados tanto nacionales como internacionales y entrar así mismo en nuevos mercados, siendo la empresa Mayordent quien tomará ventaja de este proyecto su producción se beneficiará puesto que mejorara la eficacia dentro de uno de sus procesos el cual es el secado de algodón que con el actual sistema de secado tiene la falencia de tomar mucho tiempo según las estadísticas registradas en este proceso cuarenta kilos se secan en tres horas por lo cual es necesario optimizar este proceso con un secador de banda continua el mismo que nos permitirá tener una reducción del tiempo de secado a treinta kilos en una hora con una humedad final de 7% a 10% en base a la implementación de tecnología para el secado eficiente del mismo y los costos de producción en la empresa se reducirán al agilizar la producción final de algodón.

### **4. BENEFICIARIOS**

#### **Directos:**

- Empresa Mayordent

#### **Indirectos:**

- Comerciantes
- Dentistas

### **5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cómo mejorar el proceso de secado de algodón de manera eficiente y productiva mediante el diseño de un secador de banda continua en la empresa Mayordent?

### **6. OBJETIVOS**

#### **General**

- Diseñar un secador de banda continua para algodón para mejorar la producción en el área de secado de algodón en la empresa Mayordent.

### Específicos

- Investigar los parámetros óptimos para el secado de algodón en un tiempo dado.
- Diseñar un secador de banda continua para algodón con los respectivos criterios mecánicos, eléctricos y electrónicos necesarios para el control y funcionamiento del mismo.
- Realizar la simulación del funcionamiento del secador de banda continua con sus respectivos componentes.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la metodología
Investigar los parámetros óptimos para el secado de algodón en un tiempo dado.	Investigar en libros y en la web sobre los parámetros del secado de algodón	Tablas y curvas sobre los parámetros para lograr un secado óptimo de algodón.	Indagar información sobre la eficiencia para el secado de algodón como mejorarlo o potenciarlo y conocer el proceso de secado.
Diseñar un secador de banda continua para algodón con los respectivos criterios mecánicos, eléctricos y electrónicos necesarios para el control y funcionamiento del mismo.	Analizar los componentes que se pueden incorporar al secador de banda continua que estén disponibles en el mercado nacional para el correcto funcionamiento del sistema.	Informe de los elementos con los cuales se diseñara el secador de banda continua y diseño conceptual del secador en software de simulación.	Consulta en libros y la web para determinar los componentes necesarios para el diseño de un secador de banda continua, su costo y disponibilidad en el mercado.
Realizar la simulación del funcionamiento del secador de banda continua con sus respectivos componentes.	Realizar la simulación del secador de banda continua para algodón en un software de simulación	Diseño completo de un secador de banda continua para algodón.	Se investigara como dimensionar correctamente los parámetros para el secado de algodón en los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos del sistema para dimensionarlos en la simulación.

## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

Para la fundamentación científico técnica se analiza los siguientes puntos:

### Algodón

El algodón especie conocida también como *Gossypium* spp, es una planta de la familia Malvaceae pariente de la flor de Jamaica. De alrededor de 60 especies, cuatro se han domesticado independientemente en regiones distantes: el árbol de algodón, nativo de Asia meridional, el algodón de levante, proveniente de África del sur, el tecolutla, de origen en Sudamérica y el Coquimatlán de América Central. El algodón americano crece como arbusto pequeño de 1 a 2 metros de altura. Los tallos están ramificados. Florecen todo el año alrededor de cuatro flores por planta (CONABIO, 2001).

El algodón florece durante los meses de agosto, febrero y mayo; sus pétalos son de color blanco pajizo y pueden tener o carecer de manchas moradas en la base. Al segundo día se tornan rojizos y una vez que las flores son polinizadas por abejas o abejorros, principalmente, se vuelven caedizas. Después de al menos cuatro meses empieza la fructificación. Del fruto es de donde se adquieren las fibras que se hilan para hacer telas y confeccionar diversos productos. Los frutos maduran siguiendo una ruta en espiral: primero los que están ubicados en las ramas basales hasta los que se hallan en la región apical. Dentro de cada fruto hay aproximadamente 25 semillas. El cultivo de algodón requiere de altas temperaturas en los periodos iniciales y de mucha luz. Tiene dos ciclos, uno en verano y otro en otoño, aunque varía según el clima de la región donde se siembre. El cultivo de algodón se emplea principalmente para la industria textil (CONABIO, 2001).

*Figura 1.* Planta de Algodón



Fuente: biodiversidad.gob.mx

### Algodón hidrófilo

El algodón hidrófilo es fabricado a través de procesos de cardado de algodón, con el fin de eliminar impurezas y obtener una textura suave y sin asperezas. Después, el algodón pasa por

un proceso de blanqueamiento a altas temperaturas y presión de oxígeno puro, para eliminar motas, semillas y otros tipos de impurezas. El Algodón hidrófilo, algodón purificado o algodón absorbente está constituido por los pelos de las semillas de las variedades cultivadas de *Gossypium hirsutum* o de otras especies de *Gossypium*, libres de impurezas adheridas, desprovistos de materia grasa, blanqueados y esterilizados en su envase final. Las plantas producen cápsulas que cuando maduran se abren a lo largo de suturas longitudinales que exponen una masa de pelos blancos unidos a las semillas pardas. La masa de pelos (fibras de algodón) y semillas es recolectada y desmotada mediante un proceso mecánico destinado a eliminar la semilla (EcuRed, 2011).

Para obtener un algodón hidrófilo para uso quirúrgico, primero se carda para eliminar las impurezas grandes y los pelos cortos, después se lava con solución alcalina diluida para eliminar las sustancias grasas, se blanquea con hipoclorito de sodio, se lava con solución acidulada y después con agua, finalmente se seca y se vuelve a cardar en láminas planas. El algodón absorbente suele ser esterilizado una vez envasado. El algodón para uso textil es hilado en hebras y después pasa a los telares, o bien puede tratarse con diversas sustancias químicas para obtener telas como algodón mercerizado, rayones, etc (EcuRed, 2011).

El algodón hidrófilo se presenta en finos pelos filamentosos, blancos y suaves, que aparecen al microscopio, como bandas huecas, aplanadas y retorcidas, estriadas y ligeramente engrosadas en los bordes. Los pelos son unicelulares y no glandulares y miden de 2,5 a 4,5 cm de longitud por 25 a 35 micrones de diámetro. El algodón es casi inodoro y casi insípido. Se emplea como apósito quirúrgico, sirve para absorber sangre, mucus o pus, como protector mecánico y para impedir que las bacterias infecten a las heridas. El algodón se emplea comercialmente en la industria textil y en la obtención de celulosa pura para la elaboración de explosivos, acetato de celulosa, etc (Claus, 1989).

**Figura 2.** Algodón Hidrófilo



**Fuente:** medicalgauzes



## Parámetros de las fibras de algodón

Se debe tomar en cuenta varios aspectos para la preparación y secado del algodón que a continuación se detallaran:

### Longitud de Fibra

La longitud de la fibra es la longitud promedio de la mitad más larga de las fibras. La misma es informada en centésimas y 32avos de pulgada (ver tabla de conversión). Es medida pasando una “barba” de fibras paralelas a través de un punto de detección. La barba es formada cuando las fibras de una muestra de algodón es tomada por una grampa, después peinada y cepillada para enderezar y paralelizar las fibras. La longitud de la fibra es fundamentalmente determinada por la variedad, pero la exposición de las plantas de algodón a temperaturas extremas, deficiencias de agua o de nutrientes, puede acortar la longitud. Una limpieza y/o un secado excesivos en la desmotadora puede también resultar en longitud de fibra más corta. La longitud de la fibra afecta a la resistencia del hilado, la regularidad del hilado y la eficiencia del proceso de hilatura. La finura del hilado que puede ser exitosamente producido a partir de determinadas fibras es también influenciada por la longitud de la fibra (Departamento de agricultura de los Estados Unidos, 1999).

**Tabla 1:** Conversión de longitud de algodón.

<i>TABLA DE CONVERSION DE LONGITUD UPLAND</i>					
Pulgadas	32 avos	mm	Pulgadas	32 avos	mm
0,79 y más corta	24	20,1 y más corta	1,11 - 1,13	36	28,2-28,7
0,80 - 0,85	26	20,3-21,6	1,14 - 1,17	37	29,0-29,7
0,86 - 0,89	28	21,8-22,6	1,18 - 1,20	38	30,0-30,5
0,90 - 0,92	29	22,9-23,4	1,21 - 1,23	39	30,7-31,2
0,93 - 0,95	30	23,6-24,1	1,24 - 1,26	40	31,5-32,0
0,96 - 0,98	31	24,4-24,9	1,27 - 1,29	41	32,3-32,8
0,99 - 1,01	32	25,2-25,7	1,30 - 1,32	42	33,0-33,5
1,02 - 1,04	33	25,9-26,4	1,33 - 1,35	43	33,8-34,3
1,05 - 1,07	34	26,7-27,2	1,36 y más larga	44 y más larga	34,5 y más larga
1,08 - 1,10	35	27,4-27,9			

**Fuente:** Departamento de agricultura de los Estados Unidos (1999)

### Uniformidad de la Longitud

La uniformidad de la longitud es la relación entre la longitud media y la longitud media de la mitad superior de las fibras y es expresada como un porcentaje. Si todas las fibras en el fardo fueran de la misma longitud, la longitud media y la longitud media de la mitad superior serían iguales, y el índice de la uniformidad sería 100. Sin embargo, hay una variación natural en la longitud de las fibras del algodón, de manera que la uniformidad de la longitud será siempre menos que 100. La siguiente tabla puede ser usada como una guía en la interpretación de las mediciones de la uniformidad de la longitud. La uniformidad de la longitud afecta la regularidad y la resistencia del hilado y la eficiencia del proceso de hilatura. Está relacionada también con el contenido de fibra corta (fibra más corta que media pulgada). El algodón con un bajo índice de uniformidad probablemente tiene un alto porcentaje de fibras cortas. Tal algodón puede ser difícil de procesar y probablemente producir hilados de baja calidad (Departamento de agricultura de los Estados Unidos, 1999).

**Tabla 2:** Grado de uniformidad de fibras de algodón

<i>GRADO DE UNIFORMIDAD</i>	<i>INDICE DE UNIFORMIDAD DE LA LONGITUD HVI (%)</i>
Muy alta	Arriba de 85
Alta	83 – 85
Intermedia	80 – 82
Baja	77 – 79
Muy Baja	Debajo de 77

**Fuente:** Departamento de agricultura de los Estados Unidos (1999)

### Resistencia de Fibra

Las mediciones de resistencia son informadas en términos de gramos por tex. Una unidad tex es igual al peso en gramos de 1.000 metros de fibra. Por lo tanto, la resistencia informada es la fuerza en gramos requerida para romper una cinta de fibra de un tex de tamaño. La siguiente tabla puede ser usada como una guía en la interpretación de las mediciones de la resistencia de fibra. Las mediciones de resistencia son hechas sobre las mismas barbas de algodón que son usadas para la medición de longitud de fibra. La barba es apretada en dos juegos de grampas, separadas un octavo de pulgada, y es determinada la cantidad de fuerza requerida para romper las fibras. La resistencia de fibra es fundamentalmente determinada por la variedad. Sin embargo, puede ser afectada por deficiencia de nutrientes en la planta y exposición a la intemperie. Existe una alta correlación entre resistencia de fibra y resistencia

de hilado. También, el algodón con alta resistencia de fibra probablemente tenga menos rotura durante el proceso manufacturero (Departamento de agricultura de los Estados Unidos, 1999).

**Tabla 3:** Grado de resistencia de la fibra

<i>GRADO DE RESISTENCIA</i>	<i>RESISTENCIA DE H.V.I. (gramos por tex)</i>
Muy resistente	31 y arriba
Resistente	29 – 30
Promedio	26 – 28
Intermedio	24 - 25
Débil	23 y debajo

**Fuente:** Departamento de agricultura de los Estados Unidos (1999)

### **Acondicionamiento del Laboratorio**

Las condiciones atmosféricas influyen las mediciones de las propiedades de la fibra de algodón. Por lo tanto, la temperatura y humedad del laboratorio de clasificación deben ser firmemente controladas. La temperatura es mantenida a 70° F (21°C), más o menos 1°, y la humedad relativa es mantenida a 65 %, más o menos 2 % (Departamento de agricultura de los Estados Unidos, 1999).

### **Acondicionamiento de la Muestra**

Las muestras son acondicionadas para llevar el contenido de humedad a equilibrio con las condiciones atmosféricas aprobadas. Las muestras acondicionadas tendrán un contenido de humedad entre 6,75 y 8,25 por ciento (base peso seco). Las muestras pueden ser acondicionadas pasiva o activamente. En acondicionamiento pasivo, las muestras son colocadas en capas individuales en bandejas que tienen las bases perforadas para permitir la libre circulación del aire. Las muestras deben ser expuestas a la atmósfera aprobada hasta que sea alcanzado el nivel de humedad especificado, lo que normalmente es 48 horas. En el acondicionamiento activo una unidad de Condicionamiento Rápido es usada en la que el aire con las condiciones atmosféricas aprobadas es movido a través de las muestras hasta que el equilibrio es alcanzado. El tiempo requerido para acondicionar apropiadamente las muestras puede ser reducido a 10 minutos. El contenido de humedad de las muestras acondicionadas es controlado para verificar que el contenido de humedad apropiado ha sido alcanzado. El contenido de humedad de las muestras a ser probadas no debería variar en más de 1% del contenido de humedad de los algodones de calibración. El experimento describe la evaporación de agua a partir de material fibroso algodón. El material se coloca en el tubo y el aire caliente fluye a través. La temperatura del aire es medido por termopar. El algodón representa el medio poroso con cierta cantidad de agua. Para eliminar el agua del algodón se

lo hace generalmente por la evaporación del agua con aire caliente. El flujo de masa de aire caliente a través del algodón se puede interpretar como flujo a través de la zona porosa (Departamento de agricultura de los Estados Unidos, 1999).

### **Tipos de secador**

Debido a que ninguna técnica de secado es ideal para todos los productos, existen varios tipos de secadores de túnel industrial, que usan una variedad de combustibles incluyendo gas natural, propano, petróleo y electricidad (BABBCO, 2012).

### **Secador de Túnel de calor directo**

Son perfectos para productos que necesitan altas temperaturas de 1100 ° F y superiores. Cuentan con quemadores de cinta y flujo de aire de velocidad variable para lograr un control preciso de la temperatura y la humedad. Con control de zona múltiple y calor independiente superior e inferior (BABBCO, 2012).

Una parte de los quemadores se encuentra directamente sobre el producto y la otra, debajo de la banda. Estos quemadores tienen un rendimiento muy inferior que los utilizados en hornos ciclotérmicos o de convección; su número, por otro lado, es varias veces superior. Gracias a la mayor cantidad de quemadores, es posible ajustar la curva térmica con mayor precisión, según los requisitos técnicos, y de esta manera mantener una calidad de producto constante. Los quemadores de calefacción directa utilizan un ventilador de aire ubicado cerca del horno. El aire es luego distribuido por la tubería central hacia la cámara de cocción y a cada calentador. Dado que la combustión tiene lugar en el túnel de cocción, es necesario equipar al horno con un sistema de tiro forzado que garantice una extracción segura de los gases de combustión fuera de la panadería. En comparación con los hornos de banda de convección, el horno de calefacción directa permite que sea ubicado en espacios con menor altura y ancho (J4 s.r.o, 2009).

**Figura 3.** Secador Túnel de calor directo



**Fuente:** Babbco tunnel ovens

### Secador de Túnel de calor indirecto

Utiliza ventiladores de velocidad variable y alto volumen para hacer circular el aire caliente a través de conductos por encima y por debajo de la cinta transportadora, proporcionando un calor radiante consistente a los productos. Las zonas múltiples, el calor superior e inferior independiente y los controles precisos de temperatura y humedad ayudan a maximizar la calidad y la consistencia del producto (BABBCO, 2012).

*Figura 4.* Secador de Túnel de calor indirecto



**Fuente:** Babbco tunnel ovens

### Secador de Túnel Eléctrico

Es la alternativa perfecta cuando el acceso al gas natural, propano o fuel oil no está fácilmente disponible. Estos secadores eléctricos cuentan con elementos duraderos y regulan el calor con un controlador SCR preciso. Son fáciles de operar y mantener. No se necesita tubería de gas ni ventilación (BABBCO, 2012).

*Figura 5.* Secador túnel eléctrico



**Fuente:** Babbco tunnel ovens



### **Secador de Túnel de Impacto de Aire o convector**

Está construido con ventiladores de circulación de alto volumen y velocidad variable que suministran aire caliente a las zonas de producto mediante conductos de distribución de aire superiores e inferiores ajustables. Con su avanzado sistema de calefacción de aire recirculado, ofrece una eficiencia energética sin igual, reduciendo dramáticamente los costos operativos y las emisiones (BABBCO, 2012).

El aire caliente del intercambiador fluye hacia el producto no solo desde arriba, sino también desde abajo, en la banda, directamente a la cámara de cocción. La velocidad de los flujos superior e inferior puede ser ajustada con compuertas reguladoras. Luego de que el aire caliente le da temperatura al producto, gracias a un ingenioso sistema, fluye hacia la torre del intercambiador de los calentadores, en donde se vuelve a calentar para volver a fluir hacia el producto. El aire caliente está separado de las llamas de los quemadores por un intercambiador. De esta manera se evita su contaminación con los gases generados por la combustión, y, por medio de la circulación, es posible utilizarlo repetidamente para calentar el producto (J4 s.r.o, 2009).

**Figura 6.** Secador Túnel de Impacto de Aire o Convector



**Fuente:** Babbco tunnel ovens

### **Secador de túnel de tubo radiante**

Los quemadores de tubo radiante son notablemente eficaces en aplicaciones de vapor de alta intensidad, a menudo como un componente de un secador híbrido. Aplicando calor de forma indirecta o semidirectamente con quemadores de tubo radiante mientras introducen vapor a través de lanzas de acero inoxidable situadas por encima de la cinta transportadora (BABBCO, 2012).

**Figura 7.** Secador de túnel de tubo radiante



Fuente: Babeco tunnel ovens

### **Secador de túnel de aceite térmico**

Para los productos que requieren secarse con calor radiante en aire estático, el horno de túnel de aceite térmico es óptimo. Calienta el aceite a la temperatura necesaria y lo hace circular a través de las tuberías que rodean la cámara del secador. Esto genera un calor radiante suave, equilibrado uniformemente a través del ancho del secador sin movimiento turbulento del aire (BABBCO, 2012).

**Figura 8.** Secador túnel de aceite térmico



Fuente: Babeco tunnel ovens

### **Secador de túnel de combustible dual**

Minimiza el tiempo de inactividad y el desperdicio de productos. Con dos sistemas de calefacción independientes (por ejemplo, electricidad y fuel oil), proporcionan una fuente de energía alternativa cuando la otra fuente no está disponible. Debido a que los tiempos de cambio son tan rápidos, evitan interrupciones prolongadas en la productividad, incluso cuando los servicios de la planta no son confiables (BABBCO, 2012).

**Figura 9.** Secador túnel de combustible dual



**Fuente:** Babbco tunnel ovens

### **Secador de túnel infrarrojo**

Puede ser un ajuste perfecto para muchos productos horneados mediante la entrega constante, el calor radiante infrarrojo a través de un medio de superficie permeable. Produce excelentes resultados a través de una variedad de productos alimenticios y aplicaciones de alta temperatura; Y es especialmente eficaz para el bronceado superficial, el secado y el derretimiento de los ingredientes del producto (BABBCO, 2012).

**Figura 10.** Secador de túnel infrarrojo



**Fuente:** Babbco tunnel ovens

### **Combustibles que se pueden usar en el sistema**

**Carbón:** El carbón es un mineral que se origina a partir de restos vegetales descompuestos, que por la acumulación en zonas pantanosas, lacustres, y marinas de profundidad leve, sufrieron cambios químicos propiciados por la presión y el calor (ARQHYS, 2017).



**Gas natural:** Este es un combustible fósil gaseoso, cuya composición principal es la del gas metano. Es el producto de la descomposición de cadáveres de los seres vivos que se acumula bajo tierra (ARQHYS, 2017).

**Gas licuado de petróleo:** Es mezcla de los gases butano y propano que se obtienen tras procesos de refinamiento del petróleo o de la extracción y refinamiento del gas natural (ARQHYS, 2017).

**Diésel:** Es otro hidrocarburo derivado del petróleo, sus moléculas son más pesadas que el kerosén y las gasolinas, se le utiliza en máquinas de compresión-descompresión como vehículos pesados (ARQHYS, 2017).

**Combustibles orgánicos:** en el caso de los seres vivos, existen algunos elementos que pueden considerarse como combustibles gracias a que proporcionan energía para el movimiento de los músculos. En este caso se puede hablar de los carbohidratos, los lípidos y las proteínas (ARQHYS, 2017).

**Electricidad:** la electricidad es un combustible útil cuando se almacena en forma de batería. La naturaleza del combustible es crear calor o electricidad para encender las máquinas, y las baterías eléctricas son los proveedores directos de ambas. Por su naturaleza, la electricidad por sí sola no genera contaminantes, aunque los métodos para generar electricidad pueden involucrar combustibles fósiles. El uso de la electricidad como combustible directo data desde 1900, cuando 50.000 autos eléctricos existían en Estados Unidos (EcuRed, 2013).

### **Gas licuado de petróleo**

Los gases licuados de petróleo (GLP), como el butano y el propano, suponen una importantísima fuente de energía, y tienen enormes posibilidades de desarrollo futuro. Entre sus ventajas están que son limpios, eficientes, económicos, versátiles, accesibles y muy fáciles de transportar. Gracias a sus bajas emisiones de gases con efecto invernadero y a las características de su llama en combustión, los GLP constituyen una energía muy limpia. Gran parte de la energía del butano y propano se transforma en calor cuando se consume, lo que hace que puedan ser hasta cinco veces más eficientes que otras fuentes de energía, como la electricidad. Al mismo tiempo, son mucho más baratos, y gracias a su alto rendimiento, proporcionan una excelente relación calidad-precio (Repsol, 2014).

El GLP es fundamentalmente una combinación de moléculas de propano y butano, con trazas de otros compuestos. El GLP es incoloro e inodoro. Se le añade un agente fuertemente

“odorizante” para detectar con facilidad cualquier fuga, por pequeña que sea. En condiciones normales de temperatura, el GLP es un gas. Cuando se somete a presiones moderadas o se enfría, se transforma en líquido. En estado líquido, se transporta y almacena con facilidad. Una vez enfriado o presurizado, el GLP suele almacenarse en contenedores de acero o aluminio (LPG , 2015).

### **Diseño de equipos y máquinas**

Un diseño es el resultado final de un proceso, cuyo objetivo es buscar una solución idónea a cierta problemática particular, pero tratando en lo posible de ser práctico y a la vez estético en lo que se hace. Para poder llevar a cabo un buen diseño es necesario la aplicación de distintos métodos y técnicas de modo tal que pueda quedar plasmado bien sea en bosquejos, dibujos, bocetos o esquemas lo que se quiere lograr para así poder llegar a su producción y de este modo lograr la apariencia más idónea y emblemática posible (Concepto definicion, 2015).

### **Diseño conceptual**

Cuando se piensa en desarrollar un producto una vez encontrada la necesidad se empieza con un diseño conceptual del producto. En los diseños conceptuales se sientan las bases de cómo va a ser el producto, esta es la parte más creativa del desarrollo, porque un problema se puede resolver de muchas maneras y aquí es donde la mente creativa piensa en distintas soluciones, y se plantean múltiples propuestas. Se pueden definir cosas como materiales, el concepto de los mecanismos que lo hacen funcionar. Los diseños conceptuales son la base para el posterior desarrollo del producto por eso no hay que tomarse esta etapa a la ligera por lo que hay que dedicarle tiempo y trabajo (La fabrica de inventos, 2015).

### **Diseño en detalle**

El diseño de detalle está relacionado con el diseño de subsistemas y componentes que integran el conjunto, independientemente de la naturaleza del producto. Todos estos componentes estarán en mayor o menor grado definidos en la fase de diseño conceptual, pero pueden variar considerablemente en la de detalle debido a distintas alternativas de fabricación, conocimientos sobre materiales, nuevas tecnologías y formas (Universidad de Sevilla, 2005).

### **Diseño electromecánico**

El diseño electromecánico es la respuesta más óptima al desarrollo de productos en los cuales se involucran varias disciplinas para diseñar, implementar y dimensionar componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos.

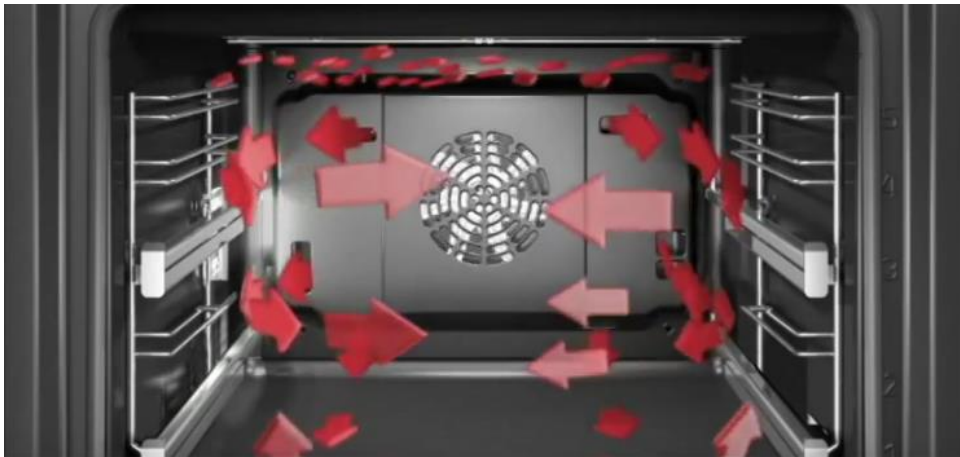
### Componentes mecánicos

Estos componentes son aquellos que están referidos por lo general a la transmisión de movimiento o al soporte de cargas fabricados con materiales resistentes para tales fines.

### Ventilador y sus tipos

Los ventiladores se pueden clasificar en dos grupos axiales y centrífugos tomando en cuenta el principio convector se descarta a primera instancia el uso de un ventilador axial puesto que para beneficiar el efecto convector en el secador es decir la circulación de aire dentro de la cámara de secado véase figura 11 se debe usar un ventilador de tipo centrífugo puesto que el flujo de aire que emana el mismo que es radial conjuntamente con el diseño de la cámara de secado producirá el efecto convector en la cámara de secado.

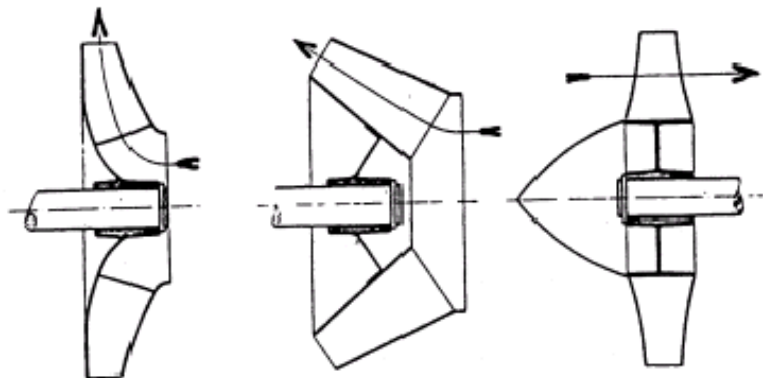
*Figura 11.* Convección en hornos



Fuente: Bosch

**Axiales:** en que la Corriente de aire se establece axialmente a través del rodete a su vez los de tipo axial se clasifican en ventiladores de hélice, tubo axial y con aletas directrices

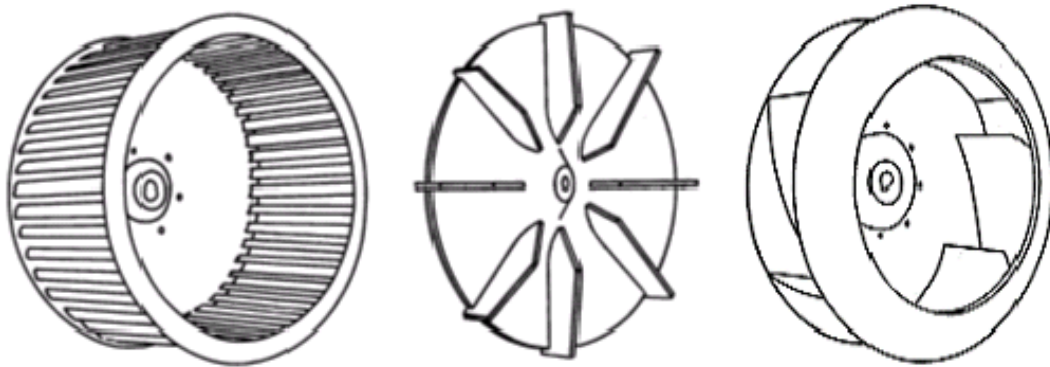
*Figura 12.* Configuración de rodetes radial, semiaxial y axial



Fuente: Unet

**Centrifugo:** en que la corriente de aire se introduce a través del rodete provocando que este siga la dirección del eje del rodete a la entrada y perpendicular al mismo a la salida. A su vez, los ventilador centrifugo se clasifican por la forma de los álabes pudiendo ser curvados hacia adelante, curvados hacia atrás o radiales (rectos) (Mogollon & Romero , 2010).

*Figura 13.* Tipos de alabes de ventilador centrifugo



Fuente: Unet

**Álabes curvados hacia adelante:** tienen una hélice o rodete con álabes curvados en el mismo sentido del giro. Estos ventiladores necesitan poco espacio, poseen baja velocidad periférica y son silenciosos. Se utilizan cuando la presión estática necesaria es de baja a media, tal como la que se encuentran en los sistemas de calefacción, aire acondicionado o renovación de aire, etc. No es recomendable utilizar este tipo de ventilador con aire polvoriento, ya que las partículas se adhieren a los pequeños álabes curvados y pueden provocar el desequilibrio del rodete motivo por el cual se descarta este tipo de alabe puesto que el algodón puede desprender fragmentos (Mogollon & Romero , 2010).

**Álabes curvados hacia atrás:** tienen un rodete con los álabes inclinados en sentido contrario al de rotación. Este tipo de ventilador es el de mayor velocidad periférica y mayor rendimiento con un nivel sonoro relativamente bajo y una característica de consumo de energía del tipo no sobrecargable, el consumo máximo de energía se produce en un punto próximo al de rendimiento óptimo de forma que cualquier cambio a partir de este punto debido a cambios de la resistencia del sistema resultará en un consumo de energía menor. La forma de los álabes condiciona la acumulación de materiales sobre ellas, de forma que el uso de estos ventiladores debe limitarse como se indica a continuación:

**Álabes de espesor uniforme:** Los álabes macizos permiten el trabajo con aire ligeramente sucio o húmedo. No debe emplearse con aire conteniendo materiales sólidos ya que tienen tendencia a acumularse en la parte posterior de los álabes.

**Álabes de ala portante:** Permiten mayores rendimientos y una operación más silenciosa. Los álabes huecos se erosionan rápidamente y se pueden llenar de líquido si la humedad es alta, por ello su uso queda limitado a aplicaciones en las que se manipule aire limpio.

**Centrífugos radiales:** 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 alcancen 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. En este tipo de ventiladores la velocidad periférica es media y se utiliza en muchos sistemas de extracción localizada (Mogollon & Romero , 2010)

### **Caudal del ventilador**

Haciendo uso de un estudio anterior enfocado al secado de algodón por medios convectivos con diferentes alturas de lecho, área y flujo de aire se puede determinar el caudal ideal para el secado de algodón el cual es analizado en base al índice de porosidad del algodón dicho estudio detalla lo siguiente:

Teniendo un alto índice de porosidad el algodón hidrófilo se considera que para altos índices de porosidad se tendrán valores bajos de velocidad, por cuanto existe mayor espacios vacíos. Se recomienda por economía que los valores de velocidad no deben sobrepasar a 0,4 m/s, y velocidades por debajo de 0,1 m/s, aumentan considerablemente el tiempo de secado. Hay que tener en cuenta que no se puede aumentar el caudal de aire con el fin de conseguir menores tiempos de secado, pues las pérdidas de presión aumentan considerablemente impidiendo que el aire atraviese el lecho de algodón (Ullauri & Vergara, 1995).

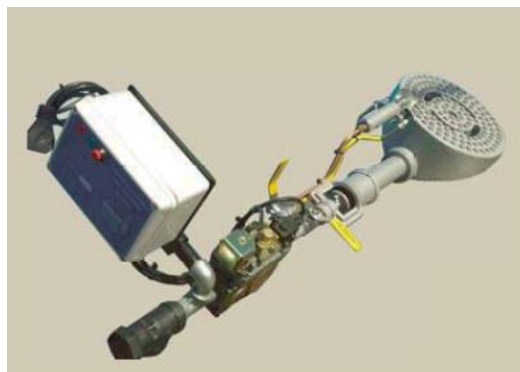
La presión del aire debe ser lo suficiente para que atraviese el lecho de algodón absorbiendo su humedad, en la tabla resultados (véase anexo A) se observa los resultados obtenidos en el proceso de secado, se concluye que los parámetros determinantes son: pérdidas de presión en el lecho y tiempo de secado. Para facilitar la selección de parámetros de diseño se han

elaborado las figuras caudal de aire versus pérdida de presión y tiempo versus caudal de aire (véase anexo A) utilizados los valores de la tabla de resultados, se obtiene figuras que relacionan los parámetros más representativos con el caudal de aire. Al observar la figura caudal de aire versus pérdida de presión se deduce que es muy conveniente utilizar alturas de lecho y caudales lo más pequeños posibles para evitar inversiones mayores en equipos más potentes. La pendiente de la figura tiempo versus caudal de aire tiene altos valores para rangos de caudal de hasta 0.35 m<sup>3</sup>/s, esto significa que existe una considerable disminución del tiempo de secado con no tan altos incrementos en el caudal de aire. A partir de este valor, la reducción en el tiempo de secado no es tan significativa con el aumento de caudal (Ullauri & Vergara, 1995).

### Quemadores

Fabricados en fundición de hierro, aptos para soportar las más altas temperaturas, cuentan con venturris de fundición de aluminio, inyectores en bronce con regulador de aire primario de aluminio y llave de ¼ de vuelta manual, siendo aptos para trabajar con gas natural o GLP. Se los fabrica en diámetros desde 120 mm hasta 500 mm y en capacidades desde 5000 kcal/h hasta 125.000 kcal/h, para trabajar en forma atmosférica. Se los fábrica también con mezcladores gas-aire, pudiéndose alcanzar hasta 400.000 kcal/h como capacidad máxima. Se puede aplicarlos a todo tipo de recipientes para calentamiento de líquidos, reactores, procesos de industria alimenticia, calderas, termotanques, crisoles para fundición de metales de bajo punto de fusión, hogares, salamandras, hornos, estufas de secados, generadores de calor, cocinas industriales y procesos diversos. Los quemadores industriales, son fabricados con distintos sistemas de seguridad como válvulas de seguridad a termocupla, electroválvulas para control de temperatura o totalmente electrónicos con control de llama por ionización (American Burners , 2017).

*Figura 14.* Quemador atmosférico



**Fuente:** American Burners

### Estudio del secado de algodón

El algodón hidrófilo es un sólido vegetal de naturaleza fibrosa, razón determinante para estudiar el comportamiento de sólidos fibrosos en un secador atmosférico, continuo de convección forzada.

En el estudio del proceso de secado se distinguen dos sistemas: el sólido-agua y el aire-agua, el estudio higroscópico trata el primer caso, el cual pretende dar un conocimiento del comportamiento de los sólidos al ser deshidratados.

En este apartado del proyecto de investigación se explica cómo calcular la velocidad de secado, a partir de la cual se determina el tiempo de secado que es un parámetro fundamental de diseño.

### Secado

Esta operación es importante y se debe controlar que sea uniforme y a una temperatura recomendada, pues si la temperatura es muy alta se puede afectar la resistencia de las fibras. Para el algodón se recomienda una primera deshidratación mediante centrifugado, que es un proceso de secado mecánico.

El algodón hidrófilo no es un producto que se le pueda tratar como caso especial de secado, es decir no es peligroso, no es muy sensible, no tiene forma especial. (Nonhebel, 1986)

### Temperatura para el secado de algodón

Con el fin de determinar la temperatura máxima de secado se realizaron varios ensayos en el Laboratorio con Pulpa y Papel en un secador experimental de flujo tangencial de convección forzada. Los ensayos fueron realizados variando caudal de aire y temperatura de secado (Ullauri & Vergara, 1995), el resumen de los resultados obtenidos para una masa húmeda inicial de 700 gramos son:

**Tabla 4.** Determinación de la temperatura de secado.

Prueba N°	Temperatura de secado (°C)	Flujo de aire (CFM)	Tiempo de secado (h)
1	50	5,7	3
2	75	18,7	1,5
3	100	13,5	1

**Fuente:** Ullauri Patricio, Vergara Patricio (1994)

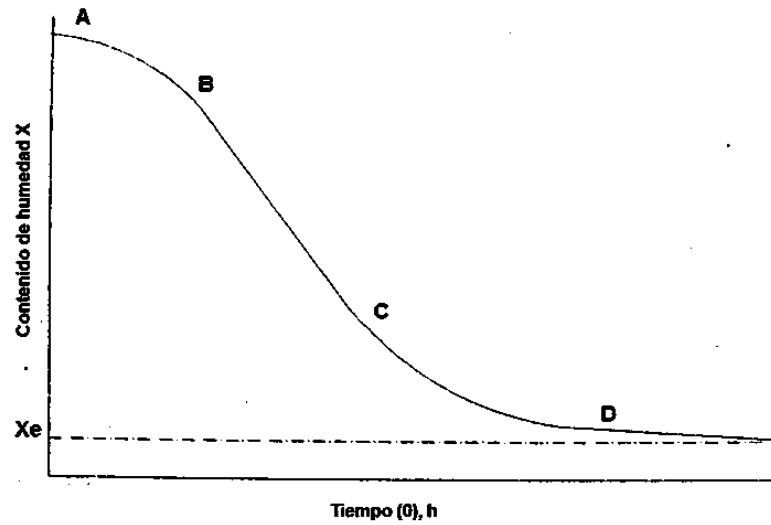
### **Proceso de secado**

En el proceso de secado de un sólido húmedo mediante gas con temperatura y humedad fijas, aparece un patrón general de comportamiento, mostrado por la figura 15 (representa el contenido de humedad contra tiempo) es la forma en la que se obtienen generalmente los datos experimentales para el secado y figura 16 (velocidad de secado contra contenido de humedad) muestra una descripción mucho más eficaz del proceso de secado, que se obtiene diferenciando los datos de la figura 16 las curvas inician con el periodo estado inestable, en el cual después del contacto entre la muestra y el medio secante, la temperatura del sólido se ajusta hasta que alcance un estado estable, se puede ver en el segmento y el medio secante, la temperatura del sólido se ajusta hasta que alcance un estado estable, se puede ver en el segmento AB, de las figuras 15 y 16, AB puede presentarse lo mismo en una velocidad creciente que decreciente, generalmente este periodo es tan corto que se ignora en el análisis subsecuente de tiempos de secado. La temperatura del sólido y la proporción de secado puede aumentar o disminuir hasta alcanzar la condición de estado estable, este es el periodo de secado a velocidad constante, segmento BC de las curvas de secado de las figura 15 y figura 16, la superficie total expuesta está saturada con agua, el secado prosigue como si se tratara de un estanque de líquido, sin que el sólido ejerza una influencia directa sobre la velocidad de secado (es posible que las rugosidades de la superficie del sólido sobre el cual se extiende la película líquida pueda aumentar los coeficientes para la transferencia de calor y de masa, pero este el efecto no ha sido establecido firmemente). El régimen de secado a velocidad constante, continúa con la masa que es transferida de la superficie continuamente reemplazada por el movimiento del líquido procedente del interior de la carga.

El mecanismo del puede aumentar o disminuir hasta alcanzar la condición de movimiento del líquido y consecuentemente la velocidad de este movimiento varía consecuentemente la velocidad de este notablemente con la estructura del sólido. Con sólidos de estructura fibrosa o amorfa, el movimiento del líquido se hace principalmente en función de su difusión a través de este, en estos sólidos tienen verdaderamente periodos cortos de velocidad constante, o aún se secan sin que exista este periodo en forma medible. Una medida de la temperatura mostrará que la temperatura de la superficie húmeda del sólido es la temperatura del bulbo húmedo del medio secante, este periodo termina cuando el sólido alcanza el contenido crítico de humedad. (Ullauri & Vergara, 1995)

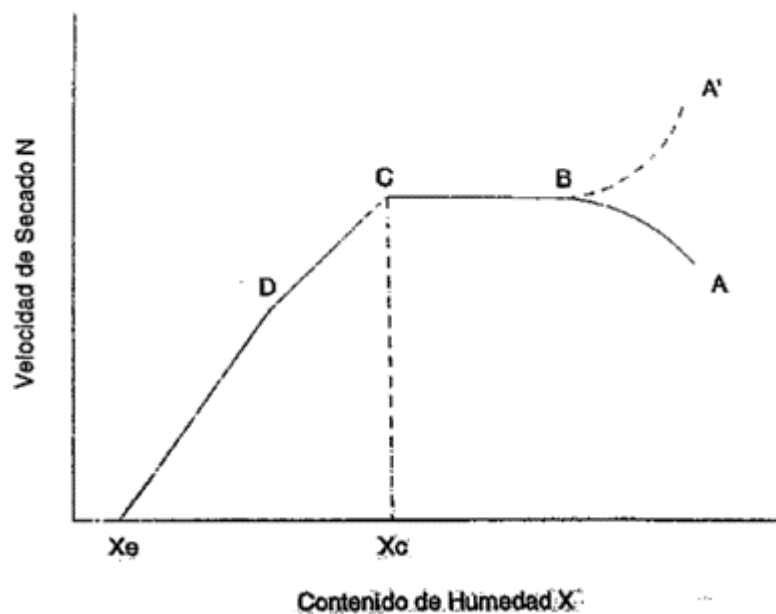


Figura 15. Tiempo de secado en función del contenido de humedad



Fuente: Ullauri Patricio, Vergara Patricio

Figura 16. Velocidad de secado como función del contenido de humedad



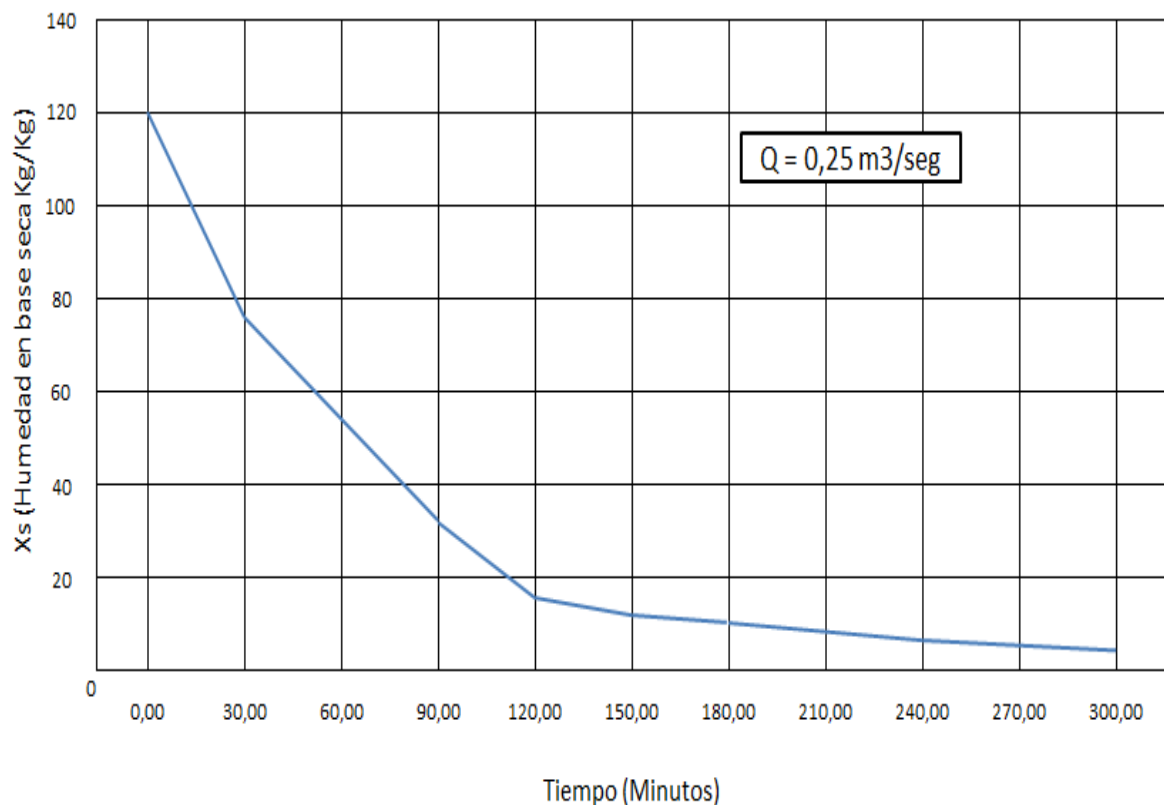
Fuente: Ullauri Patricio, Vergara Patricio

Inmediatamente sigue el periodo de velocidad decreciente, en el punto C el contenido de humedad del sólido es apenas adecuado para suministrar la superficie completa, más allá de este punto la temperatura de la superficie aumenta, y la velocidad del secado disminuye rápidamente, puede tomar un tiempo bastante más largo que el periodo de velocidad constante, aun cuando el retiro de la humedad pueda ser bastante menor. Durante el periodo de secado entre los puntos C y D de la figura.16, llamado “el primer periodo de velocidad decreciente”, no hay área superficial saturada de líquido. La porción de la superficie que está

saturada se seca por transferencia de calor mediante convección desde y debido a la masa hacia la corriente de gas constante, o aún se seca sin que exista dentro de la muestra difusión hacia la porción de la superficie que no está saturada y que continúa su difusión hacia la corriente gaseosa. Este mecanismo es muy lento comparado con la transferencia por convección de la superficie saturada, la superficie está cada vez más y más desprovista de líquido, en virtud de la proporción de movimiento de líquido hacia la superficie, el cual es más lento que la proporción de transferencia de masa desde la superficie. Para contenidos de humedad inferiores al del punto D, figura 16, toda la evaporación tiene lugar procedente de interior del sólido. A medida que el contenido de humedad continua disminuyendo, la trayectoria para la difusión de calor y de la masa se hace cada vez más largo y eventualmente, el potencial de concentración disminuye hasta que en  $X_E$  se tiene el contenido de humedad en equilibrio, Y no hay ningún secado posterior. Este periodo, es llamado “segundo periodo de velocidad decreciente” (Ullauri & Vergara, 1995).

Se tiene la curva de una prueba de secado de algodón hidrófilo a 71°C la misma que nos servirá para el posterior análisis de resultados.

**Figura 17.** Grafica humedad vs. Tiempo para algodón hidrófilo a 71°C



**Fuente:** Ullauri Patricio, Vergara Patricio

De esta figura se desglosan los siguientes valores para facilitar los cálculos para el análisis del secado de algodón hidrófilo.

**Tabla 5:** Tabla de datos del secado de algodón

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Xs (%)</b>
0,00	28,70	120,75
30,00	23,10	77,68
60,00	20,50	57,68
90,00	17,20	32,30
120,00	15,10	16,33
150,00	14,47	11,30
180,00	14,37	10,56
210,00	14,12	8,64
240,00	13,87	6,71
270,00	13,77	5,94
300,00	13,57	4,41

**Fuente:** Ullauri Patricio, Vergara Patricio (1994)

### **Aislante térmico**

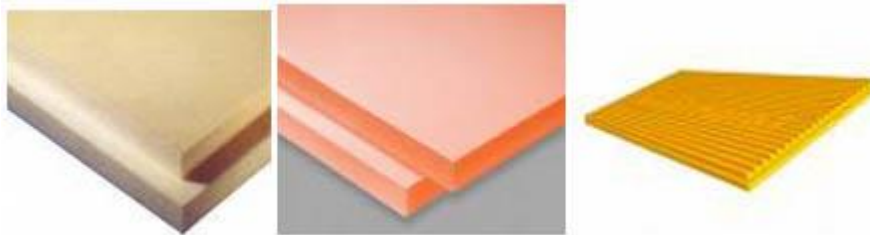
Todos los materiales oponen resistencia, en mayor o menor medida al paso del calor a través de ellos. Algunos muy escasa como los metales, otros una resistencia media como es el caso de los materiales de construcción yesos, ladrillos, morteros. Aquellos materiales que ofrecen una resistencia alta se llaman materiales aislantes. Por lo tanto la definición de aislante térmico es aquel material usado en la construcción y caracterizado por su alta resistencia térmica, estableciendo una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura. Por esta razón se utilizan como aislamiento térmico materiales porosos o fibrosos como las lanas minerales (lana de roca o de vidrio), poliestireno expandido, poliestireno extruido, espuma de poliuretano, corcho (Flores, 2011).

## Tipos de aislantes térmicos

### Poliestireno extruido

El Poliestireno Extruido (XPS), es un aislante duradero, resistente al agua, de elevadas prestaciones mecánicas y no se pudre. Colocado sobre la impermeabilización (cubierta invertida) además de aislar protege la lámina impermeable, mejora la durabilidad de ésta. Este material, que era conocido como Styrodur por ser de las primeras marcas que se introdujo, posee una conductividad térmica típica entre 0,033 W/mK y 0,036 W/mK, presenta una baja absorción de agua, unas prestaciones mecánicas muy altas (entre 200 kPa y 700 kPa) y una densidad en torno a los 33kg/m<sup>3</sup>. Espesores: desde 30 mm. a 100 mm, a mayor espesor mayor capacidad de aislamiento térmico. Superficie: Lisa, Acanalada (ideal para la instalación de tejas), sin piel (excelente adherencia de revoco para aislamiento exterior) (Flores, 2011).

*Figura 18.* Poliestireno extruido



Fuente: Grupo Unamacor

### Poliestireno expandido

El poliestireno expandido (EPS): material plástico espumado, derivado del poliestireno. Por su versatilidad y facilidad de conformado, además de sus excelentes cualidades y propiedades, el poliestireno expandido presenta un amplio abanico de aplicaciones. En el sector de la construcción es conocido como Corcho Blanco o Techopan y se utiliza como material de aligeramiento y aislamiento térmico. Puede tener gran variedad de espesores, con densidades que oscilan los 10 y 25 kg/m<sup>3</sup> y una conductividad térmica entre 0,06 y 0,03 W/m°C., aunque esto solo sirven de referencia, pues dependiendo del fabricante estos parámetros pueden ser mayores o menores. El poliestireno expandido comparte muchas características con el poliestireno extruido, pues su composición química es idéntica: aproximadamente un 95% de poliestireno y un 5% de gas. La diferencia radica únicamente en el proceso de conformación; pero es una diferencia crucial, ya que el extrusionado produce una estructura de burbuja cerrada, lo que convierte al poliestireno extrusionado en el único aislante térmico capaz de mojarse sin perder sus propiedades. Las diferencias entre el extruido y expandido son

expandido menos denso, expandido no va machihembrado, expandido al tener el poro abierto absorbe la humedad, expandido menor resistencia mecánica. Por lo tanto el extruido es más utilizado en aislamiento de cubiertas y suelos mientras que el expandido se utiliza para tabiques no para fachadas (Flores, 2011).

**Figura 19.** Poliestireno expandido



**Fuente:** Grupo Unamacor

### **Lanas minerales**

Material flexible de fibras inorgánicas constituido por un entrelazado de filamentos de materiales pétreos que forman un fieltro que contiene y mantiene el aire en estado inmóvil. Esta estructura permite conseguir productos muy ligeros con alto nivel de protección y aislamiento térmico, acústica y contra el fuego. Es un producto natural compuesto básicamente con arena silícea para la lana de vidrio, y con roca basáltica para la lana de roca. La lana mineral tiene un amplio uso y es un producto reconocido como buen aislante acústico y térmico. Proporciona una importante ganancia de aislamiento acústico de los elementos constructivos a los que se incorpora, obteniendo una reducción sonora notable. La lana mineral puede encontrarse en cubiertas, forjados, fachadas, suelos, falsos techos, tabiques divisorios, conductos de aire acondicionado, protección de estructuras, puertas, mamparas y cerramientos exteriores. La composición básica de la lana mineral determina si se trata de una Lana de Roca o una Lana de Vidrio (Flores, 2011).

**Figura 20.** Lanas minerales



**Fuente:** Grupo Unamacor

## Lana de roca

Los paneles de lana de roca están compuestos en un 98 % de roca de origen volcánico (basalto) y un 2% de ligante orgánico. Se obtiene fundiendo la roca a altas temperaturas, sometiéndole a movimiento para fibrarla y aplicando aglomerantes y aceites impermeables del que se obtiene un colchón que es comprimido y dimensionado, transformándolos en paneles, fieltros, mantas. Los productos de lana de roca no retienen el agua, poseen una estructura no capilar, además de ofrecer una fuerte permeabilidad al vapor de agua y además, gracias a su disposición multidireccional, aporta a los elementos constructivos una notable capacidad de aumentar el nivel de aislamiento acústico. Entre sus ventajas figura la facilidad y rapidez de instalación, seguridad en caso de incendio (es ignífugo), químicamente inerte, no hidrófilo ni higroscópico, respetuoso con el medio ambiente (Flores, 2011).

*Figura 21.* Lana de roca



**Fuente:** Grupo Unamacor

## Lana de vidrio

Es un producto de origen natural, mineral, inorgánico, compuesto por un entrelazado de filamentos de vidrio aglutinados mediante una resina ignífuga. Los paneles de lana de vidrio están compuestos principalmente por arena de sílice y carbonato de calcio y de magnesio que le confiere resistencia a la humedad. Se obtiene por un proceso similar a la lana de roca (altas temperaturas, movimiento para fibrarla y aceites y resinas para estabilizarla). Los productos de lana de vidrio no retienen el agua, poseen una estructura de fibras cruzadas desordenadamente y gracias a la porosidad abierta, la lana mineral de vidrio permite que el aire quede ocluido en el interior de sus poros, ofreciendo una escasa conductividad, con la consiguiente capacidad como aislamiento térmico y acústico. Aportando además una total garantía de seguridad frente al fuego. Se suministra en forma de mantas y paneles, con

diferentes recubrimientos o sin ellos, lo que permite todo tipo de usos específicos en edificación residencial e industrial (Flores, 2011).

**Figura 22.** Lana de vidrio



**Fuente:** Grupo Unamacor

### **Estructuras**

Una estructura es un conjunto de partes unidas entre sí que forman un cuerpo, una forma o un todo, destinadas a soportar los efectos de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo. Las Estructuras Metálicas son las que la mayor parte de los elementos o partes que la forman son de metal (más del 80%), normalmente acero. A una estructura de este tipo se le puede llamar Estructura de Acero. El acero es una aleación (combinación o mezcla) de hierro (Fe) y carbono (C) siempre que el porcentaje de carbono sea inferior al 2%. Este porcentaje de carbono suele variar entre el 0,05% y el 2% como máximo. A veces se incorpora a la aleación otros materiales como el Cr (Cromo), el Ni (Níquel) o el Mn (Manganeso) con el fin de conseguir determinadas propiedades y se llaman aceros aleados. El acero tiene grandes ventajas a la hora de construir estructuras como son el soporte de grandes esfuerzos o pesos sin romperse, es flexible es decir se puede doblar sin romperse hasta ciertas fuerzas. Las estructuras están formadas por un conjunto de partes, estas partes deben cumplir con las condiciones de ser rígidas es decir que la estructura no se deforme al aplicar las fuerzas sobre ella, que sea estable y resistente para que al aplicarle las fuerzas, cada uno de los elementos que la forman sean capaces de soportar la fuerza a la que se verán sometidos sin romperse o deformarse (Area Tecnología, 2017).

### **Estructuras metálicas**

Una estructura metálica es cualquier estructura donde la mayoría de las partes que la forman son materiales metálicos, normalmente acero. Las estructuras metálicas se utilizan por norma general en el sector industrial porque tienen excelentes características para la construcción,

son muy funcionales y su coste de producción suele ser más barato que otro tipo de estructuras. Normalmente cualquier proyecto de ingeniería, arquitectura, etc. utiliza estructuras metálicas. Cada estructura metálica está formada por la estructura metálica principal que es la que se compone de todos aquellos elementos que estabilizan y transfieren las cargas a los cimientos. La estructura metálica principal es la que asegura que no se vuelque, que sea resistente y que no se deforme y la estructura metálica secundaria esta estructura corresponde fundamentalmente a la fachada y a la cubierta, lo que se llama también subestructura y se coloca sobre la estructura metálica principal, y ésta puede ser metálica o de hormigón. Las fuerzas o cargas que soportan las estructuras se van repartiendo por los diferentes elementos de la estructura, pero las cargas siempre van a ir a parar al mismo sitio, a los cimientos o zapatas (Area Tecnología, 2017).

### **Unión de estructuras metálicas**

Para que todos los elementos de la estructura metálica se comporten perfectamente según se ha diseñado es necesario que estén ensamblados o unidos de alguna manera. Para escoger el tipo de unión hay que tener en cuenta cómo se comporta la conexión que se va hacer y cómo se va a montar esa conexión. Existen conexiones rígidas, semirrígidas y flexibles. Algunas de esas conexiones a veces necesitan que sean desmontables, que giren, que se deslicen, etc (Area Tecnología, 2017).

Dependiendo de ello se tiene dos tipos de uniones fundamentales:

**Soldadura:** La soldadura es la más común en estructuras metálicas de acero y no es más que la unión de dos piezas metálicas mediante el calor. Aplicándoles calor se consigue que se fusionen las superficies de las dos piezas, a veces necesitando un material extra para soldar las dos piezas. En el siguiente enlace tienes los tipos de soldadura explicados: Tipos de Soldadura.

**Tornillo:** Los tornillos son conexiones rápidas que normalmente se aplican a estructuras de acero ligeras, como por ejemplo para fijar chapas o vigas ligeras.

### **Soldadura**

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, (generalmente metales o termoplásticos), normalmente lograda a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas piezas y pudiendo agregar un



material de relleno o de aportación fundido para conseguir un baño de material fundido (el baño de soldadura) que, al enfriarse, se convierte en una unión fija (Area Tecnología, 2017).

En las soldaduras, dependiendo del material de aportación, se tiene dos tipos:

**Homogénea:** cuando no se utiliza material de aportación o cuando se utiliza pero es de la misma naturaleza que las piezas que se van a unir. En este caso los metales que se unen y el material de aportación tienen que ser de la misma naturaleza.

**Heterogénea:** Se efectúa entre materiales de distinta naturaleza, con o sin metal de aportación. También puede ser entre metales iguales, pero con distinto metal de aportación.

Hay 4 tipos de soldadura: Soldadura Blanda, Fuerte, Oxidilénica y por Resistencia o Arco Eléctrica (por arco, por puntos y por costura).

### **Soldadura Blanda**

**Aplicaciones:** Para uniones de hojalata, chapas galvanizadas, piezas de latón y bronce, tubos de plomo y componentes electrónicos y eléctricos.

**Tipo:** Heterogénea.

**Material de Aportación:** Aleación de Estaño y Plomo

**Temperatura de Soldadura:** 400°C.

**Instrumento:** Soldador eléctrico.

Se conecta el soldador o estañador a la corriente eléctrica y dejar que caliente la punta. Una vez caliente se coloca el estaño en la punta y se fundirá sobre las partes a unir. El estaño suele ser una mezcla de estaño y resina (Area Tecnología, 2017).

### **Soldadura Fuerte**

**Aplicaciones:** Para uniones de latón, cobre, aleaciones de plata, bronce, acero y fundición.

Tipo: Heterogénea.

**Materiales de Aportación:** Latón o Cobre.

**Temperatura de la Soldadura:** 800°C.

**Instrumento:** Soplete de Gas.

Es una técnica de unión térmica en la que un metal de aportación fundido penetra al interior de un hueco capilar comprendido entre los metales a unir. Los metales de aportación para soldadura fuerte tienen una temperatura de fusión superior a 450 °C, pero siempre inferior a la de los metales que van a unirse en las soldaduras por gas el oxígeno actúa como comburente, mientras como combustible se pueden emplear varios gases (propano, butano, acetileno) en función del tipo de aplicación. Si se usa el material de aporte adecuado, proporciona una unión con características resistentes incluso superior a la del metal base (Area Tecnología, 2017).

### **Soldadura Oxiacetilénica**

**Aplicaciones:** Láminas de Acero o Hierro. Se utiliza en construcción, en la industria naval y en la automovilística.

**Tipo:** Homogénea.

**Material de Aportación:** El mismo que el de las piezas que se van a unir.

**Temperatura de Soldadura:** Mayor de 3.000°C.

**Instrumento:** Soplete Oxiacetilénico.

La soldadura oxiacetilénica es la forma más difundida de soldadura autógena. No es necesario aporte de material. Este tipo de soldadura puede realizarse con material de aportación de la misma naturaleza que la del material base (soldadura homogénea) o de diferente material (heterogénea) y también sin aporte de material (soldadura autógena). Para lograr una fusión rápida (y evitar que el calor se propague) se utiliza un soplete que combina oxígeno (como comburente) y acetileno (como combustible) (Area Tecnología, 2017).

### **Soldadura Por Resistencia Eléctrica**

**Aplicaciones:** tiene gran importancia en la industria moderna, sobre todo en chapa fina. Se emplea en la fabricación de carrocerías de automóviles, electrodomésticos (por ejemplo, neveras), y en las industrias eléctrica y de juguetería.

**Tipo:** Homogénea.

**Material de Aportación:** No hay.

**Temperatura de Soldadura:** La misma que la temperatura de fusión de los materiales a unir.

**Instrumento:** La temperatura de las partes a unir y del metal de aporte se puede lograr por medio de resistencia a la corriente (puntos), por inducción (costura) o por arco eléctrico. En los tres métodos el calentamiento se da por el paso de la corriente entre las piezas metálicas a unir. Para cada tipo se usa una máquina diferente (Area Tecnología, 2017).

Se analiza 3 ejemplos de máquinas para soldadura por resistencia eléctrica. Tipos de soldadura por arco eléctrico:

### **Soldadura por Puntos**

Las piezas - generalmente chapas- quedan soldadas por pequeñas zonas circulares aisladas y regularmente espaciadas que, debido a su relativa pequeñez, se denominan puntos. Las chapas objeto de unión se sujetan por medio de los electrodos y, a través de ellos, se hace pasar la corriente eléctrica para que funda los puntos (Area Tecnología, 2017).

### **Soldadura por Costura**

La soldadura eléctrica por costura se basa en el mismo principio que la soldadura por puntos, pero en este caso las puntas de los electrodos se sustituyen por rodillos, entre los cuales y, presionadas por el borde de éstos, pasan las piezas a soldar (Area Tecnología, 2017).

### **Soldadura por Arco Eléctrico**

El sistema de soldadura eléctrica con electrodo recubierto se caracteriza por la creación y mantenimiento de un arco eléctrico entre una varilla metálica llamada electrodo, y la pieza a soldar (Area Tecnología, 2017).

### **Banda transportadora de doble cadena**

Estas bandas son ideales para un flujo suave del producto como partes individuales o en cajas. La cadena metálica tiene baja fricción, haciéndola ideal para transportar partes terminadas o contenedores para descarga lateral. En este mecanismo se establece una relación de movimiento entre un piñón, que posee en su superficie dientes, y una cadena, que posee eslabones con pequeñas aberturas donde encajan perfectamente los dientes del piñón. Este mecanismo está compuesto normalmente por dos piñones y una cadena, aunque pueden encontrarse aplicaciones, donde solo se use un piño y una cadena que no sea cerrada. Su funcionamiento es similar al mecanismo de polea correa, con la gran diferencia, que en este si se pueden transmitir fuerzas relativamente altas, debido a que el encaje de los dientes del piñón dentro de los eslabones de la cadena no permite que esta se resbale o se suelte

fácilmente del mecanismo. No se pueden usar en máquinas donde se necesiten altas velocidades, sino por el contrario, donde se manejen velocidades medias o bajas, pero se necesite transmitir fuerza. La combinación es variada, dependiendo exclusivamente del diámetro de los piñones, ya que no importa este, desde que el perímetro del sistema (longitud de la cadena) se mantenga igual. El mecanismo piñón - cadena puede ser de dos clases siendo una de transmisión Simple. En este caso la velocidad y la fuerza transmitida dependen de la fuerza o velocidad que se le aplique al piñón conductor y la segunda conocida como transmisión compuesta, en este caso mediante un sistema de cambios se pueden cambiar los piñones que engranan con la cadena a fin de lograr una mayor potencia o una mayor velocidad. En esta aplicación pueden existir diferentes piñones montados sobre un mismo eje (Pinzon, 2015).

### **Partes del mecanismo cadena - piñón**

Las partes de este mecanismo son:

**Eje Conductor:** Es el eje que inicia el movimiento del mecanismo. Es solidario con el piñón conductor.

**Piñón Conductor:** Es solidario con el eje conductor, por lo que gira según el movimiento que tenga este. Es el encargado de transmitirle el movimiento a la cadena, a través del encaje de sus dientes en esta.

**Cadena:** Sus eslabones encajan con los dientes de los piñones. Recibe el movimiento del piñón conductor y lo transmite al piñón conducido. Este operador debe ser flexible para poder acoplarse a la forma circular de los piñones, por ello sus eslabones no son fijos. Las cadenas más usadas son las de rodillo sencilla, sin embargo, según la fuerza que se necesite transmitir, también se pueden usar las dobles, triples o cuádruples.

**Piñón conducido:** Ya que sus piñones encajan con los eslabones de la cadena, recibe el movimiento de la cadena y por estar solidario con su eje, le transmite su movimiento a este último.

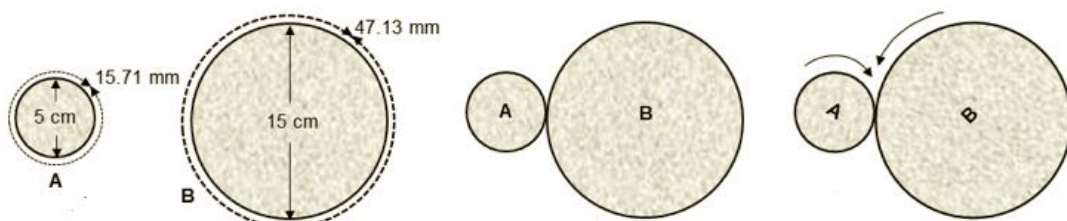
**Eje Conducido:** Recibe el movimiento del piñón conducido y lo puede transmitir a otro operador.

### **Motorreductor**

Los reductores y motorreductores mecánicos de velocidad se pueden contar entre los inventos más antiguos de la humanidad y aún en estos tiempos del siglo XXI se siguen utilizando

prácticamente en cada máquina a la vista, desde el más pequeño reductor o motorreductor capaz de cambiar y combinar velocidades de giro en un reloj de pulsera, cambiar velocidades en un automóvil, hasta enormes motorreductores capaces de dar tracción en buques de carga, molinos de cemento, grandes máquinas cavadoras de túneles o bien en molinos de caña para la fabricación de azúcar. Un motorreductor tiene un motor acoplado directamente, el reductor no tiene un motor acoplado directamente. La sencillez del principio de funcionamiento y su grado de utilidad en una gran variedad de aplicaciones es lo que ha construido la trascendencia de este invento al través de los siglos. Se supone que la rueda “A” de la tiene un diámetro de 5 cm. Su perímetro será entonces de  $5 \times 3.1416 = 15.71$  cm. El perímetro es la longitud total del envolvente de la rueda. Una rueda “B” de 15 cm de diámetro y 47.13 cm de perímetro ( $15 \times 3.1416$ ) está haciendo contacto con el perímetro de la rueda “A”, cuando gira la rueda “A” hará que a su vez gire la rueda “B” pero sucederá que por cada tres vueltas que dé “A”, la rueda “B” solamente dará una vuelta, esto es, el diámetro de “B” dividido por el diámetro de “A” ( $15/5 = 3$ ). Este número 3 será la relación de reducción de este reductor o motorreductor elemental y se indica como 3:1 con esta simple combinación se ha logrado disminuir la velocidad de rotación de la rueda “B” a la tercera parte de la velocidad de la rueda “A”. Si a la combinación de ruedas antes descrito se encadenan otras ruedas adicionales entonces cada vez se logra una velocidad cada vez menor hasta donde sea necesario para la aplicación y puede ser 6:1, 30:1, 100:1 o aún mayor para lograr velocidades muy pequeñas que se pudieran necesitar y que, por ejemplo, la rueda “A” tuviera que girar cientos de veces para que la última rueda girara una sola vez. En este caso se tiene un motorreductor de varios trenes de reducción, entendiendo como 1 tren de reducción a un par de ruedas. Con 6 ruedas se tendría tres trenes de engranes. Con este sistema de reducción no solamente se disminuye la velocidad de “B” a un giro más lento que es útil para la mayoría de las aplicaciones sino que al mismo tiempo se estará aumentando el “par” o “torque” en la última rueda del motorreductor que generalmente se conoce como la rueda de salida a la que va ensamblada la “flecha de salida” del reductor o motorreductor (Potencia Electromecánica, 2013).

**Figura 23.** Principio de un motorreductor



**Fuente:** Potencia Electromecánica

### **Par o torque en un motorreductor**

El “torque” o “par” es una fuerza de giro; por ejemplo la fuerza de giro de la flecha de salida del motorreductor; es también la fuerza de giro en la flecha de un motor. No es simplemente una fuerza expresada en kilogramos, libras, onzas, Newton, etc.; tampoco es una potencia en HP o en Kilowatts. Es una fuerza de giro cuyas unidades son kilogramos - metro, o libra - pie, o libras - pulgada, o Newton - metro, etc. Este torque o par mezclado con un tiempo de realización, aplicación o ejecución es entonces que se convierte en una “potencia”. Un motor eléctrico tiene una determinada potencia en HP y tiene una cierta velocidad de operación a la cual gira la flecha de salida, por ejemplo 1800 Revoluciones por Minuto (RPM). Estas dos características: Velocidad y Potencia llevan aparejado un cierto “torque” o “par” que puede liberar el motor. Es precisamente el “par” lo que permitirá que se pueda o no girar una determinada carga, cuanto más alto el “par” más grande será la carga que se pueda girar. El que tan rápido se puede hacerlo dependerá de la potencia del motorreductor. Las dos características están interrelacionadas y dependen una de la otra (Potencia Electromecánica, 2013).

### **Componentes eléctricos**

#### **Motor eléctrico**

El motor eléctrico es un artefacto que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, de manera que puede impulsar el funcionamiento de una máquina. Esto ocurre por acción de los campos magnéticos que se generan gracias a las bobinas. Los motores eléctricos son muy comunes, se pueden encontrar en trenes, máquinas de procesos industriales y en los relojes eléctricos; algunos de uso general tienen proporciones estandarizadas, lo que ayuda a mejorar la selección de acuerdo a la potencia que se desea alcanzar para el dispositivo en el que se incluirá. Las fuentes que alimentan al motor eléctrico pueden ser de corriente alterna (AC) o corriente continua (CC). Cuando se trata de la corriente alterna, las redes eléctricas o las plantas eléctricas son el impulso principal del motor; existen varios tipos de este motor, llamados: motor asíncrono y síncrono. A diferencia de éste, cuando la corriente continua es el encargado de sustentar el funcionamiento, las baterías, los rectificadores, los paneles solares y los dinamos son los artefactos que colaboran en el proceso; estos se clasifican en: motor serie, motor compound, motor shunt y motor eléctrico sin escobillas. El motor universal, por su parte, funciona con ambos tipos de corriente. El motor eléctrico tiene muchas ventajas, entre ellas se encuentra su tamaño y peso reducido, el hecho de que puede ser construido para casi cualquier tipo de máquina y una potencia bastante alta, su rendimiento está la mayor parte del

tiempo en un 75%, no emite ningún tipo de sustancia o gas contaminante y no necesitan una ventilación externa (Conceptodefinición, 2016).

### **Componentes electrónicos**

Es necesario recibir datos sobre la máquina censando los mismos y para ello se usará los componentes electrónicos.

### **Termopar**

Un termopar es un sensor para medir la temperatura. Se compone de dos metales diferentes, unidos en un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría, se produce una tensión que es proporcional a la temperatura. Las aleaciones de termopar están comúnmente disponibles como alambre. los termopares están disponibles en diferentes combinaciones de metales o calibraciones para adaptarse a diferentes aplicaciones. Los tres más comunes son las calibraciones tipo J, K y T, de los cuales el termopar tipo K es el más popular debido a su amplio rango de temperaturas y bajo costo. El termopar tipo K tiene un conductor positivo de níquel-cromo y un conductor negativo de níquel-aluminio. Existen calibraciones tipo R, S, B, G, C y D para alta temperatura que ofrecen un rendimiento de hasta 2320 ° C. Estos están hechos de metales preciosos (platino / rodio y tungsteno / renio) y por lo tanto son relativamente caros. Cada calibración tiene un rango de temperatura y un entorno de trabajo diferente. Aunque la calibración del termopar dicta la gama de temperaturas, el alcance máximo también está limitado por el diámetro del cable del termopar. Es decir, puede ser que un termopar muy delgado no logre alcanzar el rango de temperatura deseado. Debido a que los termopares miden en rangos de temperatura muy amplios y son relativamente resistentes, los termopares se utilizan muy a menudo en la industria. Los siguientes criterios son utilizados en la selección de un termopar son el rango de temperatura, la resistencia química del termopar o material de vaina, la resistencia de abrasión y vibración (Omega Engineering, 2010).

*Figura 24.* Termopares



Fuente: Omega Engineering

### Medidor de humedad de material

Medidor de humedad combinado para humedad relativa y temperatura así como para la humedad absoluta de la madera y otros materiales. Este medidor de humedad de material está pensado para el uso profesional en la medición climatológica o la evaluación de daños de construcción. El medidor de humedad de material detecta, además de la humedad relativa y la temperatura ambiental, también la humedad absoluta de materiales y madera.

*Figura 25.* Medidor de humedad en material



Fuente: Pce Ibérica

### Diseño experimental

Se toma las siguientes consideraciones:

#### Población

Es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado. Cuando se vaya a llevar a cabo alguna investigación debe de tenerse en cuenta algunas características esenciales al seleccionarse la población bajo estudio (Wigodski, 2010).

Entre éstas se tiene:

**Homogeneidad:** que todos los miembros de la población tengan las mismas características según las variables que se vayan a considerar en el estudio o investigación.

**Tiempo:** se refiere al período de tiempo donde se ubicaría la población de interés. Determinar si el estudio es del momento presente o si se va a estudiar a una población de cinco años atrás o si se van a entrevistar personas de diferentes generaciones.

**Espacio:** se refiere al lugar donde se ubica la población de interés. Un estudio no puede ser muy abarcador y por falta de tiempo y recursos hay que limitarlo a un área o comunidad en específico.



**Cantidad:** se refiere al tamaño de la población. El tamaño de la población es sumamente importante porque ello determina o afecta al tamaño de la muestra que se vaya a seleccionar, además que la falta de recursos y tiempo también nos limita la extensión de la población que se vaya a investigar (Wigodski, 2010).

### **Muestra**

La muestra es un subconjunto fielmente representativo de la población. Hay diferentes tipos de muestreo. El tipo de muestra que se seleccione dependerá de la calidad y cuán representativo se quiera sea el estudio de la población (Wigodski, 2010).

**Aleatoria:** cuando se selecciona al azar y cada miembro tiene igual oportunidad de ser incluido.

**Estratificada:** cuando se subdivide en estratos o subgrupos según las variables o características que se pretenden investigar. Cada estrato debe corresponder proporcionalmente a la población.

**Sistemática:** cuando se establece un patrón o criterio al seleccionar la muestra. Ejemplo: se entrevistará una familia por cada diez que se detecten (Wigodski, 2010).

## **9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS**

### **Hipótesis**

Como la variación de temperatura en un secador de banda continua convectivo a gas altera el tiempo de secado en una máquina de banda continua para el secado de algodón.

### **Operacionalización de las variables**

#### **Variable independiente**

Temperatura para el secado de algodón

**Tabla 6:** Operacionalización de variable independiente

<b>Conceptualización</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítems</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumento</b>
Temperatura para el secado de algodón: rango de temperaturas en la cual se observara diferencia en el tiempo secado de algodón sin afectar su composición.	1. Temperatura de secado	1. Porcentaje de humedad	1. ¿Cambia la velocidad de secado?	Experimentación con muestras de algodón a diferentes temperaturas	1. Tabla de recolección de datos de secado

**Fuente:** El autor (2017)

### Variable dependiente

**Variable dependiente:** Tiempo de secado

**Tabla 7:** Operacionalización de la variable dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos
Tiempo de secado: rango de tiempo en el que producirá el secado de algodón.	1. Tiempo de secado	1. Horas de secado	1. ¿Cambia el tiempo de secado?	Toma de datos cada determinado tiempo en las muestras de experimentación	1. Tabla de recolección de datos de secado

**Fuente:** El autor (2017)

## 10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el estudio del secado de algodón es pertinente tener claras algunas definiciones preliminares las mismas que se analiza a continuación:

### Definiciones preliminares

#### Contenido de humedad

Se entiende por contenido de humedad de un producto a la masa total de agua existente en el mismo. Este contenido de humedad puede expresarse en base seca o en base humedad.

#### Humedad en base seca.

Es la masa de agua referida a la cantidad de materia seca contenida en el producto.

$$X = \frac{M_w}{M_s} * 100 \quad \text{Ec. 1}$$

#### Dónde:

X = Porcentaje de humedad en base seca.

M<sub>w</sub> = Masa de agua del sólido [Kg].

M<sub>s</sub> = Masa seca del sólido [Kg].

#### Humedad en base húmeda.

Es la masa de agua referida a la masa total del producto.

$$Y = \frac{M_w}{M_t} * 100 \quad \text{Ec. 2}$$

$$M_t = M_w + M_s$$

**Dónde:**

Y = Porcentaje de humedad en base húmeda.

M<sub>t</sub> = Masa total del sólido húmedo (Kg).

Combinando las ecuaciones 1 y 2 se expresa el contenido de humedad en base seca en función del contenido de humedad en base húmeda.

$$X = \frac{100 * Y}{(100 - y)} \quad \text{Ec. 3}$$

**Humedad de equilibrio (X<sub>e</sub>).**

Es la humedad alcanzada por el sólido cuando la presión parcial del agua que le acompaña es igual a la presión del vapor del agua del aire.

Si la humedad del sólido es mayor que la de equilibrio para condiciones determinadas de aire, el sólido se secará hasta alcanzar la humedad de equilibrio, mientras que si su humedad es menor, absorberá agua del aire hasta que alcance las condiciones de equilibrio.

**Temperatura de bulbo seco (T).**

Es la temperatura determinada en forma ordinaria por un termómetro normal de bulbo al introducirlo en la mezcla aire-vapor.

**Temperatura de bulbo húmedo.**

La temperatura de equilibrio que alcanza un líquido cuando se le transfiere calor por contacto con una masa infinita de gas a una temperatura y humedad dadas, se dice que es la temperatura de bulbo húmedo.

$$T_{wb} = T_g - \frac{(P_s - P_v)}{66,66} \quad \text{Ec. 4}$$

**Dónde:**

P<sub>s</sub> = presión de saturación a la temperatura de bulbo húmedo [Pa].

P<sub>v</sub> = Presión parcial del vapor en el seno del aire, avaluado a la temperatura del aire, T<sub>g</sub> [Pa].

Para calcular una determinada temperatura de bulbo húmedo es necesario resolver la ecuación anterior por tanteo, por cuanto la presión de saturación  $P_s$  es función de la temperatura de bulbo húmedo.

### **Humedad absoluta del aire.**

Se define como humedad absoluta a la relación entre la masa de vapor de agua y la masa de aire seco.

$$X_A = \frac{Mva}{Mas} \quad \text{Ec. 5}$$

### **Dónde:**

$Mva$  = masa de vapor de agua (Kg).

$Mas$  = masa de aire seco (Kg).

$X_a$  = humedad absoluta (-).

### **Humedad relativa del aire**

Es la humedad que indica cuanto se aparta el estado del aire húmedo del de saturación. Se la define como la relación de la fracción molar del vapor de agua en la mezcla, a la fracción molar del vapor de agua en una mezcla saturada a la misma presión y temperatura. En los gases ideales, se tiene que la relación de fracciones molares es igual a la relación de presiones parciales por lo tanto, la humedad relativa del aire sería la relación entre la presión parcial de vapor presente y la presión de saturación correspondiente a la temperatura.

### **Humedad crítica**

La humedad crítica de un sólido es el punto que separa los dos períodos de secado antecrítico y poscrítico.

### **Período antecrítico**

Es el período de tiempo en el que la velocidad de secado es constante, desde la humedad inicial hasta la humedad crítica.

### **Curva de equilibrio higroscópico.**

La variación de humedad de un sólido con respecto a la humedad relativa del aire que lo rodea, para una determinada temperatura de equilibrio es característica de cada material,

aunque para el mismo material presenta a menudo fenómenos de histéresis de secado por cuanto dependen de su estado, forma, tamaño, y fundamentalmente del contenido de humedad del mismo. Esta variación se describe en las curvas isotérmicas de equilibrio higroscópico. Dentro del proceso de secado de un producto, tiene gran importancia la utilización de las curvas higroscópicas, por cuanto permiten tener un mejor control de secado y proporcionan un mejor conocimiento de las características finales del producto. Esto se logra gracias a que estas curvas cuantifican la máxima humedad que se puede extraer de un producto para unas determinadas condiciones del aire de secado; es decir enmarcan el problema dentro de las condiciones reales del proceso, logrando obtener ahorros de energía, tiempo y dinero. La mayor parte de los materiales derivados de la materia viva muestran un comportamiento higroscópico. Se ha establecido que este comportamiento da como resultado curvas isotérmicas que se ajustan a modelos matemáticos exponenciales. Henderson ha dado una fórmula semi-empírica cuya exactitud se ha comprobado por una serie de experimentos. (Ullauri & Vergara, 1995)

$$\Phi = 1 - EXP(-C_1 * T * Xe * e^{C_2}) \quad \text{Ec. 6}$$

**Dónde:**

$\Phi$  = Humedad relativa del aire (fracción unitaria).

$Xe$  = Humedad en equilibrio del producto en base seca (%)

$T$  = Temperatura absoluta (°K).

$C_1, C_2$  = Constantes empíricas propias de cada producto.

De la ecuación 6 se obtiene la humedad de equilibrio:

$$Xe = \left( \frac{\ln(1 - \Phi)}{-C_1 T} \right)^{1/C_2} \quad \text{Ec. 7}$$

Al mantener la temperatura con un valor constante en la ecuación que da la humedad relativa en función de la humedad del producto en base seca, se puede obtener una curva isotérmica de equilibrio higroscópico, si se toman valores diferentes de temperatura se generará una familia de isotermas de equilibrio higroscópico. (Ullauri & Vergara, 1995)

A partir de experiencias de secado en productos se han establecido los valores de las constantes empíricas  $C_1$  y  $C_2$

**Tabla 8:** Valores de las constantes C1 y C2 para varios productos agrícolas

Material	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
Algodón	4,91 x 10 <sup>-5</sup>	1,70
Grano de lino	6,89 x 10 <sup>-6</sup>	2,02
Grano de maíz	1,10 x 10 <sup>-5</sup>	1,90
Trigo	5,59 x 10 <sup>-7</sup>	3,03

Fuente: Ullauri Patricio & Vergara Patricio (1994)

La ecuación para la curva de equilibrio higroscópico para el algodón es:

$$\Phi = 1 - EXP(-4,91 \times 10^{-5} * T * e^{1,70}) \quad \text{Ec. 8}$$

**Dónde:**

$\Phi$ = Humedad relativa del aire (fracción unitaria).

X= Humedad del producto en base seca (%).

T= Temperatura absoluta (°K).

**Figura 26.** Curva de equilibrio higroscópico de algodón T= 65°C = 338°K



Fuente: Ullauri Patricio, Vergara Patricio

### Velocidad de secado

Se define velocidad de secado a la pérdida de humedad del sólido húmedo en una unidad de tiempo, operando en condiciones constantes de secado, es decir con aire cuyas condiciones de temperatura, humedad, velocidad permanecen constantes en el tiempo.

Es necesario determinar el tiempo de secado, para fijar horarios y determinar el tamaño del equipo, para lo cual se determinara la velocidad de secado y realizando una reordenación e integración se obtendrá el tiempo de secado.

En el secado por circulación transversal las curvas de velocidad y tiempo contra humedad pueden parecerse bastante a las figuras 15 y 16 se considera que el lecho de sólido es de un espesor apreciable con respecto al espesor de las partículas. La evaporación de la humedad no retenida ocurre en una zona relativamente estrecha que se mueve lentamente a través del lecho. A menos que el gas se caliente internamente, el gas que sale de esta zona está a la temperatura de saturación adiabática del gas de entrada. La rapidez de secado es constante mientras la zona este completamente dentro del lecho. Cuando la zona alcanza al principio el final del lecho, la rapidez empieza a decaer debido a que el gas está saturado. (Ullauri & Vergara, 1995)

La velocidad de secado puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$N = \left( \frac{M_s}{A_L} \right) * \left( - \frac{dX}{dT} \right) \quad \text{Ec. 9}$$

#### Dónde:

$N$  = Velocidad de secado [ $\text{Kg/h} \cdot \text{m}^2$ ]

$M_s$  = Masa del sólido seco [ $\text{Kg}$ ]

$A_L$  = Área de la superficie expuesta [ $\text{m}^2$ ]

$X$  = Contenido de humedad del producto en base seca [ $\text{Kg}_{\text{agua}}/\text{Kg}_{\text{pseco}}$ ]

$t$  = tiempo [ $\text{h}$ ]

#### Periodo de secado a velocidad constante

Ya hecha una descripción general y particular de la velocidad de secado y específicamente del periodo de velocidad constante que corresponde a la eliminación de la humedad no ligada.

Para calcular la velocidad constante se hace uso de la ecuación siguiente:

$$W_c = \frac{S}{A} \left( -\frac{\Delta x}{\Delta \theta} \right) \quad \text{Ec. 10}$$

**Dónde:**

$W_c$  (Kg/h.m<sup>2</sup>)= Velocidad de secado constante

$A$  (m<sup>2</sup>) = Superficie expuesta al secado

$S$  (Kg) = Sólido seco

$\Delta x$  = Variación de humedad en base seca

$\Delta \theta$  (h) = Variación de tiempo de secado

**Periodo de secado a velocidad decreciente**

En este periodo la velocidad depende principalmente de la transferencia de masa en el sólido a secarse, transferencia que es poco conocida y se ignora la función que representa la variación de la velocidad de secado con respecto a la humedad del producto, es por esto que una buena aproximación se consigue al representar esta variación mediante una aproximación lineal, como indica la figura 15.

La función lineal determinada es la siguiente:

$$N_d = W_c * \frac{(X_f - X_e)}{(X_c - X_e)} \quad \text{Ec. 11}$$

**Dónde:**

$W_c$  = Velocidad de secado constante [Kg/h.m<sup>2</sup>]

$X_c$  = Humedad crítica del producto [%]

$X_e$  = Humedad de equilibrio del producto para las condiciones del aire de secado [%]

$X_f$  = Humedad final

Se concluye que en el periodo de velocidad constante predomina la transferencia de calor al material, como un estanque con agua. Mientras en el periodo de velocidad decreciente está determinado por el coeficiente de transferencia de masa, que depende del material a secar.

**Tiempo de secado**

Para la determinación del tiempo de secado es necesario integrar la ecuación:



$$N = \left(\frac{M_s}{A}\right) \left(\frac{-dX}{dt}\right) \quad \text{Ec. 12}$$

Se obtiene:

$$\int_0^t dt = -\left(\frac{M_s}{A}\right) \frac{\int_{X_i}^X dX}{N} \quad \text{Ec. 13}$$

### Tiempo de secado a velocidad constante.

Se establecen los límites de la integral desde la humedad inicial hasta una humedad crítica.

$$\int_0^{t_0} dt = -\left(\frac{M_s}{A}\right) \frac{\int_{X_i}^{X_c} dX}{N_{cte}} \quad \text{Ec. 14}$$

Entonces:

$$t_c = \left(\frac{M_s}{A N_{cte}}\right) * (X_i - X_c) \quad \text{Ec. 15}$$

### Dónde:

$t_c$  = tiempo de secado en el periodo de velocidad constante (h)

$X_i$  = humedad inicial del producto (%)

### Tiempo de secado a velocidad decreciente.

Para el cálculo del tiempo de secado en el periodo decreciente se reemplaza la ecuación 11 en la ecuación 13, periodo que e inicia en la humedad crítica y termina en la humedad en equilibrio, se obtiene:

$$t_c = \left(\frac{M_s}{A N_{cte}}\right) * (X_c - X_e) * \ln \left[ \frac{X_c - X_e}{X_f - X_e} \right] \quad \text{Ec. 16}$$

### Dónde:

$X_f$  = humedad final del producto [%].

$t_d$  = Tiempo de secado en el periodo de velocidad decreciente [h]

Para establecer el tiempo total de secado se suman el tiempo en el periodo a velocidad constante más el tiempo en el periodo a velocidad decreciente.

$$t_r = t_c + t_d \quad \text{Ec. 17}$$

**Dónde:**

$t_r$  = tiempo total de secado [h]

**Perdidas de presión a través del lecho de algodón**

Para calcular las pérdidas de presión al atravesar el aire por el lecho de algodón hidrófilo se utiliza la siguiente relación:

$$\frac{\Delta P}{H} = (8301 * \left(\frac{Q_A}{Al}\right))^{1.1535} \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

$\frac{\Delta P}{H}$  = Caída de presión por unidad de altura de apilamiento

$Q_a$  = Caudal de aire ( $m^3/s$ )

$Al$  = Área transversal del lecho ( $m^2$ )

**Energía y tiempo requerido para calentar un volumen de aire**

Para calentar un volumen determinado de aire se usa la siguiente ecuación misma que describe que cuando una sustancia recibe energía como calor parte de esta energía se emplea en elevar su temperatura (calor sensible), según la expresión:

$$Q = m * C_p * \Delta t \quad \text{Ec. 19}$$

Donde:

$Q$  = calor suministrado

$M$  = masa de la sustancia

$C_p$  = Calor específico

$\Delta t$  = variación de temperatura

El calor específico es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de un gramo de una determinada sustancia siendo el calor específico y densidad del aire la siguiente:

Densidad del aire a presión atmosférica y a 13 °C:  $1,2339 \frac{Kg}{m^3}$

Calor específico del aire seco a presión constante y 0°C:  $1004,67 \frac{J}{K*Kg} = 0,24 \frac{Kcal}{K*Kg}$

### **Tiempo empleado por el quemador para calentar el volumen de aire de la cámara de secado**

Una vez obtenida la cantidad de energía que es necesaria para calentar el volumen de aire calculado se puede determinar el tiempo que le tomara a determinado quemador de X capacidad realizar este proceso mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{Ec. 20}$$

Donde:

P: Potencia

W: Trabajo

t: Tiempo

### **Ganancia de calor a través de una superficie**

La ganancia de calor por conducción a través de una superficie, se puede calcular con la siguiente ecuación para el caso de flujo a través de paredes, el techo y piso, que pueden ser consideradas como placas planas

$$Ct = U * A * \Delta t \quad \text{Ec. 21}$$

Donde:

Ct = Calor transmitido, flujo térmico en watts

U = Coeficiente de transmisión del material en  $w / m^2 \text{ } ^\circ C$

A = Área de la superficie de transmisión del material en  $m^2$

$\Delta t$  = Diferencial de temperatura que hay entre la temperatura exterior y la temperatura interior en grados Celsius

RT= resistencia térmica total  $\frac{m^2*^\circ C}{w}$

Y el coeficiente de transmisión del material se lo calcula con la siguiente ecuación:

$$U = \frac{1}{Rt} \quad \text{Ec. 22}$$

### Diámetro de piñón

Para determinar el diámetro de piñón necesario se usará la siguiente ecuación:

$$D = \frac{V}{\pi * RPM} \quad \text{Ec. 23}$$

### Relación de transmisión

Al ser similar este mecanismo con el de polea – correa, se cumplen las mismas relaciones, solo que en este no se consideran los diámetros de las ruedas, sino el número de dientes de los piñones. De aquí que la fórmula es la siguiente:

$$N1 * V1 = N2 * V2 \quad \text{Ec. 24}$$

Donde:

N1: número de dientes piñón conductor

V1: velocidad de giro piñón conductor

N2: número de dientes piñón conducido

V2: velocidad de giro piñón conducido

Para determinar la potencia del motor necesaria se utiliza la siguiente ecuación:

$$HP = \frac{(W + w)(f)(s)}{33000} \quad \text{Ec. 25}$$

Donde:

W = peso de carga (lb)

w = peso de banda (lb)

f = coeficiente de fricción

s = velocidad (FPM)

La relación de reducción necesaria se obtiene con las siguientes ecuaciones.

$$VL = \frac{2\pi nr}{12} \quad \text{Ec. 26}$$

$$RT = \frac{RPM \text{ entrada}}{RPM \text{ salida}} \quad \text{Ec. 27}$$

La muestra se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{z^2 * p * q}{e^2} \quad \text{Ec. 28}$$

**Donde:**

n: tamaño de la muestra

z: nivel de confiabilidad

p: porcentaje de aceptación

q: porcentaje de no aceptación

e: error muestral admisible

**Memoria de cálculo y dimensionamiento del secador.**

Se toma el siguiente proceso para el dimensionamiento del secador:

**Datos para el cálculo**

Para el cálculo y dimensionamiento de los componentes se requiere primeramente datos preliminares los cuales se obtiene de un estudio previo en el producto a secar proporcionado por la empresa siguiendo así el siguiente proceso:

1. Realizar un estudio volumétrico del algodón seco
2. Medición inicial de la humedad al salir el algodón de la máquina centrifuga
3. Pesado inicial del producto según el estudio volumétrico
4. Toma de la humedad final del producto cuando está seco
5. Pesado final del producto después del proceso de secado
6. Calculo de masa de agua a eliminar
7. Consulta de datos técnicos de las condiciones meteorológicas del lugar

**Selección del tipo de secador y combustible**

Para la selección apropiada del secador se consideró el siguiente plan:

1. Investigación sobre los tipos de secadores y sus aplicaciones
2. Realizar una caracterización de los equipos y sus especificaciones en base a las necesidades de la empresa
3. Calificación de los tipos de hornos según cada uno de los parámetros presentados
4. Suma de los puntos obtenidos por cada secador
5. Selección del secador más óptimo para el secado de algodón según el puntaje más alto
6. Consideración del pedido de la empresa de realizar el diseño alimentado por GLP
7. Estudio de las ventajas del uso de GLP en el secador

8. Determinación final del tipo de secador para el diseño y el combustible a usar.

#### **Determinación de la temperatura de secado**

Para la determinación de la temperatura óptima de secado para el algodón hidrófilo se consideró el siguiente plan:

1. Análisis de un estudio previo realizado a distintas temperaturas para el secado de algodón hidrófilo
2. Mediante la investigación determinar la temperatura máxima a la cual puede estar expuesto el algodón sin verse afectado a nivel de sus propiedades y sin sufrir amarillamientos
3. Establecer la temperatura máxima que necesitamos para el diseño del secador.

#### **Determinación del ventilador y el caudal requerido para el sistema**

Para la determinación del ventilador usar haremos uso de los estudios sobre caudal y turbinas antes citados.

1. Realizar un análisis del principio convector del aire
2. Investigación sobre los tipos de ventiladores, sus aplicaciones y configuración de alabes
3. Determinación del ventilador idóneo para el principio convector en un secador para algodón según sus especificaciones
4. Investigación sobre la circulación del aire en un lecho de algodón estudio basado en la ecuación 18 y la experimentación con el secado de algodón hidrófilo a distintas alturas de lecho y distintos caudales de aire.
5. Interpretación del estudio de eficiencia en pérdidas de presión en el lecho de algodón hidrófilo para definir el caudal más eficiente según la altura del lecho de algodón cuyos resultados se encuentran en el Anexo A
6. Selección de ventilador según catálogos.

#### **Dimensionamiento y selección del quemador**

Para la selección del quemador y su dimensionamiento se tomara la siguiente metodología expuesta a continuación:

1. Estudio de la capacidad volumétrica de aire que concentrara la cámara según sus dimensiones
2. Obtenido el volumen de aire que existe en la cámara de secado se calcula la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura del aire contenido en la cámara de secado desde 13,7 °C hasta 100°C a presión constante mediante la ecuación 19

3. Una vez obtenida la cantidad de energía necesaria para calentar dicho volumen de aire se procede a consultar el catálogo de American Burners
4. Encontrado un quemador con su capacidad se procede al cálculo del tiempo que demorara este quemador en calentar el volumen de aire requerido para la cámara de secado mediante la ecuación 20.
5. Determinación del quemador idóneo según el tiempo escogido en el que se requiera lograr la temperatura deseada

### **Dimensionamiento y selección del aislante térmico**

Para el dimensionamiento del aislante térmico se seguirá la siguiente metodología:

1. Tomando en cuenta la temperatura máxima del horno se considera a la lana de vidrio como objeto de estudio
2. Investigación sobre la resistencia térmica y como interpretarla
3. Investigación en catálogos sobre la resistencia térmica del material lana de vidrio en función de su espesor
4. Considerando los parámetros establecidos en el secador previamente realizar la interpretación y análisis de la temperatura interior y exterior del secador según la resistencia térmica presentada
5. Calculo de la ganancia de calor presentada al atravesar dicho espesor de lana de vidrio con la ecuación 21 y 22 para el cálculo del coeficiente de transmisión del material
6. Con el análisis y el cálculo realizado seleccionar el espesor correcto de lana de vidrio

### **Dimensionamiento y selección de la estructura**

El dimensionamiento de la estructura se lo realizó mediante el siguiente plan:

1. Se toma en cuenta la solicitud inicial de la empresa de utilizar tubo estructural cuadrado ASTM A-500 de medidas 4x4x1,5mm mismo que lo tienen almacenado en grandes proporciones
2. Diseño funcional de la estructura con el material especificado en un software de simulación para la ubicación y posicionamiento de cada uno de los elementos del secador de banda continua
3. Análisis de las cargas que soportará la estructura esto incluye motores, el sistema de banda, el recubrimiento, los aislantes, los quemadores, carga de un lote de 42 kilos de algodón mojado y la cámara de secado conjuntamente con el propio peso de la estructura en sí.

4. Realización de análisis de cargas en el software de simulación para 200 Kilos para mayor eficiencia.
5. Análisis de los resultados de la simulación
6. Selección del material a usar para la estructura

### **Selección de la banda y sus componentes**

Para la selección de la banda y sus componentes se tiene el siguiente plan:

1. Definir el modo de anclaje de la bandeja de carga para este efecto se ha considerado lo más óptimo para reducir costos que es una cadena con aleta K ángulo en L de paso  $\frac{1}{2}$ " para facilitar el acople de la bandeja sobre la misma.
2. Se determina la velocidad necesaria para el transporte de la bandeja hacia el interior de la cámara de secado
3. Se define la capacidad de carga de la banda según el peso establecido del lote de algodón y la bandeja
4. Mediante los datos de diseño se obtiene las características de la banda necesarias para el cálculo de la unidad motriz de la banda (potencia necesaria para mover la carga y el cálculo del motorreductor), tomando en cuenta el coeficiente de fricción dado por el tipo de banda a utilizar
5. Mediante la ecuación 25 se realiza el cálculo de la potencia necesaria para mover la carga.
6. Para la reducción de velocidad necesaria en el motorreductor para el correcto movimiento de la bandeja de carga se usa la ecuación 26 y 27 correspondientemente.
7. Finalmente para conocer el diámetro de piñón ideal para la transmisión del movimiento se tomará la ecuación 23

### **Calculo de la velocidad y el tiempo de secado**

Para la determinación de la velocidad de secado del algodón y el tiempo de secado se llevó a cabo el siguiente programa:

1. Se utiliza un estudio previo del secado de algodón hidrófilo por medios convectivos que está basado en una experimentación.
2. Se toma la gráfica humedad vs tiempo para el análisis de la velocidad constante y decreciente y el tiempo de secado en el periodo de velocidad constante y así mismo en el periodo de velocidad decreciente.
3. Una vez delimitadas las zonas de velocidad constante y velocidad decreciente dentro de los datos presentados se toma la tabla de datos del secado de algodón para obtener los porcentajes de humedad precisos para el estudio del secado de algodón.



4. Se hace uso de la ecuación 10 para calcular la velocidad constante del proceso de secado tomando como referencia el estudio a continuación se realiza el cálculo para los parámetros que competen al diseño del secador de banda continua:
5. Se hace uso de la ecuación 15 para calcular el tiempo de secado a velocidad constante del proceso de secado tomando como referencia el estudio a continuación se realiza el cálculo para los parámetros que competen al diseño del secador de banda continua:
6. Se hace uso de la ecuación 11 para calcular la velocidad decreciente del proceso de secado tomando como referencia el estudio a continuación se realiza el cálculo para los parámetros que competen al diseño del secador de banda continua:
7. Se hace uso de la ecuación 16 para calcular el tiempo de secado en velocidad decreciente del proceso de secado tomando como referencia el estudio a continuación se realiza el cálculo para los parámetros que competen al diseño del secador de banda continua:
8. Se hace uso de la ecuación 17 para calcular el tiempo total de secado del proceso se toma como referencia el estudio a continuación se realiza el cálculo para los parámetros que competen al diseño del secador de banda continua
9. Se suma la velocidad en el periodo decreciente y constante para obtener la velocidad total de secado del proceso se toma como referencia el estudio a continuación se realiza el cálculo para los parámetros que competen al diseño del secador de banda continua

### **Sensores para medición de temperatura y humedad**

Para la selección de los sensores para la monitorización se seguirá el siguiente plan:

1. Se define el tipo de termocupla a usar en base al parámetro de temperatura del horno es decir un máximo de 100°C
2. Se define el sensor de humedad en base al parámetro de humedad del algodón que esta entre el 40% a 0% por ende usaremos un sensor que cumpla con este rango.

### **Modalidad y tipo de investigación**

La presente investigación se basó en los parámetros científicos de investigación dentro de la ingeniería electromecánica se tiene un enfoque cuantitativo para el dimensionamiento del secador de banda continua la información necesaria e indispensable con la cual se realizó el siguiente estudio provino de fuentes primarias y secundaria realizando un análisis anterior de las mismas

Las fuentes primarias fueron proporcionadas por las estadísticas de la empresa Mayordent y las fuentes secundarias proporcionaron información importante la misma fue recolectada en fuentes como libros, tesis, internet y artículos

Para esto se empleó tablas para el análisis de los resultados y el posterior detalle de los mismos en base al estudio realizado.

### **Modalidad de la investigación**

La investigación por la naturaleza de las variables fue de campo, bibliográfica – documental y experimental

### **Nivel o tipo de investigación**

La investigación fue de carácter descriptivo y correlacional.

### **Población y muestra**

Se determinara una población y muestra para la investigación con los parámetros antes expuestos para el secado de algodón.

#### **Población**

La producción de la planta industrial es continua, la tendencia en los últimos años ha sido incrementar la producción por tanto se la considera una población infinita para el análisis

#### **Muestra**

Se calcula una muestra representativa para esta investigación de acuerdo a la siguiente expresión:

Población: infinita

Tipo de muestreo: Probabilístico, sistemático

Haciendo uso de la ecuación 28 calculamos la muestra

$$n = \frac{z^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

z: nivel de confiabilidad

p: porcentaje de aceptación

q: porcentaje de no aceptación

e: error muestral admisible

Al desconocer el valor de p y q se considera el caso más favorable aquel que necesite el máximo tamaño de muestra lo cual ocurre cuando  $p=q=50$  (0.5), además un nivel de confianza del 80% para lo cual el valor de z es de 1,28 y se considera un porcentaje de error del 25%.

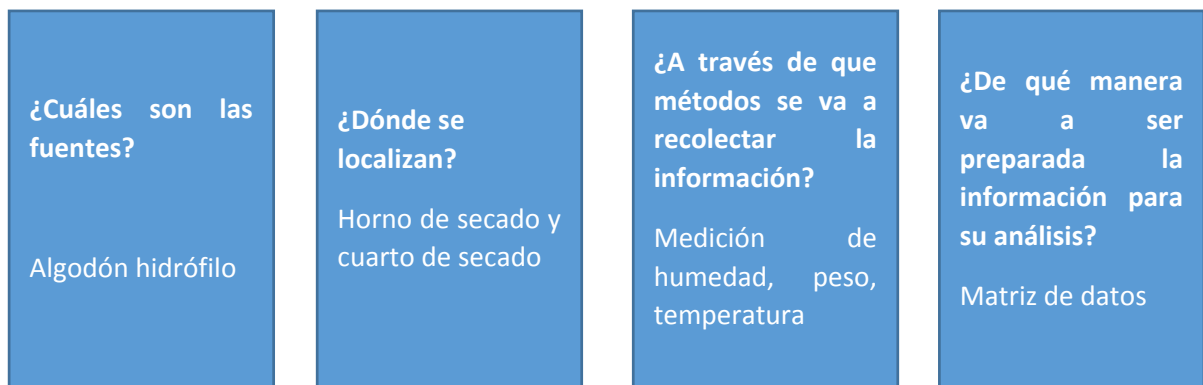
$$n = \frac{1,28^2 * 0,5 * 0,5}{0,25^2} = 6,55$$

## Recolección de la información

Para la experimentación se consideró analizar los tiempos de secado del algodón hidrófilo en diferentes temperaturas (70°C, 80°C y 90°C) para lo cual se tomaron siete lotes de 10 kilogramos por cada condición de temperatura mismos lotes fueron proporcionados por la empresa en la siguiente figura se puede observar el plan para la recolección de información.

Para el aseguramiento de la recolección de la información se consideró el siguiente plan:

**Figura 27.** Plan para recolección de información



**Fuente:** El autor

1. Pesado inicial del algodón húmedo
2. Precaentado del horno de secado a la temperatura escogida
3. Colocación de los lotes en las bandejas del horno secador
4. Toma inicial de datos sobre humedad en los lotes
- 5 Entrada del producto horno secador
6. Toma de datos de humedad cada 20 minutos hasta llegar a la humedad deseada 8,5%
7. Pesado final de los lotes de algodón

Además la observación fue la técnica con la cual se tomó nota de todo lo que se consideró necesario para el desarrollo de la investigación para describir hechos de significación especial que ayudaron a tener una base informativa suficiente y veraz se utilizó un cuaderno para registrar los apuntes sobre lo observado y los datos obtenidos en cada intervención como equipos se usaron cronometro una balanza y el medidor de humedad.

## 11. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

### Análisis e interpretación de los resultados

Así se obtiene los siguientes datos:

**Masa a secar y cantidad de agua a eliminar**

**Masa total a secar (Kg):**  $30 + 10/15$  de agua = 42,5

**Humedad inicial en base seca (%):**  $35-45 = 40$

**Humedad final en base seca (%):**  $7-10 = 8,5$

**Masa de agua a eliminar (Kg):**  $10-15 = 12,5$

**Volumen total de secado (m<sup>3</sup>):** 1,044

**Área del lecho de algodón (m<sup>2</sup>):** 10,404

**Nota:** Los datos para el cálculo son tomados de registros de blanqueado y secado proporcionados por la empresa así mismo como el estudio volumétrico del algodón.

**Parámetros técnicos del aire**

Estos se establecerán de acuerdo a las condiciones ambientales medias dominantes en el lugar.

**Ubicación:** Calacali, Quito

**Presión atmosférica:** 732.14 hPa

**Altura:** 2810 (msnm)

**Temperatura media del aire ambiente:** 13,7 (°C)

**Humedad relativa promedio:** 80 %

**Tipo de secador y combustible**

Esta caracterización está realizada tomando en cuenta las necesidades de la empresa y sus prestaciones de los cuales se toman los siguientes parámetros:

**Apropiado para el secado de algodón:** la exposición directa a altas temperaturas puede provocar amarillamientos en el producto por ende es indispensable tomar en cuenta este aspecto.

**Disponibilidad de combustible:** se evalúa este apartado considerando la ubicación de la empresa así mismo como su capacidad instalada y los proveedores de combustible para cada sistema

**Facilidad de mantenimiento:** se evalúa este apartado considerando los elementos que incorporan cada uno de los sistemas para determinar su facilidad de mantenimiento y reemplazo de partes.

**Eficiencia energética:** se evalúa este apartado considerando el porcentaje de energía consumida que puede ser convertida rápida y eficientemente en calor

**Costo de operación:** se evalúa este apartado considerando el costo que representa el uso de determinado sistema dentro de la producción.

**Disponibilidad de repuestos:** se evalúa este apartado considerando la factibilidad de encontrar repuestos oportunamente

**Tabla 9:** Caracterización de secadores

TIPO DE HORNO / ESPECIFICACIÓN	CALOR DIRECTO	CALOR INDIRECTO	ELÉCTRICO	CONVECTOR	TUBO RADIANTE	ACEITE TÉRMICO
APROPIADO PARA EL SECADO DE ALGODÓN	3	8	8	10	7	7
DISPONIBILIDAD DE COMBUSTIBLE	9	9	9	10	8	7
FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	8	8	7	8	7	6
EFICIENCIA ENERGÉTICA	9	9	9	9	7	8
COSTO DE OPERACIÓN	9	9	9	9	8	8
DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS	9	9	8	9	8	8
<b>TOTAL</b>	<b>47</b>	<b>52</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>44</b>

Fuente: El autor (2017)

### Resultados del análisis

En base al análisis realizado el diseño se enfocará en el secador de túnel convector puesto que por sus características de circulación de aire es idóneo para el secado de algodón al no impactar directamente con la fuente de calor evitara amarillamientos en el algodón proporcionando un calor radiante y consistente permitirá un óptimo secado del algodón sin

afectar sus propiedades este sistema brinda una facilidad de mantenimiento y facilidad para encontrar repuestos, en cuanto al combustible por su disponibilidad en el mercado, facilidad de almacenamiento y operación además de existir una solicitud de la empresa se usará gas licuado de petróleo como combustible para el sistema este tiene las propiedades para lograr la temperatura adecuada y una buena eficiencia energética.

### **Temperatura de secado**

Se concluye que a temperaturas de secado de 100 grados centígrados considerada alta para otros productos orgánicos el algodón no sufre daños en su estructura y la disminución en el tiempo de secado es considerable. Por recomendaciones obtenidas en el Laboratorio de Textiles se confía que a temperatura de 105 °C no se dañara en ningún sentido la fibra de algodón. (Izurieta, 1994)

### **Tipo de ventilador**

Analizando cada una de las propiedades de los alabes para ventiladores centrífugos se llega a escoger a los alabes centrífugos radiales puesto que el algodón tiende a desprender partículas al ser procesado en su estado de noil y esta condición no afecta a los alabes radiales mientras que a los curvados hacia adelante y hacia atrás si repercute en su funcionamiento y eficiencia.

### **Caudal de aire y altura de apilamiento de algodón**

Después de realizar el análisis con el fin de cumplir los parámetros determinantes: tiempo de secado, pérdidas de Presión (costos altos) y espacio disponible, se establecen los siguientes valores para un secado eficiente:

**Altura de apilamiento:** 0,16 a 0,22 (m).

**Caudal de aire:** 0,25 a 0,35 ( $m^3/s$ ) o 900  $m^3/h$

Estos parámetros variaran según la altura de apilamiento del algodón en la bandeja.

El ventilador a escoger tendría estas especificaciones según el catálogo de Sodeca (véase anexo B)

Tipo: Centrifugo

Alabes: centrífugos radiales

Marca: Sodeca CMT 922 4T

Diámetro de rodete: 23 cm

Velocidad: 1380 RPM

Motor: 0,55 KW

Caudal: 1080 m<sup>3</sup>/h

Ventilador preparado para transportar aire hasta 250°C

### Quemador

La cámara de secado tiene las siguientes dimensiones basadas en el estudio volumétrico del algodón:

**Largo:** 3,20 m

**Ancho:** 2,55 m

**Altura:** 0.95 m

### Volumen de la cámara de secado

$$3,20 * 2,55 * 0,95 = 7,75 \text{ m}^3$$

$$Q = (V * \rho) * C_p * \Delta t$$

$$Q = (7,75 \text{ m}^3 * 1,2339 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}) * C_p * (100^\circ\text{C} - 13,7^\circ\text{C})$$

$$Q = (9,562 \text{ Kg}) * 0,24 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} * ^\circ\text{K}} * (86,3^\circ\text{C})$$

Transformado a grados Kelvin

$$Q = (9,562 \text{ Kg}) * 0,24 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} * ^\circ\text{K}} * (359,45 \text{ }^\circ\text{K})$$

$$Q = 824,89 \text{ Kcal}$$

$$t = \frac{824,89 \text{ Kcal}}{6000 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

$$t = 0,13 \text{ h} = 8,24 \text{ min}$$

Es necesario un quemador atmosférico modelo R-48 cuya capacidad usando GLP es 6000 kcal/h (véase Anexo C) con lo cual se puede calcular el tiempo que demorara este quemador en calentar el volumen de aire requerido para la cámara de secado.

Con esto se acuerda que se requiere precalentar el horno durante ocho minutos y medio antes de ingresar el primer lote de algodón, a su vez cabe recalcar que este sistema se provee con todos los elementos de seguridad según las normas vigentes, incorporando controles de llama con prebarrido, encendido automático, controles de presión de aire y de gas, filtros, manómetros, permitiendo que todo el conjunto sea controlado antes y durante la operación, brindando la máxima seguridad en toda circunstancia.

### **Espesor de aislamiento térmico**

Para el cálculo del espesor de aislamiento térmico se tendrá las siguientes consideraciones:

$$U = \frac{1}{Rt} = \frac{1}{94 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} * 100} = 0.00010 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$Ct = 0,00010 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \times 7,04 m^2 \times (100 - 13,7)$$

$$Ct = 0,00010 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \times 7,04 m^2 \times (91,3 \text{ } ^\circ C)$$

$$Ct = 0,0642 W$$

Con referencia al catálogo de la empresa aislerglass (véase anexo D) con un espesor de 0,4 cm se tiene una resistencia térmica de  $94 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$  lo que se interpreta como una diferencia de temperatura entre dos superficies de  $94 \text{ } ^\circ C$  por metro cuadrado de tránsito de energía por lo tanto si se tiene una temperatura de  $100 \text{ } ^\circ C$  en el interior por metro cuadrado será perceptible al otro extremo  $6 \text{ } ^\circ C$ .

### **Dimensionamiento y selección de la estructura**

Se toma las siguientes consideraciones sobre las cargas que soportará la estructura para el dimensionamiento:

Carga de algodón mojado al 40%: 42 Kilos

Sistema de banda: 30 kilos

2 Motores: 20 kilos

Aislamiento: 2 Kilos

Quemadores: 8 kilos

Cámara de secado: 20 Kilos



Bandeja de carga: 8 kilos

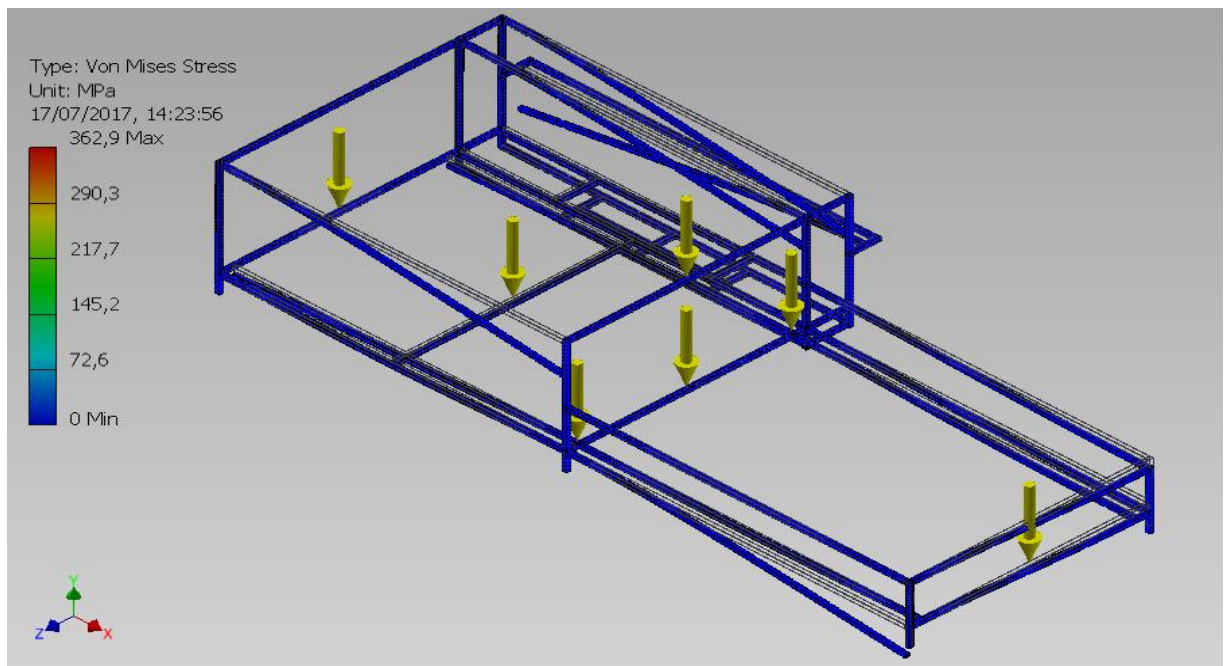
Estructura: 30 Kilos

Total: 160 Kilos

Se usará tubo estructural cuadrado para realizar la construcción se realizó un análisis de la estructura previamente diseñada en un simulador de cargas el mismo que entrego los siguientes resultados para el tubo estructural cuadrado de acero galvanizado ASTM A-500 de 4x4x1.5 mm mismo que se vende en longitudes de 6 metros

Dichas carga será de 200Kg dimensionándolo para los 42 kilos de algodón mojado más el peso propio de la estructura y sus componentes.

**Figura 28.** Análisis de estructura



**Fuente:** El autor

Los resultados del análisis para cada tramo de la estructura indican una mínima deformación soportando sin ningún problema las cargas sometidas considerándolas mínimas con un factor de seguridad de 12 en caso de existir una sobrecarga a estos parámetros el desplazamiento que tendrán los componentes de la estructura será de máximo 20 milímetros.

#### **Determinación de la banda y sus componentes**

$$1 \frac{\text{bandeja}}{\text{min}} * 2,80 \text{ metros} = 2,8 \frac{\text{metros}}{\text{min}}$$

$$2,8 \frac{\text{metros}}{\text{min}} + 30\%(\text{mas eficiencia}) = 3,64 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 11,94 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$$

Velocidad necesaria = 12 FPM

$$50 \frac{\text{Kilogramos}}{\text{Bandeja con algodón}} = 50 \text{ kilogramos en } 2,8 \text{ m}$$

$$17,85 \frac{\text{kilogramos}}{\text{metro}} \times \frac{1 \text{ metro}}{3,28 \text{ pie}} \times \frac{2,2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} = 11,97 \text{ lb/pie}$$

Capacidad = 12 lb/pie

$$(12 \text{ lb/pie}) (20,34 \text{ pie}) = 244,08 \text{ lb}$$

$$(3,2 \text{ kg/m}^2) (0,25 \text{ m}) = 0,8 \text{ kg/m} = (0,53 \text{ lb/pie}) (20,34 \text{ pie}) = 10,78 \text{ lb}$$

$$\text{HP} = \frac{(244,08 \text{ lb} + 10,78 \text{ lb})(0,4)(12 \text{ FPM})}{33000}$$

$$\text{HP} = \frac{(254,86 \text{ lb})(0,4)(12 \text{ FPM})}{33000}$$

$$\text{HP} = 0,037 \text{ HP (1,5 factor de servicio)}$$

$$\text{HP ideal} = 0,055 \text{ HP} \approx 0,25 \text{ HP}$$

Ancho de 2040 mm

Peso 3,2 kg/m<sup>2</sup>

El coeficiente de fricción de la banda de cadena es de 0.4

6,2 metros de largo = 20.34 pie

r = 5,08 cm = 0,16 ft

$$n = \frac{12VL}{2\pi r} = \frac{12(11,94 \text{ ft/min})}{2\pi(0,16 \text{ ft})}$$

$$n = \frac{143,28 \text{ ft/min}}{1,00 \text{ ft}} = 143,28 \text{ RPM}$$

$$RT = \frac{\text{RPM entrada}}{\text{RPM salida}} = \frac{1800 \text{ rpm}}{143,28 \text{ rpm}} = 12,5$$

$$D = \frac{V}{\pi \times RPM} = \frac{11,94 \text{ ft}/\text{min}}{\pi \times 143,28 \text{ RPM}} = 0,026 \text{ ft}$$

Por ende el motorreductor escogido será uno de ¼ de HP y el diámetro mínimo de los engranajes será 0,026 ft

### Tiempo y velocidad de secado

#### Periodo de secado a velocidad constante.

#### Datos:

$$x_{inicial} = 77,68/100 = 0,776$$

$$x_{critica} = 32,30/100 = 0,323$$

$$t_1 = 30 \text{ min} = 0,5 \text{ h}$$

$$t_2 = 90 \text{ min} = 1,5 \text{ h}$$

$$S \text{ (Kg)} = 30$$

$$A \text{ (m}^2\text{)} = 10,404$$

$$W_c = \frac{30 \text{ Kg}}{10,404 \text{ m}^2} \left( - \frac{0,776 - 0,323}{0,5 - 1,5} \right)$$

$$W_c = 2,88 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \left( - \frac{0,453}{-1} \right)$$

$$W_c = 2,88 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \left( \frac{0,453}{h} \right)$$

$$W_c = 1,306 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 * h}$$

- Para humedad inicial 40%=0.40, t1= 80 min-1,3 h , t2= 90min-1,5 h

$$W_c = 2,88 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \left( - \frac{0,40 - 0,323}{1,3 - 1,5} \right)$$

$$W_c = 2,88 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \left( - \frac{0,077}{-0,2 \text{ h}} \right)$$

$$W_c = 2,88 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} (0,385 \text{ h})$$

$$W_c = 1,108 \frac{Kg}{m^2 * h}$$

**Datos:**

$$x_{inicial} = 77,68/100 = 0,776$$

$$x_{critica} = 32,30/100 = 0,323$$

$$S (Kg) = 30$$

$$A (m^2) = 10,404$$

$$W_c = 1,306 \frac{Kg}{m^2 * h}$$

$$tc = \left( \frac{S}{A W_c} \right) * (X_i - X_c)$$

$$tc = \left( \frac{30 \text{ Kg}}{10,404 \text{ m}^2 * 1,306 \frac{Kg}{m^2 * h}} \right) * (0,776 - 0,323)$$

$$tc = (2,20 \text{ h}) * (0,453) = 0,99h$$

- Para humedad inicial 40% = 0,40 ,  $W_c = 1,108 \frac{Kg}{m^2 * h}$

$$tc = \left( \frac{30 \text{ Kg}}{10,404 \text{ m}^2 * 1,108 \frac{Kg}{m^2 * h}} \right) * (0,40 - 0,323)$$

$$tc = (2,60 \text{ h}) * (0,077) = 0,20 \text{ h}$$

**Datos:**

$$x_{critica} = 32,30/100 = 0,323$$

$$S (Kg) = 30$$

$$A (m^2) = 10,404$$

$$W_c = 1,306 \frac{Kg}{m^2 * h}$$

$$X_e = 14,8 / 100 = 0,148$$

$$X_f = 8,64/100 = 0,0864$$

$$N_d = 1,306 \frac{Kg}{m^2 * h} * \frac{(0,0864 - 0,148)}{(0,323 - 0,148)}$$

$$N_d = 1,306 \frac{Kg}{m^2 * h} * \frac{(-0,0616)}{(0,175)}$$

$$N_d = 1,306 \frac{Kg}{m^2 * h} * -0,352$$

$$N_d = 0,4597 \frac{Kg}{m^2 * h}$$

- Para humedad inicial 40% = 0,40 ,  $W_c = 1,108 \frac{Kg}{m^2 * h}$

$$N_d = 1,108 \frac{Kg}{m^2 * h} * -0,352$$

$$N_d = 0,390 \frac{Kg}{m^2 * h}$$

**Datos:**

$$x_{critica} = 32,30/100 = 0,323$$

$$S (Kg) = 30$$

$$A (m^2) = 10,404$$

$$W_c = 1,306 \frac{Kg}{m^2 * h}$$

$$X_e = 14,8 / 100 = 0,148$$

$$X_f = 8,64/100 = 0,0864$$

$$t_c = \left( \frac{30 \text{ Kg} (0,323 - 0,148)}{10,404 m^2 * 1,306 \frac{Kg}{m^2 * h}} \right) * \ln \left[ \frac{0,323 - 0,148}{0,0864 - 0,148} \right]$$

$$tc = \left( \frac{5.25 \text{ Kg}}{13.58 \frac{\text{Kg}}{h}} \right) * \ln \left[ \frac{0.175}{0.0616} \right]$$

$$tc = (0.386 \text{ h}) * \ln[2.8409]$$

$$tc = (0.386 \text{ h}) * 1.0441$$

$$tc = 0.4030 \text{ h}$$

- Para humedad inicial 40% = 0.40 ,  $W_c = 1.108 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 * h}$

$$tc = \left( \frac{30 \text{ Kg} (0.323 - 0.148)}{10.404 \text{m}^2 * 1.108 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 * h}} \right) * \ln \left[ \frac{0.323 - 0.148}{0.0864 - 0.148} \right]$$

$$tc = \left( \frac{5.25 \text{ Kg}}{11.52 \frac{\text{Kg}}{h}} \right) * \ln \left[ \frac{0.175}{0.0616} \right]$$

$$tc = (0.455 \text{ h}) * \ln[2.8409]$$

$$tc = (0.455 \text{ h}) * 1.0441$$

$$tc = 0.4755 \text{ h}$$

$$t_r = 0.4030 \text{ h} + 0.99 \text{ h}$$

$$t_r = 1.39 \text{ h} = 83.58 \text{ min}$$

- Para humedad inicial 40% = 0.40 ,  $W_c = 1.108 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 * h}$

$$t_r = 0.20 \text{ h} + 0.4755 \text{ h}$$

$$t_r = 0.675 \text{ h} = 40.5 \text{ min}$$

$$W_T = 1.306 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 * h} + 0.4597 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 * h}$$

$$W_T = 1.7657 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 * h}$$

- **Para humedad inicial 40% = 0.40**

$$W_T = 1.108 \frac{Kg}{m^2 * h} + 0.390 \frac{Kg}{m^2 * h}$$

$$W_T = 1.498 \frac{Kg}{m^2 * h}$$

Basándose en los resultados de la experimentación antes realizada se ha podido realizar el análisis a una carga de 30 kilogramos bajo los mismos parámetros desde una humedad inicial de 77.68 % hasta la humedad objetivo 8.64% - 8.5% a una temperatura de 71°C con un caudal de aire de 0.25 m<sup>3</sup>/seg obteniendo como resultado que se logra el secado en 83.58 minutos.

Considerando que la humedad inicial media a la cual entra el algodón hidrófilo después del proceso de centrifugado anterior al secado en el horno secador de banda continua es del 40% se puede realizar los ajustes pertinentes en las operaciones antes realizadas para bajo los mismos parámetros encontrar el tiempo y la velocidad de secado en el intervalo de 40% a 8,5% el cual es el objeto de estudio del presente proyecto de investigación presentando así el siguiente resultado final aseverando que se podrá cumplir con la demanda establecida por la empresa en 40.5 minutos a una velocidad de secado de 1.498  $\frac{Kg}{m^2 * h}$  con una temperatura de 71°C.

### **Sensor de temperatura y humedad**

La monitorización de la temperatura y la humedad se realiza mediante termocuplas y un sensor capacitivo de humedad. La termocupla es de tipo K con rango de medición de -270 - 1372 °C y precisión +/- 0,018%. El sensor capacitivo de humedad se puede utilizar en un rango de 0 a 100% de humedad relativa con temperatura de -20 a 80 °C y precisión <math>\leq \pm 2\%</math> HR (10-90% HR).

### **Tamaño de muestra**

La muestra a considerar será de 7 lotes de 10 kilogramos para el secado y se lo realizara en 3 temperaturas diferentes las cuales serán (70°C, 80°C y 90°C).

### **Análisis de experimentación en el secado de algodón.**

Una vez obtenidos los datos de la experimentación misma en la cual se estudia el comportamiento del secado de algodón hidrófilo al variar la temperatura con un flujo de aire convectivo constante se plantea la siguiente tabla de resultados estudiando cada uno de los casos

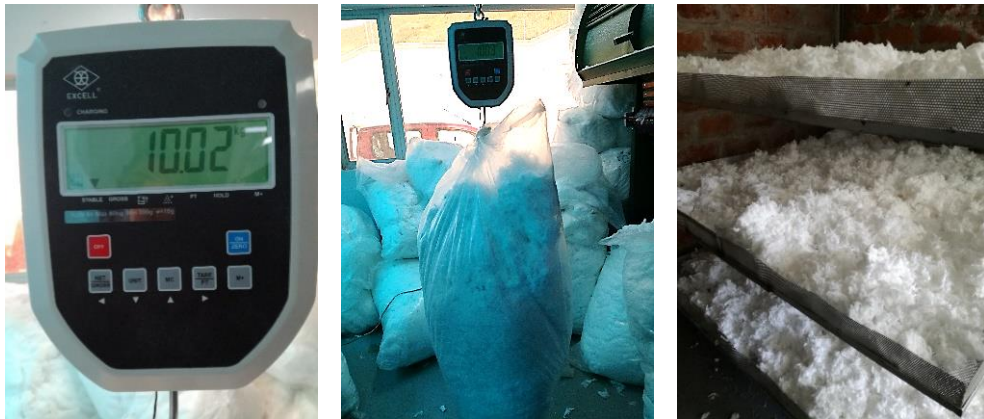
Tabla 10: Análisis de pruebas de secado a distinta temperatura

Lote 1 Para 70°C Peso Inicial: 10 Kg Peso final: 6,20 Kg Humedad Inicial: 34-32%			Lote 2 Para 80°C Peso Inicial: 10 Kg Peso final: 6,20 Kg HUMEDAD INICIAL: 34-32%			Lote 3 Para 90°C Peso Inicial: 10 Kg Peso final: 6,20 Kg Humedad Inicial: 34-32%		
Tiempo (min)	Humedad (%)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Humedad (%)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Humedad (%)	Temperatura (°C)
<b>BANDEJA 1</b>			<b>BANDEJA 1</b>			<b>BANDEJA 1</b>		
0.00	34	70	0.00	33	79	0.00	36	87
20.00	25	70	20.00	23	80	20.00	20	90
40.00	15	68	40.00	11	81	40.00	9	90
60.00	6	70	60.00	4	80	60.00	4	90
80.00	3	70	80.00	2	80	80.00	0	85
90.00	1	69	90.00	0	78	90.00	0	0
120.00	0	70	120.00	0	0	120.00	0	0
<b>BANDEJA 2</b>			<b>BANDEJA 2</b>			<b>BANDEJA 2</b>		
0.00	32	70	0.00	31	79	0.00	32	87
20.00	24	70	20.00	19	80	20.00	19	90
40.00	12	68	40.00	9	81	40.00	8	90
60.00	8	70	60.00	6	80	60.00	5	90
80.00	5	70	80.00	3	80	80.00	0	85
90.00	3	69	90.00	0	78	90.00	0	0
120.00	0	70	120.00	0	0	120.00	0	0
<b>BANDEJA 3</b>			<b>BANDEJA 3</b>			<b>BANDEJA 3</b>		
0.00	33	70	0.00	32	79	0.00	33	87
20.00	27	70	20.00	22	80	20.00	18	90
40.00	13	68	40.00	11	81	40.00	8	90
60.00	7	70	60.00	4	80	60.00	2	90
80.00	5	70	80.00	2	80	80.00	0	85
90.00	1	69	90.00	0	78	90.00	0	0
120.00	0	70	120.00	0	0	120.00	0	0
<b>BANDEJA 4</b>			<b>BANDEJA 4</b>			<b>BANDEJA 4</b>		
0.00	30	70	0.00	32	79	0.00	30	87
20.00	25	70	20.00	21	80	20.00	18	90
40.00	14	68	40.00	10	81	40.00	8	90
60.00	9	70	60.00	3	80	60.00	1	90
80.00	5	70	80.00	1	80	80.00	0	85
90.00	2	69	90.00	0	78	90.00	0	0
120.00	0	70	120.00	0	0	120.00	0	0
<b>BANDEJA 5</b>			<b>BANDEJA 5</b>			<b>BANDEJA 5</b>		
0.00	33	70	0.00	30	79	0.00	33	87
20.00	25	70	20.00	23	80	20.00	21	90
40.00	13	68	40.00	11	81	40.00	9	90
60.00	10	70	60.00	6	80	60.00	5	90
80.00	7	70	80.00	4	80	80.00	0	85
90.00	3	69	90.00	0	78	90.00	0	0
120.00	1	70	120.00	0	0	120.00	0	0
<b>BANDEJA 6</b>			<b>BANDEJA 6</b>			<b>BANDEJA 6</b>		
0.00	31	70	0.00	34	79	0.00	31	87
20.00	26	70	20.00	20	80	20.00	18	90
40.00	14	68	40.00	11	81	40.00	9	90
60.00	9	70	60.00	5	80	60.00	2	90
80.00	6	70	80.00	3	80	80.00	0	85
90.00	4	69	90.00	0	78	90.00	0	0
120.00	0	70	120.00	0	0	120.00	0	0
<b>BANDEJA 7</b>			<b>BANDEJA 7</b>			<b>BANDEJA 7</b>		
0.00	30	70	0.00	32	79	0.00	30	87
20.00	23	70	20.00	18	80	20.00	15	90
40.00	14	68	40.00	12	81	40.00	9	90
60.00	8	70	60.00	5	80	60.00	4	90
80.00	6	70	80.00	2	80	80.00	0	85
90.00	2	69	90.00	0	78	90.00	0	0
120.00	0	70	120.00	0	0	120.00	0	0

Fuente: El autor (2017)



**Figura 29.** Prueba de secado 1



a)

b)

c)



d)



e)



f)



g)

a) Pesado inicial en la balanza. b) Muestra de diez kilos en la balanza. c) Carga de bandejas de algodón. d) Lotes de algodón en cámara de secado. e) Sensor de humedad. f) Extractor de humedad. g) Cámara de secado.

**Fuente:** El autor

**Figura 30.** Prueba de secado 2.



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)

- a) Toma de humedad inicial del algodón. b) Toma intermedia de humedad en lote c) Toma de datos de humedad d) Pesado final e) Humedad mínima alcanzada f) Temperatura de secado 90°C g) Temperatura de secado 80°C h) Temperatura de secado 68°C

**Fuente:** El autor

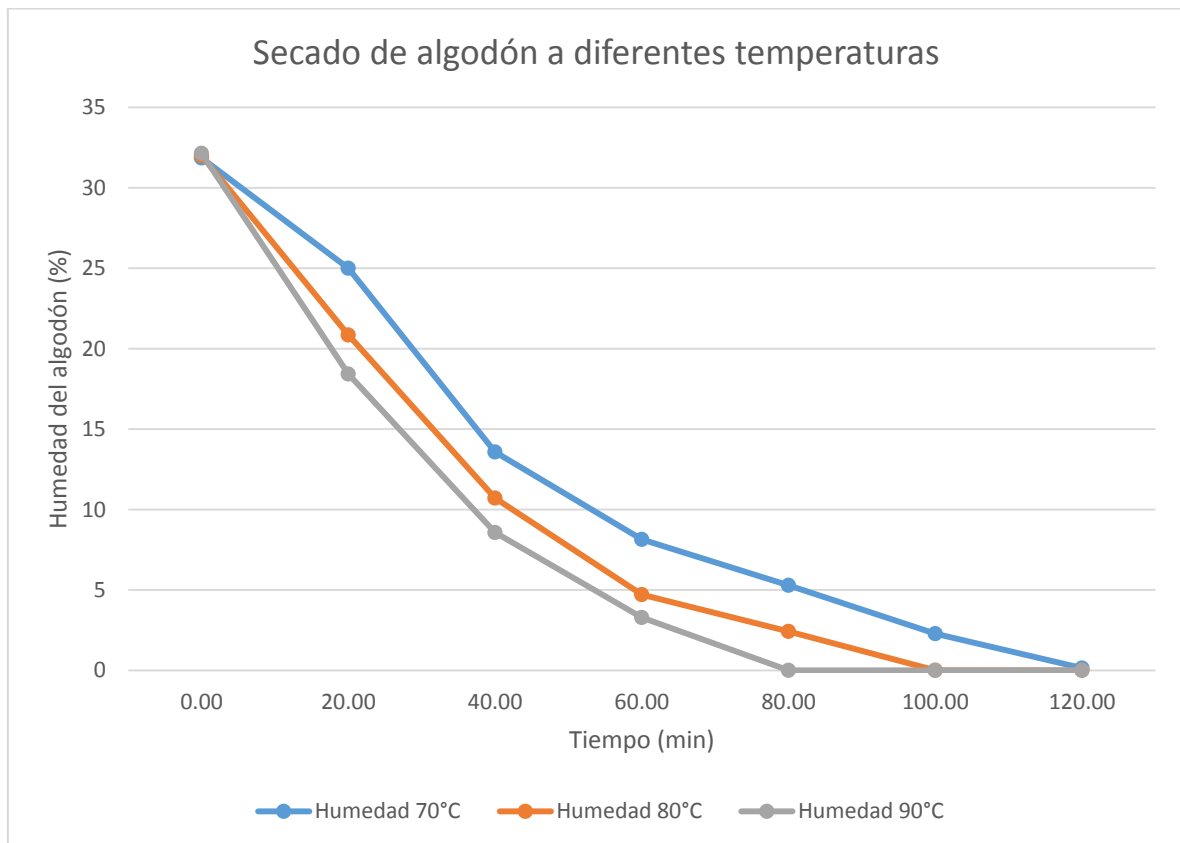
Con los datos obtenidos en la experimentación se realiza una tabla de datos y una gráfica para mayor comprensión de los resultados.

**Tabla 11:** Tabla promedio de resultados de secado

Tiempo	Humedad 70°C	Humedad 80°C	Humedad 90°C
0.00	31,85	32	32,14
20.00	25	20,85	18,42
40.00	13,57	10,71	8,57
60.00	8,14	4,71	3,28
80.00	5,28	2,42	0
100.00	2,28	0	0
120.00	0,14	0	0

Fuente: El autor (2017)

**Figura 31.** Humedad vs. Tiempo para el secado de algodón a distintas temperaturas



Fuente: El autor

El análisis muestra que al variar la temperatura de secado existe mejora en la velocidad y tiempo de secado especialmente en los rangos bajos donde la humedad se concentra en el centro del producto.

### Propuesta del proyecto

Diseño y simulación de un secador de banda continua para el secado de algodón

## Diseño conceptual

### Alcance de la máquina

**Capacidad:** 30 Kilogramos de algodón seco / 42 kilos mojado

**Humedad inicial en base seca (%):** 35-45 = 40

**Humedad final en base seca (%):** 7-10 = 8,5

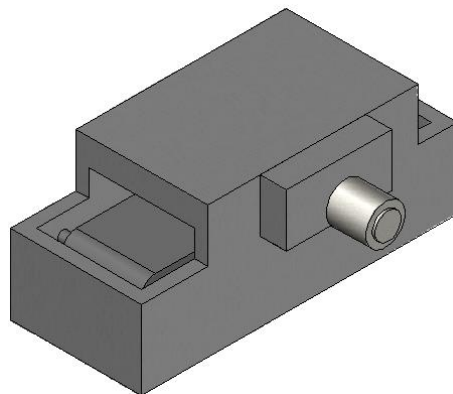
**Masa de agua a eliminar (Kg):** 10-15 = 12.5

**Volumen total de secado (m3):** 1.044

**Área del lecho de algodón (m2):** 10.404

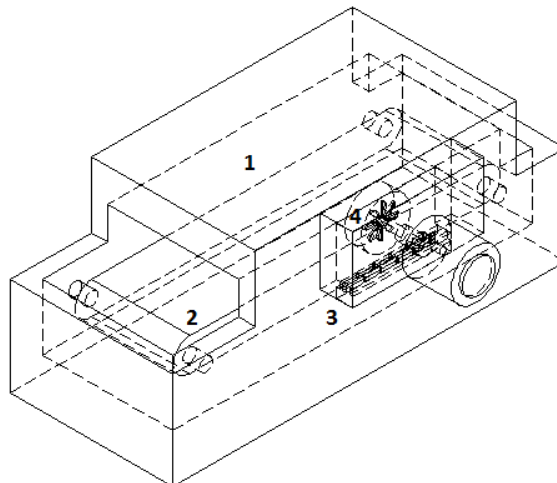
**Tiempo de secado:** 60 – 40 minutos

*Figura 32.* Bosquejo del secador de banda continua



Fuente: El autor

*Figura 33.* Partes principales del secador de banda continua



Fuente: El autor

1. Cámara de secado
2. Banda transportadora
3. Quemadores
4. Turbina de flujo radial

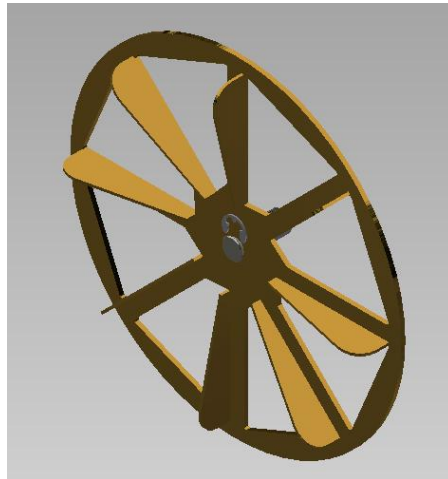
### **Diseño en detalle**

Para el diseño en detalle se realizó cada una de las piezas en un software de simulación y se encuentra detallado en los planos del proyecto el desarrollo del secador de banda continua provocara una mejora dentro del proceso de la manufacturación de algodón hidrófilo en la empresa al mejorar la eficiencia del secado de algodón.

### **Ingeniería en detalle**

A continuación se presenta el diseño en detalle realizado para el secador de banda continua con sus respectivas piezas

*Figura 34.* Turbina centrífuga radial

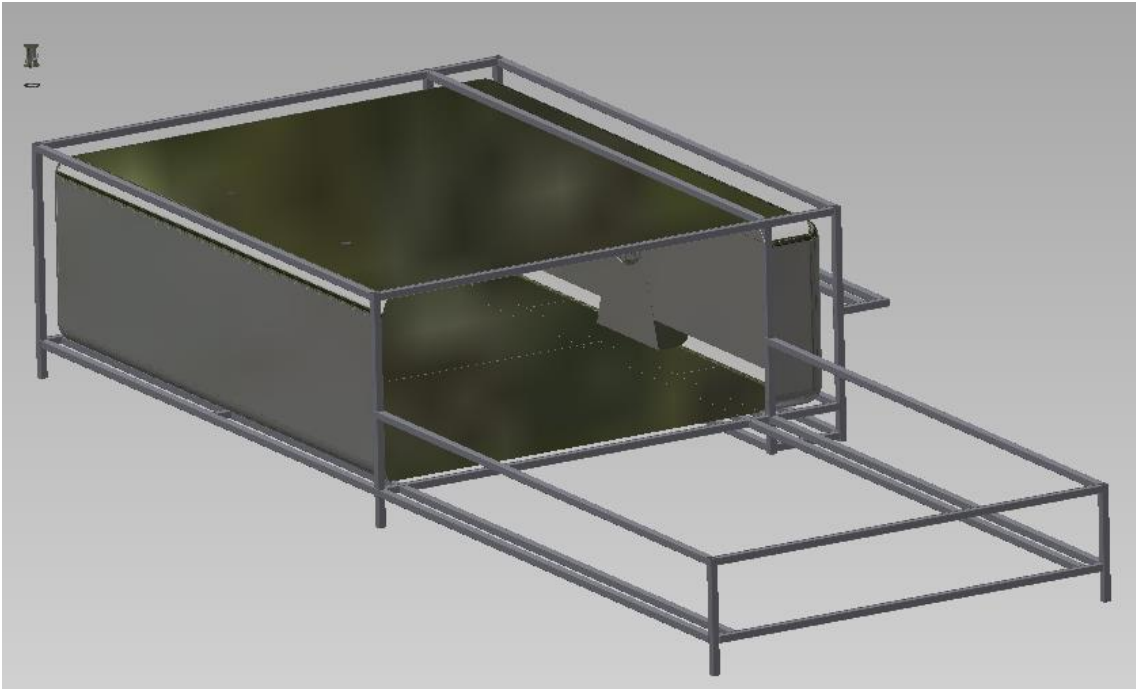


**Fuente:** El autor

Turbina radial usada para potenciar el efecto convector dentro de la cámara de secado



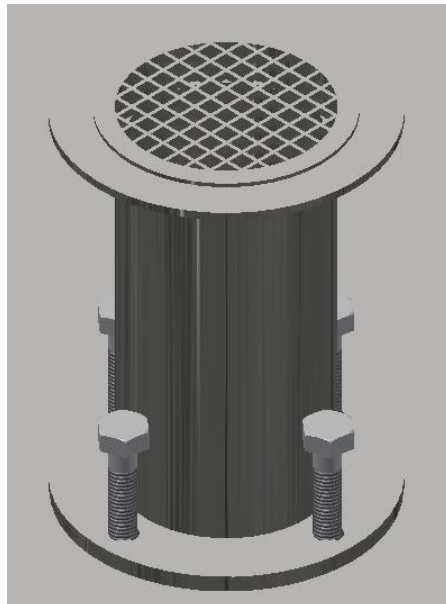
**Figura 35.** Estructura y cámara de secado



**Fuente:** El autor

Montaje de cámara de secado en la estructura de soporte

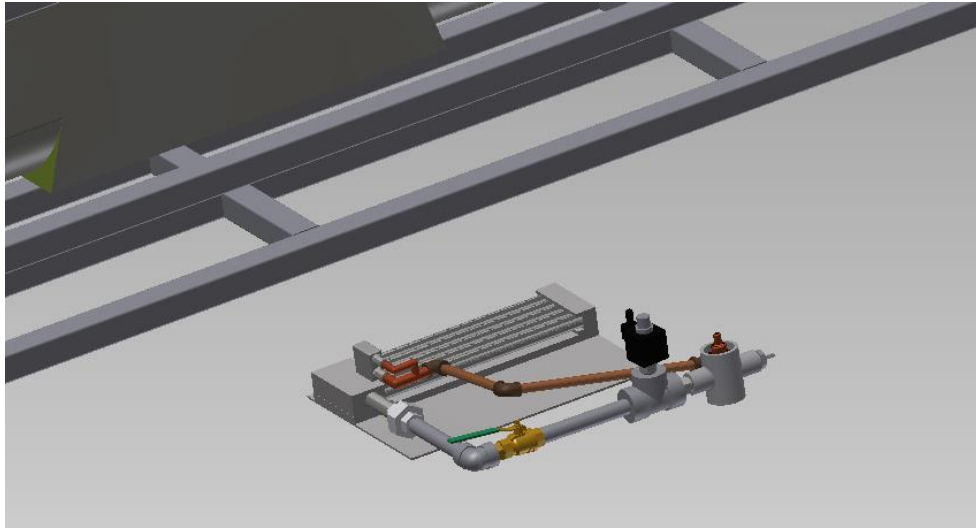
**Figura 36.** Chimenea de la cámara de secado



**Fuente:** El autor

Chimenea para desfogue del aire húmedo resultante de la evaporación de la humedad encontrada en el algodón.

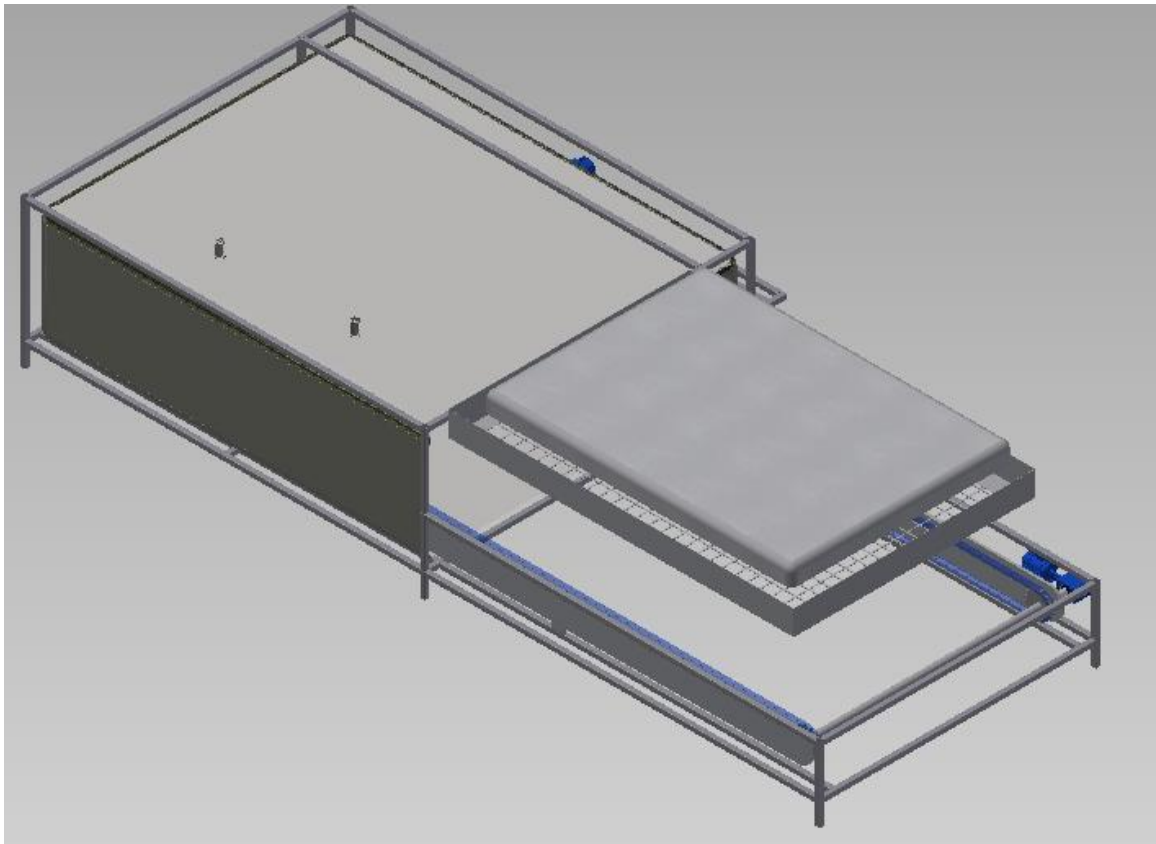
*Figura 37.* Quemadores para la cámara de secado



**Fuente:** El autor

Quemador que suministra y controla el calor necesario para alcanzar la temperatura de secado

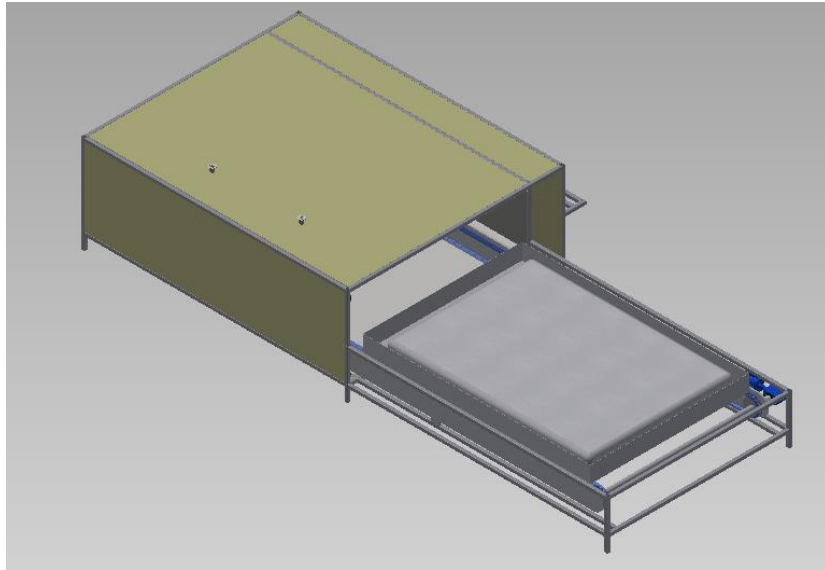
*Figura 38.* Banda transportadora con carga



**Fuente:** El autor

Sistema cargado con un lote de producto para ubicar en la banda

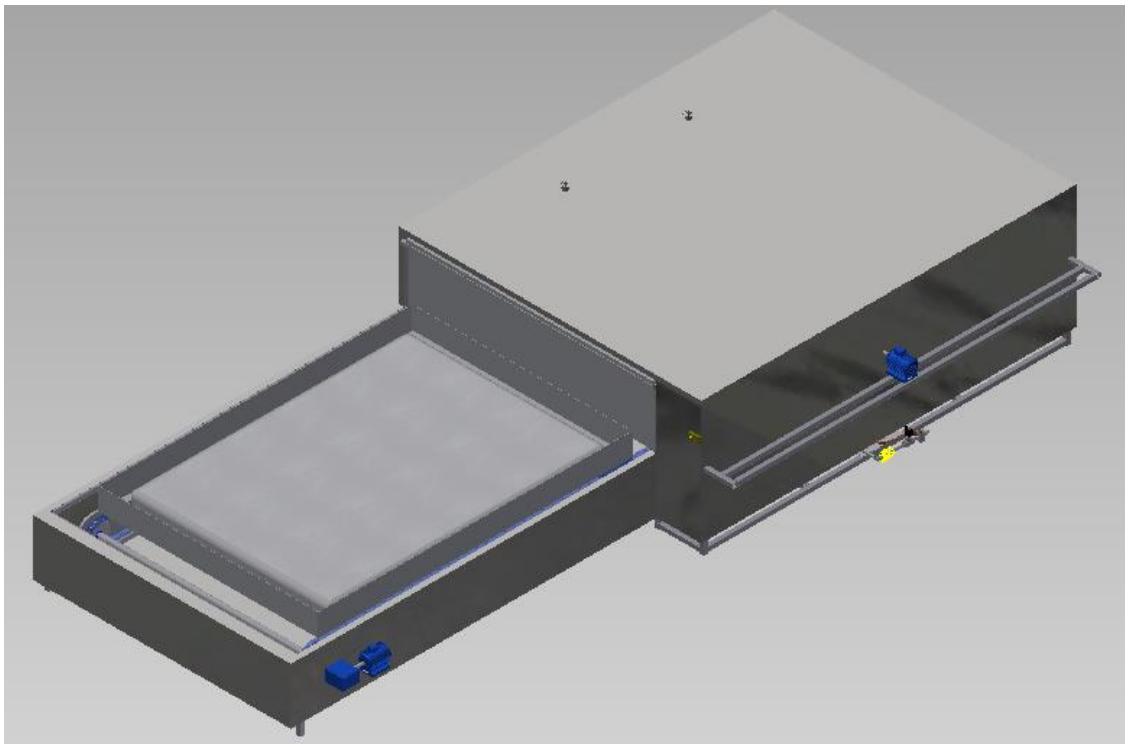
**Figura 39.** Recubrimiento de aislante térmico



**Fuente:** El autor

Aislamiento térmico para proporcionar mayor eficiencia al sistema y proteger a los operadores al evitar el calentamiento de la superficie del secador

**Figura 40.** Simulación del secador de banda continua para algodón



**Fuente:** El autor

Componentes montados listos para la simulación de funcionamiento



### Verificación de la hipótesis

Planteamiento de la hipótesis

**Hipótesis nula:** La variación de temperatura en un secador de algodón hidrófilo no incide sobre el tiempo de secado del mismo.

$$H_0 = \text{tiempo fijo}$$

**Hipótesis alternativa:** La variación de temperatura en un secador de algodón hidrófilo incide sobre el tiempo de secado del mismo.

$$H_1 \neq \text{tiempo variable}$$

Para la verificación de la hipótesis y determinar si existen diferencias significativas en el secado de algodón a distintas temperaturas se realizó la experimentación en siete lotes de diez kilogramos de algodón para cada temperatura las mismas que son 70°C, 80°C y 90°C en estas se tomaron los datos de humedad cada veinte minutos y se realizó un pesado inicial y final luego de tabular los datos obtenidos se calculó la media de la humedad de los lotes en función al tiempo. Partiendo de la comparación de los tiempos obtenidos se obtuvo la diferencia de la media para las variables analizadas. En tanto que las medias muestrales presentan la siguiente variación con una confiabilidad del 80% y una significancia del 20%:

**Tabla 12:** Tabla de tiempos y humedad

Tiempo	Humedad 70°C	Humedad 80°C	Diferencia 70-80°C	%	Humedad 90°C	Diferencia 80-90°C	%
<b>20.00</b>	25	20,85	4,15	16.6	18,42	2,43	11.65
<b>40.00</b>	13,57	10,71	2,86	21.07	8,57	2,14	19.98
<b>60.00</b>	8,14	4,71	3,43	42.13	3,28	1,43	30.36
<b>80.00</b>	5,28	2,42	2,86	54.16	0	2,42	100
<b>100.00</b>	2,28	0	2,28	100	0	0	100
<b>120.00</b>	0,14	0	0.14	100	0	0	100

Fuente: El autor (2017)

En el análisis se muestra una diferencia mayor al 10% de reducción de humedad en el mismo intervalo de tiempo de todos los casos por ende se rechaza la hipótesis nula de variación de la temperatura para secado de algodón y se da como comprobada la hipótesis del investigador es decir la hipótesis alternativa. En conclusión se obtiene una reducción de tiempos de 40 a 60 minutos al variar la temperatura.

## 12. IMPACTOS

**Técnicos:** mejora en los procesos de secado de algodón de la empresa mediante la implementación de tecnología del actual método de secado cuyo rendimiento es de 40 kilos en 3 horas se lograría mejorar este proceso con el secador de banda continua a 30 kilos en cuarenta minutos aproximadamente.

**Económicos:** reducción de coste y tiempos de producción ya que al poder abastecer con aproximadamente más de un 100% de la demanda cumplida anterior el proceso se agiliza logrando así abastecer la demanda del mercado con mayor facilidad. Considerando la inversión inicial y el tiempo de vida útil del proyecto es de diez años tendremos que contamos con una nueva producción de 63360 kilos de algodón versus la anterior producción que era de 11439,12 kilos por año lo que resulta en un VAN: 1.591.993 y un TIR: de 6159% lo que comprueba la factibilidad económica de realizar el proyecto

**Ambiental:** el glp es uno de los combustibles más limpios y su combustión está libre de gases que puedan dañar el medio ambiente por lo que es beneficioso considerando las políticas ambientales de la empresa.

## 13. VALORACIÓN ECONÓMICA Y/O PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTAR LA PROPUESTA DEL PROYECTO

Para establecer el presupuesto se realizaron cotizaciones con proveedores nacionales.

**Tabla 13:** Presupuesto para implementación y estudio del proyecto

<b>PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN</b>				
<b>Desglose implementación de la propuesta</b>				
<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>V. Unitario (\$)</b>	<b>V. Total (\$)</b>
<b>Tubo estructural cuadrado 40 x 1,5 cm (6m)</b>	15	Unidad	10	150
<b>Plancha de acero inoxidable 1220 x 2440 mm</b>	35	Unidad	50	1750
<b>Quemador R-48 American Burners</b>	1	Unidad	700	700
<b>Turbina radial CMT 922</b>	1	Unidad	300	300
<b>Sistema de banda (Cadena con aletas tipo L y con 4 engranajes)</b>	13	m	34,4	447,2
<b>Tubo estructural redondo 2 pulgadas x 1,5mm (6m)</b>	3	Unidad	10	30
<b>Lana de vidrio 0,4 x 1,2 m x 20m</b>	2	m	18	36
<b>Motorreductor 1/4 HP</b>	1	Unidad	300	300
<b>SUBTOTAL</b>				<b>3713,2</b>

<b>Desglose Estudio del diseño y secado de algodón</b>				
<b>Equipos (experimentación de laboratorio para secado de algodón)</b>	8	Unidad	8	64
<b>Transporte y salida de campo</b>	1	Unidad	40	40
<b>Materiales y suministros</b>	0	Unidad	0	0
<b>Material Bibliográfico y fotocopias.</b>	1	Unidad	17	17
<b>SUBTOTAL</b>				121
<b>Imprevistos (10%)</b>	1	Unidad	383,42	383,42
<b>TOTAL</b>				4217,62

Fuente: El autor (2017)

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Al aumentar la temperatura se reducen los tiempos de secado en los lotes de algodón.
- En la inspección visual y técnica de los lotes de algodón se puede constatar que el someterlo a una temperatura de 90°C no afecta a sus propiedades y no produce amarillamientos.
- Es necesario un sistema que permita la salida del aire húmedo que ha circulado por el lecho de algodón para que el proceso de secado sea efectivo.
- El principio de convección mejora la distribución y flujo de la temperatura esto pudiéndose constatar con el segundo termopar instalado en la cámara de pruebas el cual mostraba la misma temperatura que el primer termopar ubicado en el otro extremo situación que antes de instalar los ventiladores se demoraba mucho más en lograr.

### Recomendaciones

- Se debe usar los parámetros óptimos para el secado eficiente de algodón que son la temperatura del secador que como máximo debe ser 105°C para no arriesgar un amarillamiento del producto, el flujo de aire el mismo que debe mantenerse en  $0,25 \frac{m^3}{sg}$  para garantizar un buen flujo de aire transversal en el lecho de algodón, la altura del lecho de algodón la misma que debe estar entre 0,16 cm y 0,22cm para evitar taponamiento de flujo y el principio convector garantiza la circulación del aire de secado lo cual incrementa la eficiencia del secador que brinda la misma temperatura en cada uno de los rincones de la cámara de secado.

- El algodón se debe desmenuzar en mayor medida puesto que esto beneficia la circulación de aire a través del lecho ya que se reduce el diámetro de partícula del algodón y al no existir amontonamiento de fibras el tiempo de secado se ve reducido ya que se favorece la transferencia de masa de agua contenida en la muestra.
- El algodón debe entrar al horno con la menor humedad inicial posible para así disminuir los tiempos de secado, mediante el centrifugado previo al secador se puede eliminar un exceso de humedad de aproximadamente de 120 a 90% a 40% a 30% lo que potencia enormemente la eficiencia del proceso de secado.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

American Burners . (2017). *http://www.tecnovapor.com.ec*. Obtenido de [http://www.tecnovapor.com.ec/fichas/american-burners/quemadores\\_radiales\\_serie\\_R.pdf](http://www.tecnovapor.com.ec/fichas/american-burners/quemadores_radiales_serie_R.pdf)

Area Tecnología. (18 de Julio de 2017). *Area Tecnología*. Obtenido de Tipos de soldadura: <http://www.areatecnologia.com/tipos-de-soldadura.html>

Area Tecnología. (12 de junio de 2017). *Area Tecnología*. Obtenido de Estructuras Metálicas: <http://www.areatecnologia.com/estructuras/estructuras-metalicas.html>

ARQHYS. (2017). Tipos de combustibles. *ARQHYS*.

BABBCO. (2012). *Air Impingement Tunnel Ovens*. Obtenido de <http://www.tunnelovens.com/air-impingement-tunnel-ovens.php>

BABBCO. (2012). *BABBCO Tunnel Oven Manufacturers*. Obtenido de <http://www.tunnelovens.com/tunnel-oven-manufacturers.php>

BABBCO. (2012). *BABBCO Tunnel ovens*. Recuperado el Enero de 2017, de <http://www.tunnelovens.com/index.php>

BABBCO. (2012). *Direct-Fired Tunnel Ovens*. Obtenido de <http://www.tunnelovens.com/direct-fired-tunnel-ovens.php>

BABBCO. (2012). *Dual-Fuel Tunnel Ovens*. Obtenido de <http://www.tunnelovens.com/dual-fuel-tunnel-ovens.php>

BABBCO. (2012). *Electric Tunnel Ovens*. Obtenido de <http://www.tunnelovens.com/electric-tunnel-ovens.php>

- BABBCO. (2012). *Indirect-Fired Tunnel Ovens*. Obtenido de <http://www.tunnelovens.com/indirect-fired-tunnel-ovens.php>
- BABBCO. (2012). *Infrared Tunnel Ovens*. Obtenido de <http://www.tunnelovens.com/infrared-tunnel-ovens.php>
- BABBCO. (2012). *Radiant-Tube Tunnel Ovens*. Obtenido de <http://www.tunnelovens.com/radiant-tube-tunnel-ovens.php>
- BABBCO. (2012). *Thermal-Oil Tunnel Ovens*. Obtenido de <http://www.tunnelovens.com/thermal-oil-tunnel-ovens.php>
- Claus, P. (1989). *Farmaconognsia*. Revolucionaria.
- CONABIO. (2001). Algodón. *Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM) Proyecto GEF-CIBIOGEM de Bioseguridad*.
- Conceptodefinicion. (Marzo de 2015). *Conceptodefinicion*. Obtenido de <http://conceptodefinicion.de/disenio/>
- Conceptodefinición. (17 de Noviembre de 2016). *Motor eléctrico*. Obtenido de <http://conceptodefinicion.de/motor-electrico/>
- Departamento de agricultura de los Estados Unidos. (1999). *La clasificación del algodón*. Washington, D.C.
- EcuRed. (2011). *EcuRed*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Algod%C3%B3n\\_hidr%C3%B3filo](https://www.ecured.cu/Algod%C3%B3n_hidr%C3%B3filo)
- EcuRed. (2013). *EcuRed*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/index.php?title=Combustibles\\_alternativos&action=history](https://www.ecured.cu/index.php?title=Combustibles_alternativos&action=history)
- Flores, A. (2 de Mayo de 2011). *Grupo Unamacor*. Obtenido de <http://www.grupounamacor.com/?p=1147>
- Izurieta, H. (1994). Análisis térmico del algodón.
- J4 s.r.o. (2009). *Hornos de banda de panadería de calefacción directa*. Obtenido de <http://www.j4.cz/es/productos/tipos-de-horno/hornos-de-banda-de-panaderia-de-calefaccion-directa/>

- J4 s.r.o. (2009). *Hornos de panadería de convección*. Obtenido de <http://www.j4.cz/es/productos/tipos-de-horno/hornos-de-panaderia-de-conveccion/>
- La fabrica de inventos. (Noviembre de 2015). *La fabrica de inventos*.
- LPG . (2015). Gas licuado de petróleo . *Exceptional Energy*.
- Mogollon, D., & Romero , C. (2010). *Universidad Nacional Experimental del Táchira*. Obtenido de UNET: <http://www.unet.edu.ve/~maqflu/doc/LAB-1-128.htm>
- Nonhebel, G. (1986). *El Secado de sólidos en la industria Química*. Madrid: Reverté.
- Omega Engineering. (julio de 2010). *Omega*. Obtenido de Termopar: <http://es.omega.com/prodinfo/termopares.html>
- Pinzon, Y. (2015). *Aula Virtual de Tecnología*. Obtenido de CADENA - PIÑÓN: <http://aulatecnologiaeinformatica.webnode.es/grados/octavo/mecanismos/cadena-pinon/>
- Potencia Electromecánica. (18 de junio de 2013). *Potencia Electromecánica*. Obtenido de ¿Cómo funciona un Reductor o Motorreductor?: <http://www.potenciaelectromecanica.com/calculo-de-un-motorreductor/>
- Razska, J. (2015). The experiment of drying process of the fibrous material. *Mechanical Series*, 7.
- Repsol. (2014). *Repsol*. Obtenido de <https://www.repsol.com/>
- Ullauri , P., & Vergara, P. (1995). *Diseño y construcciónn de un secador de algodón para uso médico (Hidrófilo)*. Quito .
- Universidad de Sevilla. (2005). *Biblioteca de ingeniería*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/3953/fichero/Memoria+PFC%252F05-CAPITULO+4.pdf>
- Wigodski, J. (14 de julio| de 2010). *Metodología de la investigación*. Obtenido de Población y muestra: <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/poblacion-y-muestra.html>

**16. ANEXOS****ANEXOS**

## HOJA DE VIDA

---



### Datos de identificación

**Nombre:** Villarroel Tovar Juan Diego  
**Cédula de ciudadanía:** 050389574-0  
**Fecha de nacimiento:** Febrero 27, 1994  
**Estado civil:** Soltero  
**Nacionalidad:** Ecuatoriana  
**Dirección:** Latacunga - 2 de mayo y Av. Rumiñahui  
**Telefonos:** 032800598 - 0987354608  
**E-mail:** juan294vi@hotmail.com

---

### Formación académica

- **Instituto Tecnológico Superior Vicente León** **Sept 2005. -- Jul. 2011**  
Bachiller en Ciencias Físico Matemático  
Latacunga - Ecuador
  - **Universidad Técnica de Cotopaxi** **Mar.2012 -- Feb. 2017**  
Egresado de la carrera de Ingeniería Electromecánica  
Latacunga - Ecuador
- Suficiencia en idioma Inglés **Ago. 2016**



ALTURA LECHO [m]	CAUDAL AIRE [m <sup>3</sup> /s]	AREA LECHO [m]	VELOCIDAD AIRE [m/s]	PERDIDA PRESION [Pa]	PERDIDA PRESION [PulCA]	TIEMPO SECADO [h]	CANTIDAD CALOR [KJ/h]
0.16	0.10	6.4	0.0173	65.62	0.264	8.74	14589.40
	0.20		0.0347	145.98	0.587	5.80	29178.80
	0.30		0.0520	233.03	0.937	4.57	51062.91
	0.35		0.0607	278.38	1.119	4.17	51062.91
	0.40		0.0694	324.74	1.304	3.86	58357.61
	0.50		0.0867	420.06	1.688	3.38	72947.02
	0.60		0.1041	518.38	2.083	3.03	87536.41
	0.70		0.1214	619.27	2.488	2.77	102125.81
	0.80		0.1387	722.38	2.900	2.56	116715.00
	0.90		0.1561	827.51	3.320	2.39	131304.61
	1.00		0.1734	934.45	3.754	2.25	145894.03
0.2	0.10	5.12	0.0216	106.11	0.426	9.58	14589.40
	0.20		0.0434	236.04	0.950	6.36	29178.80
	0.30		0.0650	376.80	1.510	5.00	43768.20
	0.35		0.0758	450.12	1.809	4.57	51062.91
	0.40		0.0867	525.08	2.100	4.22	58357.61
	0.50		0.1084	679.22	2.730	3.70	72947.01
	0.60		0.1300	838.19	3.370	3.33	87536.41
	0.70		0.1520	1001.31	4.023	3.03	102125.81
	0.80		0.1734	1168.05	4.693	2.81	116715.22
	0.90		0.1951	1338.03	5.376	2.62	131304.61
	1.00		0.2168	1510.95	6.071	2.46	145894.03

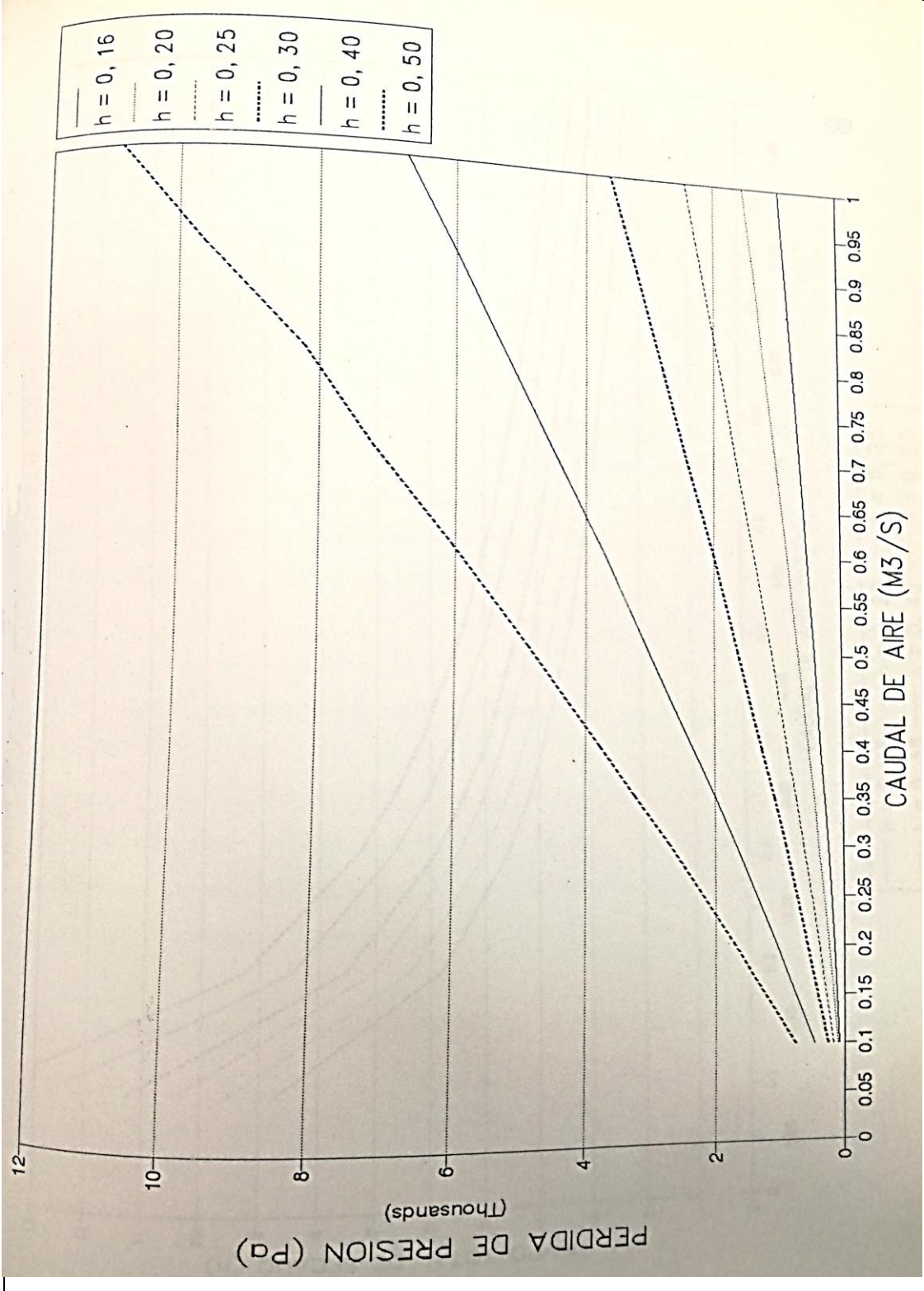


ALTURA LECHO [m]	CAUDAL AIRE [m <sup>3</sup> /s]	AREA LECHO [m]	VELOCIDAD AIRE [m/s]	PERDIDA PRESION [Pa]	PERDIDA PRESION [PulCA]	TIEMPO SECADO [h]	CANTIDAD CALOR [KJ/m]
0.25	0.10	4.1	0.0271	171.57	0.689	10.50	14589.40
	0.20		0.0542	381.67	1.534	6.98	28178.87
	0.30		0.0813	609.26	2.448	5.49	43768.20
	0.35		0.0948	727.83	2.925	5.01	51062.91
	0.40		0.1841	849.03	3.411	4.63	58357.61
	0.50		0.1355	1098.26	4.413	4.06	72947.01
	0.60		0.1626	1355.32	5.446	3.65	87536.41
	0.70		0.1897	1619.07	6.506	3.33	102125.81
	0.80		0.2168	1888.89	7.589	3.08	116715.23
	0.90		0.2439	2163.54	8.693	2.87	131304.60
1.00	0.2710	2443.13	9.817	2.70	145894.03		
0.3	0.10	3.42	0.0325	254.07	1.020	11.31	14589.40
	0.20		0.0650	565.20	2.271	7.51	29178.81
	0.30		0.0976	902.24	3.625	5.92	43758.21
	0.35		0.1138	1077.82	4.330	5.40	51062.91
	0.40		0.1300	1257.30	5.052	4.92	58357.61
	0.50		0.1626	1626.39	6.535	4.38	72947.01
	0.60		0.1951	2007.06	8.064	3.93	87536.41
	0.70		0.2276	2397.63	9.634	3.59	102125.81
	0.80		0.2601	2796.90	11.238	3.31	116715.22
	0.90		0.2927	3203.92	12.874	3.09	131304.60
1.00	0.3252	3617.95	14.538	2.91	145894.03		



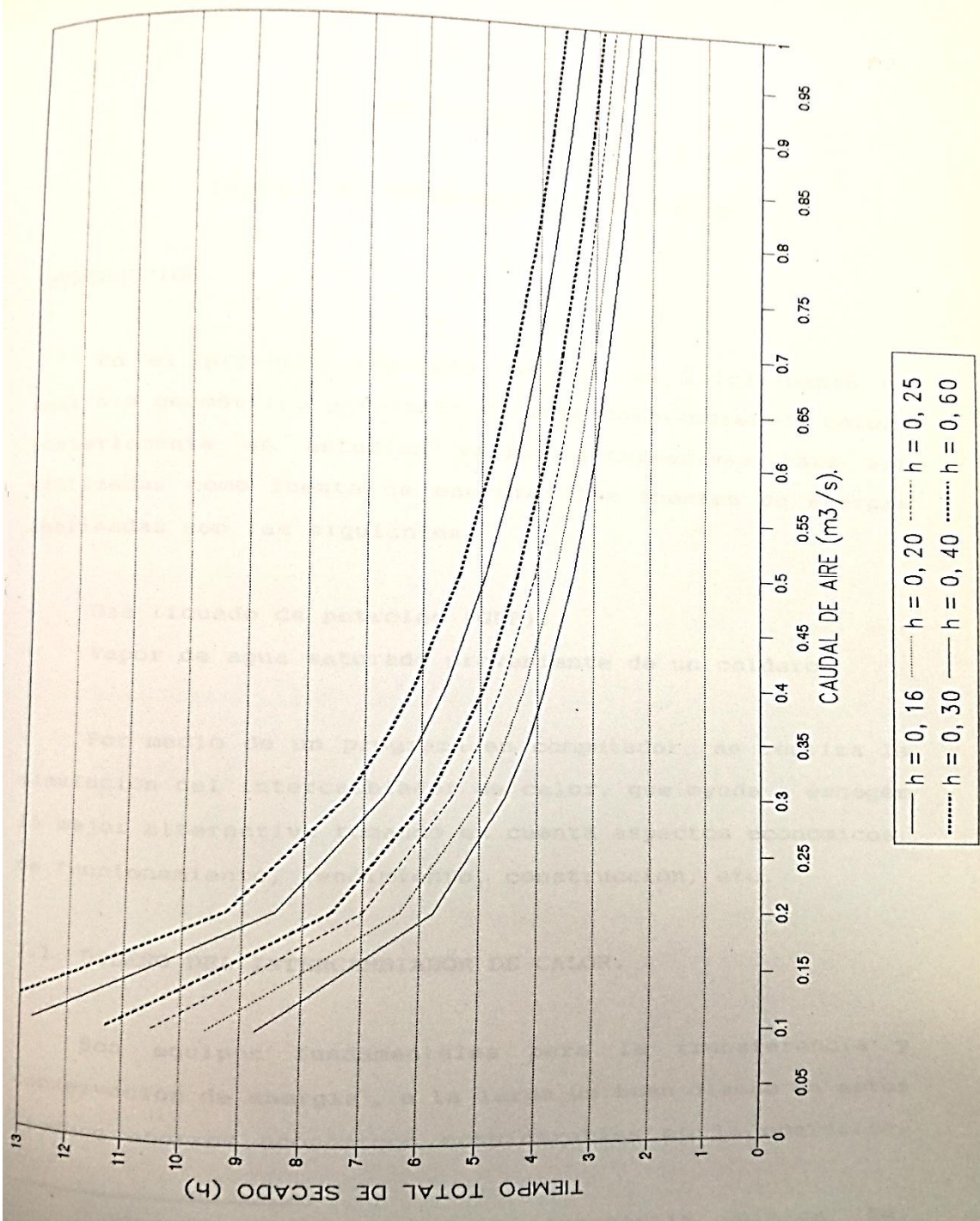
ALTURA LECHO [m]	CAUDAL AIRE [m <sup>3</sup> /s]	AREA LECHO [m]	VELOCIDAD AIRE [m/s]	PERDIDA PRESION [Pa]	PERDIDA PRESION [Pul CA]	TIEMPO SECADO [h]	CANTIDAD CALOR [KJ/h]
0.4	0.10	2.56	0.0433	472.08	1.897	12.73	14589.40
	0.20		0.0867	1050.16	4.220	8.45	29178.81
	0.30		0.1300	1676.40	6.736	6.66	43768.21
	0.35		0.1517	2002.63	8.040	6.08	51062.90
	0.40		0.1734	2336.12	9.387	5.62	58357.61
	0.50		0.2168	3021.90	12.142	4.92	72947.02
	0.60		0.2602	3729.20	14.980	4.42	87536.41
	0.70		0.3035	4454.90	17.900	4.04	102125.81
	0.80		0.3469	5196.76	20.880	3.73	116715.20
	0.90		0.3902	5953.01	23.920	3.48	131304.60
0.5	1.00	2.05	0.4336	6722.30	27.011	3.27	145894.03
	0.10		0.0542	763.33	3.067	13.95	14589.40
	0.20		0.1084	1698.06	6.823	9.26	29178.80
	0.30		0.1626	2710.65	10.892	7.29	43768.21
	0.35		0.1897	3238.14	13.011	6.66	51062.91
	0.40		0.2168	3777.37	15.180	6.15	58357.61
	0.50		0.2710	4886.25	19.634	5.40	72947.02
	0.60		0.3252	6029.92	24.229	4.85	87536.41
	0.70		0.3794	7203.35	28.944	4.44	102125.81
	0.80		0.4336	8202.88	33.764	4.09	116715.23
0.90	0.4878	9625.70	38.677	3.81	131304.61		
1.00	0.5420	10869.60	43.670	3.58	145894.03		

ANEXO A	<b>FIGURA CAUDAL AIRE VERSUS PERDIDA DE PRESION EN EL SECADO DE ALGODÓN</b> <b>AUTORES: (Ullauri &amp; Vergara, 1995)</b>	4/5
---------	--	-----





AUTORES: (Ullauri & Vergara, 1995)



<b>ANEXO B</b>	<b>TURBINA RADIAL CMT 922 4T : CATALOGO</b> <b>SODECA DIÁMETRO: 23 cm. VELOCIDAD: 1380</b> <b>RPM. POTENCIA: 0.55 KW. CAUDAL: 1080 m<sup>3</sup>/h.</b>	<b>1/1</b>
----------------	---	------------

**CMT**

**CMT**

*Ventiladores centrífugos de media presión y simple aspiración con envolvente y turbina de pala recta en chapa de acero, para transporte de polvo y material sólido*



Ventilador:

- Envolvente en chapa de acero
- Turbina de pala recta en chapa de acero

Motor:

- Motores eficiencia IE-2, excepto potencias inferiores a 0,75 kw monofásico y 2 velocidades
- Motores clase F, con rodamientos a bolas, protección IP55
- Trifásicos 230/400V-50Hz (hasta 5,5CV) y 400/690V-50Hz (potencias superiores a 5,5CV)
- Temperatura máxima del aire a transportar: -20°C + 120°C

Acabado:

- Anticorrosivo en resina de poliéster, polimerizada a 190°C, previo desengrase alcalino y pretratamiento libre de fosfatos

Bajo demanda:

- Bobinados especiales para diferentes tensiones
- Ventilador preparado para transportar aire hasta 250°C
- Certificación ATEX Categoría 2

*Turbina radial de alta robustez*

### Características técnicas

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	Nivel presión sonora dB(A)	Peso aprox. (Kg)
		230V	400V	690V				
CMT-922-2T	2050	4,20	2,40		4,40	2400	74	22
CMT-922-4T	1380	2,92	1,69		0,55	1080	66	20
CMT-1025-2T	2770	5,44	3,13		1,50	2850	74	31
CMT-1025-4T	1380	2,92	1,69		0,55	1380	70	27
CMT-1128-2T	2885	7,77	4,47		2,20	4500	76	37
CMT-1128-4T	1380	2,92	1,69		0,55	2250	72	30
CMT-1231-2T-4	2900	10,18	5,88		3,00	5220	78	53
CMT-1231-2T-5,5	2870	13,60	7,82		4,00	6300	79	70
CMT-1231-4T	1400	4,03	2,32		1,10	3000	73	43
CMT-1435-2T-7,5	2880		10,50	6,09	5,50	7800	85	86
CMT-1435-2T-10	2870		14,50	8,41	7,50	8260	87	95
CMT-1435-4T	1445	8,36	4,83		2,20	4175	76	62
CMT-1640-2T-7,5	2880		10,50	6,09	5,50	5600	88	96
CMT-1640-2T-10	2870		14,50	8,41	7,50	9600	90	105
CMT-1640-4T	1445	8,36	4,83		2,20	4800	77	78
CMT-1845-2T-10	2870		14,50	8,41	7,50	5000	89	155
CMT-1845-2T-15	2940		20,30	11,70	11,00	10500	91	183
CMT-1845-2T-20	2935		27,40	15,90	15,00	13000	94	194
CMT-1845-4T	1440	14,10	8,12		4,00	8200	80	144
CMT-2050-2T-25	2930		32,40	18,70	18,50	8500	98	225
CMT-2050-2T-30	2935		38,00	22,00	22,00	13600	99	275
CMT-2050-4T	1440		11,60	6,72	5,50	11300	85	160

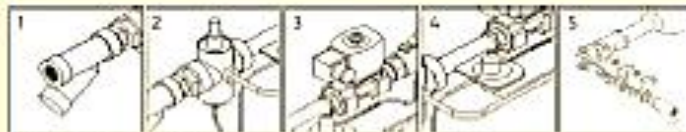


**Tabla de características generales****Sistemas Atmosféricos**

Modelo	Capacidad en kcal/h		ø M/M CUERPO	ENTRADA DE GAS
	Gas Natural	GPL		
R-40	5.000	4.000	120	1/2"
<b>R-48</b>	<b>7.500</b>	<b>6.000</b>	<b>140</b>	<b>1/2"</b>
R-63	12.000	8.500	180	1/2"
R-100	20.000	15.000	210	1/2"
R-130	28.000	21.000	240	1/2"
R-199	45.000	30.000	330	1/2"
R-130/73	65.000	45.000	370	3/4"
R-130/258	125.000	90.000	500	1"

**Sistemas Gas Aire**

Modelo	Capacidad en kcal/h		ø M/M CUERPO	ENTRADA DE GAS
	Gas Natural	GPL		
R-100 GA	100.000		210	3/4"
R-130 GA	150.000		240	1"
R-199 GA	190.000		330	1"
R-130-73 GA	270.000		370	1"
R-130-258 GA	400.000		500	1 1/2"

**Presentaciones:**

- 1- Con filtro.
- 2- Con válvula de seguridad a termocupla.
- 3- Con sistemas automáticos con electroválvula.
- 4- Con encendido piezoeléctrico.
- 5- Con sistemas electrónicos de seguridad.

**Algunas Aplicaciones**

**Pellets - reactores - betas y cubas - tanques químicos - anafes - termotanques - calderas - crisoles - procesos industriales en general.**

**Particularidades**

Venturas en fundición de aluminio con inyectores de bronce y válvulas de bloqueo manual de un cuarto de vuelta.



Pilotos inextinguibles con sensores de fácil acceso.



Cumplimiento de las normativas vigentes NAG 201.

**PRODUCTOS AISLANGLASS®**
**Rollo Libre**

Rollo flexible sin revestimientos. Es un producto de lana de vidrio AislanGlass® que se entrega en forma de rollos, con un ancho de 0,60 m ó 1,20 m y de longitud que puede ser de hasta 20 metros (se pueden fabricar largos mayores a pedido). El material no lleva ningún tipo de recubrimiento y tiene una extraordinaria flexibilidad durante su instalación. Su gran longitud le permite minimizar el tiempo de instalación y reducir los puentes térmicos. Además, su envasado de alta compresión permite durante el transporte y manipulación un excelente comportamiento, evitando el deterioro del producto y logrando una disminución considerable de los costos de flete.

**Principales aplicaciones**

Aislación de tabiques, cielos modulares y techumbres.


**Rollo Papel Una Cara**

Rollo flexible con papel kraft como soporte mecánico y barrera de vapor por una de sus caras. Es un rollo libre, al que se le adhiere en una de sus caras un recubrimiento en base a papel kraft. La adhesión es permanente y resistente a los esfuerzos mecánicos aplicados durante su instalación. Además, gracias al delgado film de polietileno fundido en la zona de contacto de la lana y el papel, sus índices de permeancia al vapor de agua son muy bajos, lo que le confiere excelentes propiedades como barrera al vapor. En estos casos, el papel enfrenta el ambiente de mayor temperatura. Además, este recubrimiento mejora la autosustentación del producto en las soluciones constructivas en que se utiliza.

**Principales aplicaciones**

Aislación de tabiques, cielos modulares, techumbres y muros perimetrales.



Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	R100
Rollo Libre	40	0,6 / 1,2	20	94
Rollo Libre	50	0,6 / 1,2	12	122
Rollo Libre (*)	50	0,6	10	122
Rollo Libre	60	0,6 / 1,2	12	141
Rollo Libre	80	0,6 / 1,2	9,6	188
Rollo Libre (*)	80	0,6	8,3	188
Rollo Libre	100	0,6 / 1,2	7,5	235
Rollo Libre	120	0,6 / 1,2	7,5	282
Rollo Libre	140	1,2	5,5	329
Rollo Libre	160	1,2	5,5	376

Los Rollos de 0,6 m de ancho se venden en 2 unidades por paquete.

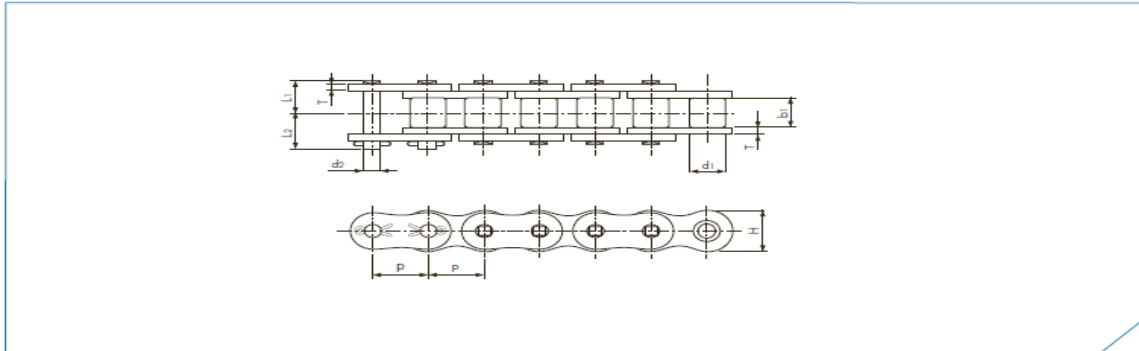
Los Rollos de 1,2 m de ancho se venden en 1 unidad por bolsa.  
 (\*)Presentación de 1 unidad por paquete.

Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	R100
Rollo Papel 1 Cara	40	1,2	20	94
Rollo Papel 1 Cara	50	1,2	12	122
Rollo Papel 1 Cara	60	1,2	12	141
Rollo Papel 1 Cara	80	1,2	9,6	188
Rollo Papel 1 Cara	100	1,2	7,5	235
Rollo Papel 1 Cara	120	1,2	7,5	282
Rollo Papel 1 Cara	140	1,2	5,5	329
Rollo Papel 1 Cara	160	1,2	5,5	376

Los Rollos se venden en 1 unidad por paquete.



ANSI CADENA DE RODILLOS PARA TRABAJO PESADO



Serie HT

Dimensiones en mm

Cadena TSUBAKI n.º	Paso p	Diámetro del rodillo d1	Ancho interior b1	Perno			Placa		Carga de rotura mín. según Tsubaki kN	Carga de rotura media según Tsubaki kN	Masa aprox. kg/m
				Diámetro d2	Longitud L1	Longitud L2	Grosor T	Altura H (máx.)			
RS60-HT-1	19,05 (3/4")	11,91	12,70	5,96	14,80	17,00	3,20	18,10	48,1	55,9	1,80
RS80-HT-1	25,40 (1")	15,88	15,88	7,94	18,30	20,90	4,00	24,10	81,4	93,2	3,11
RS100-HT-1	31,75 (1 1/4")	19,05	19,05	9,54	21,80	24,50	4,80	30,10	124,0	142,0	4,58
RS120-HT-1	38,10 (1 1/2")	22,23	25,40	11,11	26,95	30,55	5,60	36,20	167,0	191,0	6,53
RS140-HT-1	44,45 (1 3/4")	25,40	25,40	12,71	28,90	33,10	6,40	42,20	218,0	250,0	8,27
RS160-HT-1	50,80 (2")	28,58	31,75	14,29	33,95	38,45	7,15	48,20	278,0	319,0	10,97
RS200-HT-1	63,50 (2 1/2")	39,68	38,10	19,85	42,90	48,10	9,50	60,30	486,0	559,0	18,41
RS240-HT-1	76,20 (3")	47,63	47,63	23,81	54,80	62,30	12,70	72,40	768,0	883,0	29,13

Aleta K

Esta es una aleta que se realiza al instalar aletas A en ambos lados de la cadena. La aleta se llama K-1 o K-2 según la cantidad de orificios para perno en cada aleta individual. El intervalo de la aleta puede variar, al igual que la aleta A (Figura 9).



Fig. 9 Aleta K-1

La parte superior de la aleta es más alta que los rodillos tipo R, por lo que los listones o las plantillas se pueden instalar sobre las cadenas (Figura 10). Los objetos también se pueden transportar directamente sobre las aletas K.

Cuando un listón ancho se instala en dos cadenas con aletas A, es posible que los listones no puedan soportar el peso. La cadena con aletas K se instala entre las cadenas con aletas A para ayudar a soportar la carga.

Cuando los listones son lo suficientemente rígidos y se ajustan bien a las aletas, casi no se siente la fuerza de flexión sobre la resistencia de la aleta. Pero si el listón no se ajusta adecuadamente, asegúrese de tener en cuenta la fuerza de flexión en su cálculo.

Si se instalan plantillas largas o la aleta recibe cargas laterales, estará expuesta a fuerzas de torsión.

El lado de retorno de la cadena con aletas K no puede ser soportado con rieles guía en los rodillos. El retorno puede quedar flojo o se puede sostener de alguna otra manera.

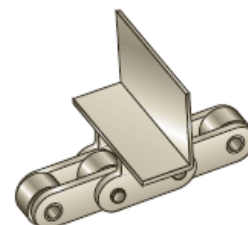


Fig. 10 Aleta K con ángulo en L



## RN-RO-RV Reductores

RN1 - 180 Nm

Selezione riduttori

1400 min<sup>-1</sup>

FRN	$i_h$	$i_r$	$n_2$ [min <sup>-1</sup> ]	$M_2$ [Nm]	$P_1$ [kW]	$F_{r1}$ [N]	$F_{r2}$ [N]	$J_1 (x 10^{-4})$ [kgm <sup>2</sup> ]	56 B5	63 B*	71 B*	80 B*	90 B14
12 2C	7,1	6,59	212	125	2,9	1050	3350	0,8414	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	8,0	7,95	176	130	2,5	1100	3470	0,7600	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	9,0	8,32	168	140	2,6	1030	3580	0,6786	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	10,0	10,11	138	150	2,3	1010	3490	0,5849	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	12,5	12,19	115	130	1,6	1110	3470	0,5416	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	14,0	13,17	106	165	1,9	1000	3450	0,4982	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	16,0	15,87	88,2	140	1,3	1110	3450	0,4722	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	18,0	16,65	84,1	165	1,5	1060	3560	0,4462	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	20,0	20,29	69	170	1,3	1110	3710	0,4149	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	22,4	25,37	55,2	170	1,0	1130	3850	0,3892	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	31,5	30,53	43,3	140	0,78	1270	4070	0,3703	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	33,0	33,00	42,4	160	0,74	1230	4290	0,3685	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	35,5	36,47	38,4	140	0,59	1330	4700	0,3026	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	40	39,78	35,2	140	0,54	1420	4870	0,3635	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	45	43,96	31,8	140	0,49	1420	4900	0,3585	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	50	48,98	28,6	140	0,44	1420	4900	0,3539	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
56	52,07	26,9	110	0,32	1420	5150	0,3499	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
60	62,78	22,3	120	0,29	1470	5400	0,3459	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	

