



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DE UN HORNO PARA LA
REALIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE
MADERA EN LA EMPRESA VENMAIN, C.A
UBICADA EN VALENCIA. ESTADO CARABOBO.**

Autores:

Daniel Alberto Marín Rincón
Isabella Paulina González Caballero

Urb. Yuma II, Calle N° 3. Municipio San Diego Teléfono:
(0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 87123



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

**DISEÑO DE UN HORNO PARA LA REALIZACIÓN DEL PROCESO DE
SECADO DE MADERA EN LA EMPRESA VENMAIN, C.A UBICADA EN
VALENCIA. ESTADO CARABOBO.**

Proyecto de Trabajo de Grado para optar al título de

INGENIERO MECÁNICO

Autores:

Daniel Alberto Marín Rincón
Isabella Paulina González Caballero

Tutor:

Alicia De Pizzella

San Diego, Junio 2020



FI-M -006-2020-1CR (TG)

Valencia, 08 de junio de 2020

Ciudadano:
Gonzalez C., Isabella P.
26.581.126
Marin R., Daniel A
28.022.528
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2020 de fecha 11-02-2020 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado ***DISEÑO DE UN HORNO PARA LA REALIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE MADERA EN LA EMPRESA VENMAIN C.A. UBICADA EN VALENCIA. ESTADO CARABOBO*** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Se ratifica la designación de la Ing. Alicia Yáñez de Pizzella C.I: 4.598.880 como Tutora Académica que lo asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,



Prof. Luis Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

Ll/a.a.



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

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Alicia Teresa Yáñez De Pizzella, portadora de la cédula de identidad N° V-4.598.880, en nuestro carácter de tutor del Trabajo Especial de Grado presentado por los ciudadanos González Caballero Isabella Paulina, portadora de la Cédula de Identidad N° V-26.581.126, y Marín Rincón Daniel Alberto, portador de la Cédula de Identidad N° V-28.022.528 titulado **DISEÑO DE UN HORNO PARA LA REALIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE MADERA EN LA EMPRESA VENMAIN, C.A UBICADA EN VALENCIA. ESTADO CARABOBO.** Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 24 días del mes de Junio del año dos mil veinte.

Firma

Ing. Alicia De Pizzella

C.I.: V- 4.598.880

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero darle gracias a Dios por haberme permitido terminar la carrera y obtener este gran logro en mi vida. Así como también, darme salud y que a pesar de lo que sucede a nivel mundial he podido terminar la carrera sin ningún contra tiempo.

También a todos mis profesores, que a pesar de todos los inconvenientes presentados en el país, nos siguen enseñando con toda su dedicación. Sin ellos habría sido difícil culminar mi carrera y sobre todo a la profesora Alicia, por haber aceptado ser mi tutora y en ayudarme a poder realizar este trabajo de grado.

En especial a mis padres, por siempre creer en mí y enseñarme que por muy difíciles que sean los obstáculos estoy en la capacidad de salir de ellas. Por su paciencia, dedicación y amor en el momento de educarme, sin ellos no sería la persona que soy hoy ahora. Por su apoyo. A mi papá, por ser el mayor ejemplo de responsabilidad y disciplina que pueda tener. A mi mamá, por darme su amor incondicional en todo momento y estar allí para mí siempre y enseñarme sus valores.

A mi hermana y mi cuñado por ayudarme en algunas materias de la carrera y por empujarme a ser mejor persona cada día. A mis abuelos y mis tíos por su apoyo incondicional y su amor. También a todos mis compañeros de clase, que durante estos casi cuatro años de carrera hemos convivido y pasado experiencias que solo suceden en esta etapa

Daniel Marin

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiar mis pasos siempre y por permitirme concluir esta etapa de mi vida de manera exitosa.

A mis padres, Lucho y Claudia, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CONTENIDO	
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
INDICE DE GRAFICOS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
NOMENCLATURA	xv
RESUMEN	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	5
1.3 Objetivos de la investigación.....	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación.....	6
II MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	8
2.2 Bases Teóricas.....	10
2.2.1 La Madera.....	11
2.2.2 Estructura Anatómica de la Madera.....	11
2.2.3 Propiedades de la Madera.....	12
2.2.4 Obtención de la madera.....	13
2.2.5 Industria de primera y segunda transformación de la madera.....	13
2.2.6 Hornos de Secado.....	14
2.2.7 Requisitos del proceso.....	14

2.2.8 Hornos para el secado de madera.....	15
2.2.9 Procesos del secado al aire.....	15
2.2.10 Horno de secado Solar.....	16
2.2.11 Hornos Convencionales.....	17
2.2.12 Primera ley de la termodinámica.....	17
2.2.13 Mecanismos de transferencia de energía.....	18
2.2.14 Transferencia de Calor, Q	18
2.2.15 Transferencia de Trabajo, W	18
2.2.16 Flujo Másico, m	18
2.2.17 La Segunda Ley de la Termodinámica.....	19
2.2.18 Maquinas Térmicas.....	19
2.2.19 Eficiencia Térmica.....	20
2.2.20 Mecanismos de Transferencia de Calor.....	21
2.2.21 Conducción.....	21
2.2.22 Conductividad Térmica.....	22
2.2.23 Difusividad Térmica.....	24
2.2.24 Convección.....	24
2.2.25 Radiación.....	26
2.2.26 Mecanismos Simultáneos de transferencia de Calor.....	27
2.2.27. Humedad (en base seca).....	29
2.2.28. Datos experimentales.....	29
2.2.29. Calculo de la longitud del horno.....	30
2.2.30. Cálculo del ancho del horno.....	31
2.2.31. Calculo de la altura del horno.....	31
2.2.32. Cálculo del coeficiente de transferencia en el horno.....	32
2.2.33. Cálculo del coeficiente de transferencia en las paredes del horno.....	32
2.2.34. Cálculo del coeficiente de transferencia en el techo.....	32

2.2.35. Calculo del coeficiente de transferencia en el suelo.....	33
2.2.36. Cálculo de ks correspondiente.....	33
2.2.37. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor de la puerta.....	33
2.2.38. Cálculo de la velocidad de transferencia de calor en el horno.....	34
2.2.39. Velocidad de periodo constante.....	34
2.2.40. Velocidad total en la operación de secado.....	34
2.2.41. Periodo anticrítico.....	35
2.2.42. Período decreciente o pos crítico.....	35
2.2.43. Cálculo de las entalpías de la madera.....	35
2.2.44. Cálculos de las entalpías de aire.....	36
2.2.45. Cálculo de la cantidad de calor perdido.....	36
2.2.46. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor.....	37
2.2.47. Cálculo del calor necesario para calentar el sólido.....	37
2.2.48. Calculo de la energía requerida para la fase de secado.....	37
2.2.49. Masa de agua libre en la madera.....	37
2.2.50. Masa de constitución de la madera.....	37
2.2.51. Energía térmica para evaporar el agua libre de la madera...	38
2.2.52. Energía térmica para evaporar el agua de constitución de la madera.....	38
2.2.53. Potencia para eliminar el agua de la madera.....	38
2.2.54. Cálculo del calor necesario para calentar el sistema.....	38
2.2.55. Cálculo del calor que debe suministrar los serpentines.....	38
2.2.56. Potencia de la caldera.....	39
2.2.57. Sistema de ventilación.....	39
2.2.58. Selección del combustible.....	39
2.3. Bases legales.....	40

2.3.1. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.....	40
2.3.2. Ley orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.....	40
2.3.3. Norma Técnica de programa de Seguridad y Salud en el trabajo (NT-01-2008).....	41
2.3.4. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).	42
2.3.5. NFPA 86 Norma para Hornos y Hornos Industriales.....	42
2.4. Definición de Términos.....	43
III MARCO METODOLÓGICO.....	45
3.1 Tipo de Investigación.....	45
3.2 Diseño de la Investigación.....	45
3.3 Nivel de Investigación.....	46
3.4 Población y Muestra.....	47
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	48
3.6 Validación del instrumento.....	48
3.7 Confiabilidad del instrumento.....	49
3.8 Fases Metodológicas de la Investigación.....	50
IV RESULTADOS.....	52
4.1 diagnóstico de la situación actual de la empresa VENMAIN, C.A, en cuanto a la aplicación del secado de madera.....	52
4.2 Determinación del tipo de madera que se utiliza en la empresa VENMAIN, C.A.	61
4.3 Análisis de los diferentes equipos a utilizar en el diseño del horno..	61
4.3.1. Componentes del horno.....	62
4.3.2. Materiales.....	64
4.4 Elaboración de la simulación y diseño del horno para el proceso de secado de madera.....	64
4.4.1. Dimensiones del tablón de madera.....	65

4.4.2. Calculo de las dimensiones del horno.....	66
4.4.3. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor en el horno.....	68
4.4.4. Cálculo de la velocidad de transferencia de calor en el horno.....	69
4.4.5. Cálculo de la velocidad y tiempo de secado para los diversos períodos.....	70
4.4.6. Cálculos térmicos para el diseño del horno de secado de la madera.....	74
4.4.7. Sistema de ventilación.....	81
4.4.8. Consumo del combustible diesel.....	81
4.5 Determinación de la factibilidad del horno de secado de madera...	81
4.5.1. Factibilidad Económica.....	81
4.5.2. Factibilidad Técnica.....	84
4.5.3. Factibilidad Social.....	85
4.5.4. Factibilidad Ambiental.....	85
CONCLUSIONES.....	86
RECOMENDACIONES.....	88
REFERENCIAS.....	90
APÉNDICES.....	95
A: EL CUESTIONARIO.....	96
B: VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO.....	97
C: CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO.....	101
D: ENTREVISTA REALIZADA A LOS GERENTES	102
E: TABLA DE RESULTADOS.....	103
F: TABLA RESUMEN.....	106
G: TIEMPOS DE SECADO	107
H: CONDICIONES DE TRABAJO	108

I: ESTRUCTURA METALICA DEL HORNO.....	109
J: VENTILADOR.....	110
K: SISTEMA DE MANDO CON EL CONTROLADOR.....	111
L: TANQUE DE DIESEL CON LA CALDERA.....	112
M: CONTENEDOR DE LA MADERA.....	113
N: HORNO DE SECADO DE MADERA.....	114
ANEXOS.....	115
A TIPOS DE MATERIALES TÉRMICOS.....	116
B PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA Y VAPOR DE AGUA.....	117

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	Pág.
1	La energía no se crea ni se destruye, sólo cambia de forma.....	17
2	Volumen de control.....	19
3	Máquina térmica.....	20
4	Eficiencia térmica.....	21
5	Enfriamiento de un huevo cocido por convección forzada y natural.....	25
6	Mecanismos simultáneos de transferencia de calor.....	28
7	Horno de secado de madera.....	62
8	Tablón de madera.....	65
9	Ancho de los paquetes de madera.....	66
10	Balance de masa.....	74

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO	CONTENIDO	Pág.
1	Método utilizado para el secado de la madera.....	53
2	Otros métodos para el secado de la madera.....	54
3	Necesidad de ampliar el personal de mantenimiento.....	55
4	Lesiones laborales.....	56
5	Pérdidas de materia prima debido a la humedad y diversos factores.....	57
6	Mejoramiento del proceso de fabricación de muebles...	58
7	La fabricación de muebles depende estrechamente con el proceso de secado.....	59
8	Tipos de maderas que usa la empresa.....	60
9	Curva de Humedad x en función de 1/W.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	CONTENIDO	Pág.
1	Conductividades térmicas de algunos materiales a temperatura ambiente.....	23
2	Constante de conductividad térmica dependiendo la posición y sentido de flujo de calor.....	23

3	Difusividades térmicas de algunos materiales a temperatura ambiente.....	24
4	Emisividades de algunos materiales a 300 °K.....	27
5	Datos procesados para la obtención de variables.....	29
6	Datos procesados para la obtención de diferentes variables y gráficas.....	30
7	Tipos de madera que utiliza la empresa VENMAIN, C.A.....	61
8	Dimensiones del tablón.....	65
9	Humedad X en función de 1/W.....	72
10	Materiales para la fabricación del horno.....	82
11	Equipos a implementar para la fabricación del horno.....	82
12	Costos de combustible.....	84
13	Costos en mano de obra.....	84
14	Costos totales.....	84

NOMENCLATURA

Símbolo	Descripción
V	Velocidad
Q	Calor
T	Temperatura Grados Celsius
Lhorno	Longitud del horno
Cm	Centímetros
M	Metros
H1	entalpia inicial de aire húmedo
H2	entalpia final de aire húmedo
Nf	Numero de filas tiempo anticrítico tiempo poscrítico
C	Calor Específico del aire
G	Caudal del gas
Y1	Humedad del aire a la salida
Cps	Capacidad Calorífica de la madera
Gs	Caudal del sólido a la Entrada
X1	Humedad del sólido a la entrada
X2	Humedad del sólido a la salida
T1	Temperatura del aire a la salida
Ts2	Temperatura del sólido a la salida

Y2	Humedad del aire a la entrada
Ts1	Temperatura del sólido a la entrada
rh	Energía requerida para la fase de secado.
Mal	Masa de agua libre en la madera.
Mac	Masa de constitución de la madera.
Qagua	Potencia para eliminar el agua de la madera.
Qaire	Caudal del aire
°F	Grados Fahrenheit
Qconv	Convección
Qcond	Conducción
Ahorno	Ancho del horno
Plc	Controlador lógico programado
Ua	coeficiente de transferencia de calor
Qemitida	Radiación
As	Área superficial
Ts	Temperatura superficial
°k	Grados kelvin
	Temperatura del fluido suficientemente alejado de esta superficie.
dT/dX	Gradiente de temperatura
k	conductividad térmica del material
	Difusividad térmica



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PAÉZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

DISEÑO DE UN HORNO PARA LA REALIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE MADERA EN LA EMPRESA VENMAIN, C.A UBICADA EN VALENCIA. ESTADO CARABOBO.

Autores: Daniel Alberto Marín Rincón
Isabella Paulina González Caballero

Tutor: Ing. Alicia De Pizzella

Año: 2020.

RESUMEN INFORMATIVO

El presente trabajo de grado tiene como objetivo general Proponer el diseño de un horno para la realización del proceso de secado de madera en la empresa VENMAIN, C.A ubicada en Valencia. Estado Carabobo. Se tomó un estudio de tipo proyecto factible, se fundamentó en un diseño de investigación de campo y documental, con un nivel de investigación descriptivo. Los objetivos planteados se desarrollaron utilizando técnicas e instrumentos de recolección de datos (Formato de entrevista y cuestionario) tomando como población y muestra censal al personal de la empresa (Un gerente y seis empleados) a fin de profundizar en la problemática analizada. Una vez aplicada las técnicas e instrumentos de recolección de información se presentó el análisis e interpretación de los resultados obtenidos con el fin de establecer las recomendaciones que se consideraron pertinentes derivadas con el proceso de secado de madera para mejorar la razonabilidad de la información suministrada en los procesos manufactureros de dicha empresa, lo cual a su vez ayudó al incremento de su eficiencia y producción. Luego se diagnosticó el tipo de madera usada en la empresa, los componentes necesarios para el diseño del horno de secado de madera, se buscó todos los cálculos térmicos ameritados para el horno, sus medidas, también se realizó su diseño en el programa Solidwork y por último se obtuvieron los costos necesarios para el diseño

Palabras claves: Horno, Secado, Madera, Diseño.

INTRODUCCIÓN

El gran aumento de la globalización ha forzado a las empresas en el mundo a la búsqueda del mejoramiento continuo de sus procesos, para estar al nivel de las transformaciones que surgen en el mercado donde se desenvuelven, manteniendo su posicionamiento en el mismo ante la agresiva competencia.

Debido a los cambios que se han producido en el entorno empresarial, las empresas se han enfocado en estudiar y desarrollar estrategias que permitan obtener ventajas competitivas en el desarrollo de sus operaciones y en sus resultados convirtiéndose en unas de las herramientas fundamentales de la gestión empresarial.

Es por ello que la administración de las empresas deben adoptar medidas que se precisen en su producción de materia prima para hacer más eficiente y generar rentabilidad a la organización. Con el tiempo se ha demostrado la importancia que presenta el estudio de la producción en el departamento de mantenimiento, permitiéndole a la gerencia obtener a su vez información veraz, oportuna y totalmente confiable para la toma de decisiones. De tal manera, que en los actuales momentos la producción del material producido sea un aspecto necesario para todos los departamento y la gerencia, resultando exitoso para mantener y sostener la eficacia y rentabilidad del mismo.

Actualmente en Venezuela el proceso de producción se ha visto demasiado deficiente ya que algunas empresas no cuentan con máquinas adecuadas o se encuentra influenciado por la baja de empleados. Con el pasar de los años se ha ido aumentando la demanda de productos producidos a base madera con excelentes acabados. Debido a estas circunstancias, las empresas se ven afectadas al llevar un método de producción deficiente sin contar con las máquinas adecuadas o con solo la baja cantidad de personal como es el caso de la empresa VENMAIN, C.A dedicada a la producción de muebles, paletas, juguetes y productos de terceros. De acuerdo a lo anterior el presente trabajo de investigación se propone el diseño de un horno para la realización del proceso de secado de madera en la empresa VENMAIN, C.A ubicada

en Valencia. Estado Carabobo, tratando como objeto de estudio el proceso de secado de madera. Para el análisis de esta investigación, se revisaron las distintas fuentes de información escrita sobre el tema, se empleó la técnica de instrumento de recolección de datos, basado en la encuesta y observación directa, para el diagnóstico del problema.

Cabe destacar, que el estudio reunió características de un proyecto factible, ya que se propuso una solución viable a un problema tipo práctico para satisfacer necesidades y expectativas de VENMAIN, C.A en función a la madera.

Capítulo I, presento el planteamiento del problema, el objetivo general y los específicos de la investigación para concluir este capítulo con la justificación o importancia de la implementación de la propuesta.

Posteriormente, procede con el Capítulo II o marco teórico, presentando los antecedentes de investigaciones previas relacionadas de manera directa con la misma, las bases teóricas que sustentan el tema planteado, además, se exponen la definición de algunos términos básicos para mayor comprensión del lector.

Luego el Capítulo III: se establece el ámbito metodológico en que se circunscribe el proceso de indagación, definiendo de modo preciso el tipo de investigación mediante la cual es abordado el tema, su diseño y las fases metodológicas donde se describe la población y muestra seleccionada para el estudio, las técnicas e instrumento de recolección de información, la validez y confiabilidad de los instrumentos.

En el Capítulo IV: contempla los resultados obtenidos durante el desarrollo de cada una de las fases del proyecto.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La madera ha formado parte, total o parcialmente, de las construcciones por el hombre desde el mismo neolítico; antes de que el hombre contara con herramientas con suficiente capacidad de corte como para trabajar la madera (una herramienta con suficiente capacidad de corte no tiene que ser nada más complicado que un hacha de piedra, por ejemplo) es muy probable que ya empleara la madera como material de construcción de sus primeros refugios. En aquellos lugares donde los refugios o abrigos naturales no le proporcionaban la seguridad suficiente, el hombre comenzó a fabricarse chozas. Probablemente, uno de los primeros materiales utilizados para ello, si no el primero, serían las ramas de madera seca que recolectaría del suelo, junto con las ramas que podría desgajar por la fuerza de los árboles. Con el transcurrir del tiempo, las hachas y cuchillos de piedra afilada le permitirían cortar troncos, cada vez más gruesos, y desbastarlos hasta conseguir un material de construcción cada vez más sólido.

En la medida en que el hombre usaba más la madera se dio cuenta que tenía una vida útil muy corta, ya que no eran tratados y no solamente eso, sino era fuente para la proliferación de animales. Con el tiempo se hizo un proceso más industrial, más a gran escala y se dieron cuenta que se tenía que tratar la madera para prevenir la humedad, que tuviera una vida útil más larga, para no alojar las termitas o insectos. Sin embargo, hay empresas que no tratan bien la madera, la dañan, las termitas y polillas entran en la madera, estas se hinchan debido a la humedad que posee.

En muchos casos se ha observado que algunas maderas recién cortadas contienen hasta un 50% de agua en su composición, esto ocasiona que sean mucho más pesadas y estén expuestas a sufrir daños por el exceso de humedad. Para

disminuir este factor de riesgo y obtener productos de buena calidad se debe extraer el agua que posee.

Secar de manera correcta la madera trae muchas ventajas, desde encontrarnos con un buen acabado, hasta una mayor resistencia del material, preservación del color, un control del encogimiento, un mejor pegado y además, las plagas de insectos y otro tipo de vida se eliminan, con esto se lograra que la madera dure mucho más tiempo en buen estado. Existen varias técnicas para lograr eliminar el exceso de agua en la madera, pero entre las más comunes por su efectividad y rapidez está el uso de un horno de secado.

Entre los hornos de secado que pueden ser utilizados para eliminar el exceso de humedad en la madera tenemos los hornos convencionales, de deshumidificación, al vacío y solares. También existen otras alternativas para el secado de la madera, como lo son el secado al aire y el secado bajo cobertizo, aunque para obtener mejores resultados con estos métodos es necesario invertir mayor tiempo y esfuerzo. El secado al aire consiste simplemente en dejar la madera apilada dejando una distancia entre cada pieza para que el aire pueda circular entre ella y la seque de manera natural. El secado bajo cobertizo consta de apilar la madera bajo una cubierta que la proteja de la lluvia y la exposición directa al sol y puede emplear ventiladores para hacer circular el aire que seque la madera.

Por otra parte, en el secado al horno la madera se coloca dentro de la cámara del horno diseñada con ciertas características especiales que permiten tener un control sobre la temperatura y humedad del aire que fluye en el interior del horno.

Aunque cada horno tiene sus particularidades es importante mencionar que antes de proceder a secar madera en uno de estos equipos, es importante que pase por un proceso de pre secado. El pre secado tiene como finalidad extraer la mayor cantidad de agua en la madera y para ello se utilizan estructuras con una temperatura alrededor de los 35°C y una humedad relativa entre el 20% y el 30%. Los pre secadores son más comúnmente utilizados en combinación con hornos de secado de

baja potencia o viejos pero el pre secado en sí sigue siendo importante aunque se cuente con un horno muy poderoso.

Antes de hablar del funcionamiento de los hornos de secado es conveniente que expliquemos lo que le pasa a la madera durante el proceso de secado para que tengamos esto en mente al momento de ajustar la temperatura y humedad de nuestro horno de secado. Bien, la madera conforme se seca presenta una pérdida de volumen y dependiendo del nivel de humedad que se presente en la superficie y su diferencia con el grado de humedad al interior de la madera, puede presentar rajaduras al momento de secarse. Cuando la superficie está por debajo de la capacidad de saturación de la fibra de la madera, la parte exterior de la madera comenzará a encogerse mientras la del centro se conservará igual, y mientras más se seque la superficie se producirán grietas y rajaduras. Por lo anterior tener un buen control sobre el horno es de suma importancia, ya que regular los niveles de humedad y la temperatura nos permitirá evitar que la madera se dañe.

Como en el caso de la empresa VENMAIN, C.A, la cual se encarga de procesos industriales para la fabricación de muebles, mesas, sillas, juguetes, ventanas, vigas, puertas y paletas. Allí se presenta una situación problema ya que no se le aplica el secado adecuado a la madera, pues no cuentan con el equipo para hacerlo, sino que se deja a la intemperie y en época de lluvia la madera se moja, no se seca bien, se expande y produce pérdidas económicas, ya que el proceso de secado es muy lento. Esto está ocurriendo debido a las causas técnicas, sociales, económicas, ambientales. Como la empresa no cuenta con técnicos especializados, con equipos tecnológicos, posee un galpón pero no contiene buena iluminación y protección debido a que se moja y no contiene un espacio adecuado para almacenar la madera. A esto se suma el problema de las divisas porque la empresa presenta una situación económica por la cual no ha podido adquirir los equipos necesarios. Ante esta problemática surge la siguiente interrogante.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo se puede mejorar el proceso de secado de madera en la empresa VENMAIN, C.A ubicada en Valencia. Estado Carabobo?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Proponer el diseño de un horno para la realización del proceso de secado de madera en la empresa VENMAIN, C.A ubicada Valencia. Estado Carabobo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la empresa VENMAIN, C.A en cuanto a la aplicación del secado de madera.
- Determinar el tipo de madera que se utiliza en la empresa VENMAIN, C.A.
- Analizar los diferentes equipos a utilizar en el diseño del horno.
- Elaborar el diseño del horno para el proceso de secado de madera.
- Determinar la factibilidad del horno de secado de madera.

1.4. Justificación de la investigación

La mayoría de la industria y explotación de la madera se hace de manera tradicional en donde el secado lo llevan a cabo casi de forma artesanal puesto que los métodos utilizados son rústicos y poco eficientes. El diseño de un horno para el secado de madera produciría un gran aporte en la empresa VENMAIN, C.A ya que en la parte económica la empresa reduciría bastante sus gastos, debido a que la madera estaría bien tratada y se evitaría que se dañe, pues si se daña por la humedad o bien sea por termitas, pollitas u otros insectos deben comprar más madera.

Por consiguiente, se debe mencionar que es muy factible para los trabajadores, porque se reduciría el esfuerzo de trabajo al evitar que estén moviendo la madera de un lugar a otro para que no se dañe debido a la humedad y esto podría provocarles enfermedades ergonómicas debido a la gran cantidad de fuerza que tendrían que hacer diariamente. Cabe considerar, que este proyecto está muy relacionado con la ecología y el medio ambiente, ya que se quiere evitar que se dañen tanta madera para así poder evitar que se talen más árboles para suplantar la madera que se perdió.

También se estudiará que tipo de madera es la adecuada que se debe usar con el fin de trabajar sin dañar tantos árboles.

A nivel académico, la Universidad José Antonio Páez como institución de Educación Superior tendrá en esta investigación la oportunidad de proyectar su prestigio académico en la medida que el presente material constituya una fuente de consulta para futuras investigaciones sobre el secado de madera. Adicionalmente sería un aporte para la carrera de ingeniería mecánica ya que permitiría al estudiante poner en práctica sus conocimientos y realizar un aporte considerable a las empresas del sector.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

La fundamentación teórica conforma el paradigma de conocimiento bajo el cual se presenta la visión de la investigación. Desde este planteamiento, Balestrini (2007:94) explica que las mismas son “las diversas teorías referentes al objeto de estudio, seleccionadas de acuerdo con la visión del investigador sobre el tema”. Lo cual conllevaría a abordar aspectos relacionados con el Diseño de un horno para la realización del proceso de secado de madera en la empresa VENMAIN, C.A ubicada en Valencia. Estado Carabobo.

2.1. Antecedentes de la investigación

Ostapovich, G. y Tuesta, D. (2016) egresados de la Universidad Central de Venezuela (UCV), Realizaron una investigación titulada “**Desarrollo de un software para el diseño de hornos para crudo**” Trabajo de grado realizado para optar el título de ingeniero químico. Teniendo como objetivo principal Desarrollar un software para el diseño de hornos de tipo natural con sección convectiva, de tipo cilíndrico-vertical y horizontal de cabina para calentamiento de crudo. Este trabajo se llevó a cabo con la finalidad de desarrollar un software que sirviera a nivel industrial para el diseño de hornos para calentar crudo, debido a la gran importancia de estos equipos en la industria petrolera y a la poca información que se maneja sobre ellos, así como también por la dificultad que se tiene en conseguir un programa que realice este tipo de diseño.

El trabajo de grado anteriormente señalado muestra una cierta similitud al que se está estudiando, por el hecho de que el antes planteado busca como hacer un diseño de un horno mediante un software, ha sido de bastante ayuda para este trabajo. Debido a que se pudo tomar en cuenta toda información relevante al momento de diseñar el horno de secado de madera a través de un software. Ya que no todos los programas sirven de ayuda para este tipo de diseño.

Así mismo, a nivel nacional tenemos la investigación realizada por, Chacón, Angélica M. (2015), titulado **“Incremento en la capacidad de producción de un horno rotatorio para generar un aditivo carbonoso base coque utilizado en hidroconversión”**. Trabajo de grado realizado para optar el título de ingeniero químico. Esta investigación se fundamentó en un proyecto factible. Teniendo como objetivo incrementar la capacidad de producción de un horno rotatorio para producir a escala piloto un aditivo carbonoso base coque, empleado en reactores de hidroconversión de crudos pesados en fase lodosa, evaluando los parámetros de operación necesarios para diseñar una propuesta de modificación del sistema actual.

La investigación desarrollada por Chacón, muestra relación con el tema de estudio, en aspectos tales como el incremento de la capacidad de un horno y como esta influye directamente en la producción, así como también, el tener en cuenta que durante el funcionamiento de estos el flujo de aire influye significativamente y se debe contener a ciertas temperaturas las cuales posean relacionan con el aire.

A nivel internacional tenemos la investigación realizada por, Delgado (2015), titulado **“Diseño de un horno con sistema de control para el secado de madera para la ciudad de viacha”**. Trabajo de grado realizado para optar el título de ingeniero electromecánico. Esta investigación se fundamentó en un proyecto factible. Teniendo como objetivo realizar el diseño de un horno con sistema de control para el secado de madera para la ciudad de Viacha, también se realizaran los estudios de transferencia de calor por convección, para luego en parte final realizar el análisis de costos de material, mano de obra y montaje, equipos y otros. Donde el autor realizara estudios técnicos sobre los tipos de secado de madera como natural, artificial y otros.

La investigación realizada por Delgado tiene relación con el tema de estudio, en aspectos vitales como lo es la termodinámica y la transferencia de calor por convección, como esta influye directamente en los hornos para secar madera, así como también, el tener en cuenta que durante el funcionamiento de estos las temperaturas y los cálculos térmicos que puedan alcanzar van a estar relacionados con el desempeño del horno. Por otra parte, toma en consideración las altas

temperaturas que se manejan en el interior, y que hay que tenerlas presentes al momento de elegir los materiales para su diseño.

Seguidamente, Li Chang (2015), llevo a cabo un trabajo titulado **“Diseño e implementación de un sistema de control de temperatura y monitoreo de humedad para un horno de secado de transformadores”**. Trabajo de grado Para optar el título de Ingeniero Electrónico. Fundamentándose en un proyecto factible. En este trabajo se presentó una propuesta innovadora, la cual es reemplazar las resistencias calefactoras por un sistema de calentamiento a gas. El desarrollo de este trabajo de tesis consistió en la selección de los sensores adecuados para los rangos de temperatura y humedad; y el diseño y desarrollo de los circuitos de acondicionamiento de señal respectivo, brindando así resultados satisfactorios en lo que respecta a estabilidad de temperatura, pero aún es necesario realizar algunas mejoras en lo que respecta a uniformidad y distribución de esta.

La investigación presentada por Chang, posee cierta relación con el tema a desarrollar, en ciertos aspectos como lo son un sistema de control. En donde, se utilizan diversos elementos como un PLC (controlador lógico programable), en el cual, mediante un algoritmo se puede mantener una variación aproximada o casi exacta a la requerida de la temperatura y la humedad que se amerita dentro del horno.

2.2 Bases Teóricas

Las bases teóricas son un conjunto de aspectos conceptuales que sirven de guía para la comprensión de la investigación; así mismo, permiten aclarar los términos que se estructuran partiendo de los aspectos generales a lo particular, con el propósito de ubicar al lector con el tema planteado y la ubicación de este con las áreas de conocimiento. Al respecto, Hernández, Fernández y Bastidas (2009:52), acotan cuando se refiere a bases teóricas que: “...constituyen el argumento bibliográfico es el que sustenta teóricamente el estudio, implica analizar y exponer el enfoque teórico de la investigación y los antecedentes en general se consideran válidos para el correcto avance del estudio”.

2.2.1 La madera.

Es el conjunto de tejidos orgánicos que forman la masa de los troncos de los árboles, desprovistos de corteza y hojas. La madera, como parte fundamental del tronco de los árboles tiene funciones de sostén de ramas y transporte de alimentos. Esto le confiere al material, características como porosidad (presencia de espacios vacíos) y elevada resistencia mecánica en relación con su peso, lo que origina que sus propiedades se manifiesten en diferente magnitud según las direcciones de corte.

2.2.2 Estructura anatómica de la madera.

La madera es un material biológico de origen vegetal, cuando forma parte del tronco de los árboles sirve para transportar el agua y las sustancias nutritivas del suelo hacia las hojas, da soporte a las ramas que forman la copa y fila las sustancias de reserva almacenado los productos transformados en las hojas. Todas estas funciones determinan la naturaleza de la madera, caracterizada por su porosidad y elevada resistencia en relación con su peso, estas propiedades la hacen totalmente diferente a otros materiales de construcción. Si se realiza un corte transversal en el tronco de un árbol, se observara que desde el exterior al interior está formado por las siguientes partes: corteza, cambium, albura, duramen y en el centro un corazón blanco llamado médula.

La corteza: Es la cubierta protectora del árbol y puede variar de delgada a gruesa pero es siempre impermeable. La parte interior o parte joven de la corteza se conoce con el nombre de floema y es la porción de tejidos encargada del transporte de agua y alimentos elaborados en las hojas. Cuando las células del floema pierden actividad, los tejidos mueren y pasan a formar parte de la corteza exterior.

El cambium: Es una capa microscópica constituida por células vivas y de paredes muy delgadas, que se interpone entre la corteza y la madera. A través del proceso de división celular, el cambium produce en mayor porción madera hacia la parte interna del árbol y en menor proporción corteza hacia la parte externa, aumentando así el diámetro del tronco.

La albura: Es un conjunto de células vivas y el DURAMEN un conjunto de células muertas o inactivas, que conforman un tejido complejo denominado XILEMA, del griego “xilos “, que significa madera.

El duramen: Llamado también corazón, es la zona que rodea a la médula, particularmente es de color más oscuro y está constituido por células muertas lignificadas, también conocido como tejido xilema (xilos en griego significa madera).

La médula: Es la parte central del fuste, está constituido por células débiles o muertas, a veces de resistencia corchosa, en los primeros años del árbol es la reserva de substancia alimenticia, cuando éste es talado es tejido muerto. Está constituida por células débiles o muertas, a veces de consistencia corchosa.”

2.2.3 Propiedades de la madera.

Según el tipo de madera, edad del árbol, zona climática, las propiedades varían de unos a otros, pero de manera general, las maderas presentan las siguientes características:

Baja densidad: Suelen ser menos densas que el agua (de ahí que floten).

Conductividad térmica y eléctrica baja: La madera es un excelente aislante térmico (casas de madera en países fríos, por ejemplo). Las maderas ricas en agua son mejores conductores que las secas.

Resistencia mecánica: A la tracción, compresión, flexión, cortadura, desgaste. Es muy resistente al esfuerzo de tracción (estirarse) y bastante resistente a la compresión (aunque la mitad de resistente que a la tracción).

Hendibilidad: Es la facilidad con que se abren las fibras de la madera en sentido longitudinal. Hienden peor las maderas duras, las secas, las resinosas y con nudos. La madera hendible es poco apta para el clavado y para realizar encajes. Si el secado es brusco la madera tiende a abrirse.

Retractabilidad o contracción: Pérdida de volumen al perder parte del agua

Humedad: Cantidad de agua que tiene la madera en su estructura. Está relacionada con su peso y afecta a otras propiedades físicas y mecánicas. Elemento que se debe reducir para obtener una madera útil, desde un punto de vista tecnológico.

Dureza: Es la resistencia que ofrece al corte. Aumenta con la densidad.

Flexibilidad: Característica de las maderas jóvenes, verdes y blandas, que admiten ser dobladas sin romperse.

Características estéticas: Color, vetado, olor.

2.2.4 Obtención de la madera.

El proceso de obtención de la madera se compone de las siguientes etapas:

Tala: Es la primera operación para la obtención de la madera, y la calidad de ésta dependerá del aspecto y constitución del árbol y de la época de la tala, consiste en el corte del árbol por su base.

Transporte: Para sacar la madera del bosque a la vía accesible más cercana se utiliza maquinaria especializada capaz de alcanzar cualquier zona del monte.

Descortezado: Es decir se le quita la corteza que envuelve el tronco.

Tronzado: Consiste en cortar los troncos en piezas más pequeñas.

Troceado y despice (aserrado): Conjunto de operaciones que se realizan para dividir el tronco en planos paralelos a un eje. El objetivo es conseguir piezas de unas dimensiones determinadas para su uso en taller.

Cepillado: Tiene como objetivo principal eliminar cualquier irregularidad y mejorar el aspecto final.”

2.2.5 Industria de primera y segunda transformación de la madera

La industria de primera transformación de la madera es aquella en la que, partiendo de la madera en rollo, se obtiene un producto de madera con valor comercial pero que no tiene un uso directamente consumible por lo que para obtener el producto final se necesitaría una segunda transformación. Por tanto, la segunda transformación de la madera englobaría aquellas industrias que se dedican a obtener,

a partir de la madera de primera transformación, el producto final que puedes vender directamente al consumidor.

Por poner un ejemplo, en el proceso de producción de embalajes, la primera transformación sería la obtención de las tablas de madera, los tacos, los listones, los tableros, etc., y la segunda transformación sería el montaje propiamente dicho, es decir la obtención del embalaje o palet completo y funcional. Esta es una clasificación amplia que da lugar a algunas ambigüedades, ya que existen ocasiones en las que se vende madera de primera transformación a consumidor final generándose estados intermedios que no llegan a encajar en un grupo. Aún así nos sirve para definir de manera aproximada dos grupos diferenciados:

Dentro de la industria de madera de primera transformación encontraríamos la madera aserrada, los tableros contrachapados, de partículas o de fibras y las chapas de madera. Mientras que en la de segunda transformación se englobaría la carpintería fina y la ebanistería, los embalajes, la carpintería de armar, las traviesas, los postes y apeas, la madera laminada, las puertas y ventanas, etc.

2.2.6 Hornos de secado

Los hornos de secado al vacío encuentran su aplicación en sustancias muy sensibles y cuando se deba alcanzar un buen secado residual. En función del grado de secado, de la temperatura máxima admisible y de los disolventes utilizados, casi siempre será necesario un buen vacío final. Con determinados parámetros de proceso se originan grandes cantidades de vapor que sólo se podrán controlar con la capacidad de aspiración correspondiente.

2.2.7 Requisitos del proceso

Exigencias de vacío medianas hasta altas

Transmisión óptima de calor al material de muestra para ahorrar tiempo en el secado

Dependiendo del material de muestra se deberán evacuar grandes cantidades de vapor

Separación de gotitas y de condensado entre la bomba y el horno de secado

2.2.8 Hornos para secado de madera

Como hemos mencionado en entradas anteriores, los hornos industriales tienen muchas aplicaciones en diferentes sectores, tanto para modificar físicamente algunos materiales, como para provocar reacciones químicas necesarias para el éxito de un proceso industrial. En esta ocasión hablaremos de los hornos de secado y de la importancia que tienen en el procesamiento de madera para garantizar acabados de buena calidad y productos y estructuras resistentes.

La madera, por su procedencia, tiene la característica de almacenar una gran cantidad de agua y es necesario extraerla, pues sólo de esta manera se puede trabajar bien con ella y obtener productos de buena calidad. Algunas maderas recién cortadas presentan hasta el 50 por ciento de agua en su composición, lo que las hace mucho más pesadas y no sólo un buen acabado, sino también una mayor resistencia del material, preservación del color, un control del encogimiento, un mejor pegado y además, las plagas de insectos y otro tipo de vida se eliminan, por lo que la madera durará mucho más tiempo en buen estado.

Actualmente se emplean diferentes técnicas para lograr eliminar el exceso de agua en la madera y entre las más comunes por la rapidez y la madera pueden ser convencionales, de deshumidificación, al vacío y solares. Además del uso de un horno de secado existen otras alternativas para secar la madera, aunque para alcanzar buenos resultados con ellas puede ser necesario invertir mucho tiempo y esfuerzo, como es el secado al aire y el secado bajo cobertizo.

2.2.9 Proceso de secado al aire

El secado al aire consiste simplemente en dejar la madera apilada dejando una distancia entre cada pieza para que el aire pueda circular entre ella y la seque de manera natural. El secado bajo cobertizo consta de apilar la madera bajo una cubierta que la proteja de la lluvia y la exposición directa al sol y puede emplear ventiladores para hacer circular el aire que seque la madera.

Por otra parte, en el secado al horno la madera se coloca dentro de la cámara del horno diseñada con ciertas características especiales que permiten tener un control

sobre la temperatura y humedad del aire que fluye en el interior del horno. Como ya mencionamos, los hornos utilizados para secar madera pueden ser solares, convencionales, de deshumidificación o al vacío y emplean diferentes medios para lograr eliminar el exceso de humedad en la madera.

Aunque cada horno tiene sus particularidades es importante mencionar que antes de proceder a secar madera en uno de estos equipos, es importante que pase por un proceso de pre secado. El pre secado tiene como finalidad extraer la mayor cantidad de agua en la madera y para ello se utilizan estructuras con una temperatura alrededor de los 35°C y una humedad relativa entre el 20% y el 30%. Los pre secadores son más comúnmente utilizados en combinación con hornos de secado de baja potencia o viejos pero el pre secado en sí sigue siendo importante aunque se cuente con un horno muy poderoso.

Antes de hablar del funcionamiento de los hornos de secado es conveniente que expliquemos lo que le pasa a la madera durante el proceso de secado para que tengamos esto en mente al momento de ajustar la temperatura y humedad de nuestro horno de secado. Bien, la madera conforme se seca presenta una pérdida de volumen y dependiendo del nivel de humedad que se presente en la superficie y su diferencia con el grado de humedad al interior de la madera, puede presentar rajaduras al momento de secarse.

Cuando la superficie está por debajo de la capacidad de saturación de la fibra de la madera, la parte exterior de la madera comenzará a encogerse mientras la del centro se conservará igual, y mientras más se seque la superficie se producirán grietas y rajaduras. Por lo anterior tener un buen control sobre el horno es de suma importancia, ya que regular los niveles de humedad y la temperatura nos permitirá evitar que la madera se dañe.

2.2.10 Horno de secado solar

Un horno de secado solar depende de las condiciones climáticas y requieren de ventiladores para hacer circular el aire y evitar daños causados por un secado excesivo, y debido a que no permite tener control sobre temperatura ni humedad son

poco utilizados. Por otro lado, los hornos de deshumidificación son muy eficientes y economizan energía, pues reciclan el aire caliente que produce la bomba de calor con la que funcionan para extraer el agua. Los hornos convencionales, mientras tanto, sí eliminan el aire caliente que produce su sistema por agua caliente, aceite, gas natural o combustibles de biomasa.

2.2.11 Hornos convencionales

Son aquellos que extraen el agua de la madera por evaporización pero como eliminan el calor que producen en cada ciclo como agua evaporada, continuamente se tiene que renovar la energía lo que implica mayores gastos. Por su parte, los hornos al vacío hacen que el agua que contiene la madera hierva y se evapore mucho más rápido que en uno de deshumidificación o convencional pero su principal inconveniente es que son hornos pequeños y sólo pueden secar una cantidad limitada de madera en cada ciclo.

2.2.12 Primera ley de la termodinámica

Es el principio de conservación de la energía, brinda una base sólida para estudiar las relaciones entre las diversas formas de interacción de energía. A partir de observaciones experimentales, la primera ley de la termodinámica establece que la energía no se puede crear ni destruir durante un proceso; sólo puede cambiar de forma. Por lo tanto, cada cantidad de energía por pequeña que sea debe justificarse durante un proceso. Se sabe que una roca en alguna elevación posee cierta energía potencial, y que parte de ésta se convierte en cinética cuando cae la roca (ver la figura 1)

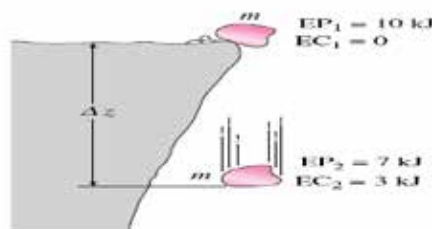


Figura 1. La energía no se crea ni se destruye, sólo cambia de forma.

Fuente: Cengel, Y. (2006) termodinámica.

2.2.13 Mecanismos de transferencia de energía, entrada y salida

La energía se puede transferir hacia o desde un sistema en tres formas: calor, trabajo y flujo másico. Las interacciones de energía se reconocen en las fronteras del sistema cuando lo cruzan, y representan la energía que gana o pierde un sistema durante un proceso. Las únicas dos formas de interacción de la energía relacionadas con una masa fija o sistema cerrado son las transferencias de calor y de trabajo.

2.2.14 Transferencia de calor, Q

La transferencia de calor hacia un sistema (ganancia de calor) incrementa la energía de las moléculas y por lo tanto la del sistema; asimismo, la transferencia de calor desde un sistema (pérdida de calor) la disminuye, ya que la energía transferida como calor viene de la energía de las moléculas del sistema.

2.2.15 Transferencia de trabajo, W

Una interacción de energía que no es causada por una diferencia de temperatura entre un sistema y sus alrededores es trabajo. Un émbolo ascendente, un eje rotatorio y un alambre eléctrico que cruzan la frontera del sistema se relacionan con interacciones de trabajo. La transferencia de trabajo a un sistema (es decir, el trabajo realizado sobre un sistema) incrementa la energía de éste, mientras que la transferencia de trabajo desde un sistema (es decir, el trabajo realizado por el sistema) la disminuye, puesto que la energía transferida como trabajo viene de la energía contenida en el sistema. Los motores de automóviles y las turbinas hidráulicas, de vapor o de gas, producen trabajo mientras que los compresores, las bombas y los mezcladores consumen trabajo.

2.2.16 Flujo másico, m

El flujo másico que entra y sale del sistema funciona como un mecanismo adicional de transferencia de energía. Cuando entra masa a un sistema, la energía de éste aumenta debido a que la masa lleva consigo energía (de hecho, la masa es energía). De igual modo, cuando una cantidad de masa sale del sistema, la energía de éste disminuye porque la masa que sale saca algo consigo. Por ejemplo, cuando cierta cantidad de agua caliente sale de un calentador y es reemplazada por agua fría en la

misma cantidad, el contenido de energía del tanque de agua caliente (el volumen de control) disminuye como resultado de esta interacción de masa (ver figura. 2). Como la energía puede ser transferida en las formas de calor, trabajo y masa, y su transferencia neta es igual a la diferencia entre las cantidades transferidas hacia dentro y hacia fuera, el balance de energía se expresa de modo más explícito como:

Ecuación 1. Balance de energía

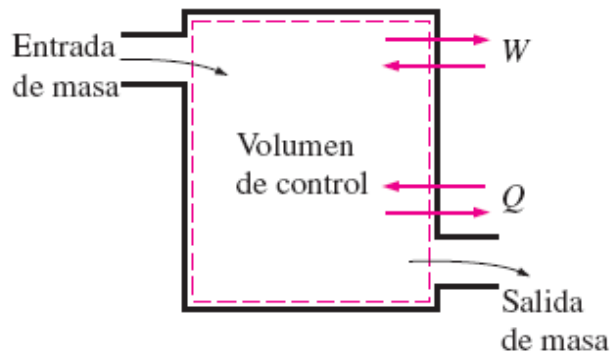


Figura 2. Volumen de control.

Fuente: Cengel, Y. (2004) transferencia de calor.

2.2.17 La segunda ley de la termodinámica

Se establece que, si bien todo el trabajo mecánico puede transformarse en calor, no todo el calor puede transformarse en trabajo mecánico.

2.2.18 Máquinas térmicas

El término máquina térmica se usa con frecuencia en un sentido más amplio que incluye dispositivos que producen trabajo que no operan en un ciclo termodinámico. Las máquinas relacionadas con la combustión interna, como las turbinas de gas y los motores de automóviles, entran en esta categoría. Estos dispositivos operan en un ciclo mecánico pero no en un ciclo termodinámico, porque el fluido de trabajo (los gases de combustión) no experimenta un ciclo completo. Las

máquinas térmicas difieren bastante entre sí, pero es posible caracterizarlas a todas mediante (ver figura. 3):

1. Reciben calor de una fuente a temperatura alta (energía solar, horno de petróleo, reactor nuclear, etcétera).
2. Convierten parte de este calor en trabajo (por lo general en la forma de una flecha rotatoria).
3. Rechazan el calor de desecho hacia un sumidero de calor de baja temperatura (la atmósfera, los ríos, etcétera).
4. Operan en un ciclo. Las máquinas térmicas y otros dispositivos cíclicos por lo común requieren un fluido hacia y desde el cual se transfiere calor mientras experimenta un ciclo. Al fluido se le conoce como fluido de trabajo.



Figura 3. Máquina térmica

Fuente: Cengel, Y. (2006) termodinámica.

2.2.19 Eficiencia térmica

La fracción de la entrada de calor que se convierte en salida de trabajo neto es una medida del desempeño de una máquina térmica y se llama eficiencia térmica (η) (ver figura. 4). Para las máquinas térmicas, la salida deseada es la de trabajo neto, mientras que la entrada que requieren es la cantidad de calor suministrado al

fluido de trabajo. Entonces la eficiencia térmica de una máquina térmica se puede expresar como:

Ecuación 2. Eficiencia térmica.

2.2.20 Mecanismos de transferencia de calor

El calor es la forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia de temperatura. La transferencia de energía como calor siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura.

El calor se puede transferir en tres modos diferentes: conducción, convección y radiación. Todos los modos de transferencia de calor requieren la existencia de una diferencia de temperatura y todos ellos ocurren del medio que posee la temperatura más elevada hacia uno de temperatura más baja.



Figura 4. Eficiencia térmica

Fuente: Cengel, Y. (2006) termodinámica.

2.2.21 Conducción

Es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas. La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases. En los

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

La rapidez o razón de la conducción de calor a través de un medio depende de la configuración geométrica de éste, su espesor y el material de que está hecho, así como de la diferencia de temperatura a través de él. Se sabe que al envolver un tanque de agua caliente con fibra de vidrio (un material aislante) se reduce la razón de la pérdida de calor de ese tanque. Entre más grueso sea el aislamiento, menor será la pérdida de calor.

Ecuación 3. Conducción de calor.

Dónde:

k = Es la conductividad térmica del material

A = Área

dT/dX = Es el gradiente de temperatura

2.2.22 Conductividad térmica

Los diferentes materiales almacenan calor en forma diferente y se ha definido la propiedad de calor específico como una medida de la capacidad de un material para almacenar energía térmica. Por ejemplo, $c_p = 4.18 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$, para el agua, y $c_p = 0.45 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$, para el hierro, a la temperatura ambiente, indica que el agua puede almacenar casi 10 veces más energía que el hierro por unidad de masa. Del mismo modo, la conductividad térmica es una medida de la capacidad de un material para conducir calor. Por ejemplo, $k = 0.607 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, para el agua, y $k = 80.2 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, para el hierro, a la temperatura ambiente, indica que el hierro conduce el calor más de 100 veces más rápido que el agua. Por tanto, se dice que el agua es mala conductora

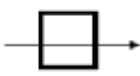


del calor en relación con el hierro, aun cuando el agua es un medio excelente para almacenar energía térmica.

Tabla 1. Conductividades térmicas de algunos materiales a temperatura ambiente

Diamante	2300
Plata	429
Cobre	401
Oro	317
Aluminio	237
Hierro	80.2
Mercurio (l)	8.54
Vidrio	0.78
Ladrillo	0.72
Agua	0.673
Piel humana	0.37
Madera (roble)	0.17
Helio (g)	0.152
poliuretano	0.018-0,025
Fibra de vidrio	0.043

Fuente: Cengel, Y. (2004) transferencia de calor.

Tabla 2. Constante de conductividad térmica dependiendo la posición y sentido de flujo de calor.

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor.	Situación del cerramiento		
	$\frac{i}{h_i}$	$\frac{i}{h_e}$	$\frac{i}{h_i + h_e}$
cerramiento verticales o con pendiente sobre la horizontal $> 60^\circ$ y flujo horizontal 	0,13 0,11	0,07 0,06	0,02 0,17
cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $< 60^\circ$ y flujo ascendente 	0,11 0,09	0,06 0,05	0,17 0,14
cerramientos horizontales y flujo descendente 	0,2 0,17	0,06 0,05	0,26 0,22

Fuente: Martin, L. (2010)

2.2.23 Difusividad térmica

La difusividad térmica, representa que tan rápido se difunde el calor por un material y se estudia mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 4. Difusividad térmica.

Tabla 3. Difusividades térmicas de algunos materiales a temperatura ambiente

MATERIAL	a, m ² /s*
Plata	149
Oro	127
Cobre	113
Aluminio	97.5
Hierro	22.8
Mercurio (l)	4.7
Mármol	1.2
Hielo	1.2
Concreto	0.75
Ladrillo	0.52
Suelo macizo (seco)	0.52
Vidrio	0.34
Lana de vidrio	0.23
Agua (l)	0.14
Carne de res	0.14
Madera (roble)	0.13

Fuente: Cengel, Y. (2004) transferencia de calor.

2.2.24 Convección

Es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección. En ausencia de cualquier movimiento masivo de fluido, la transferencia de calor entre una superficie sólida y el fluido adyacente es por conducción pura. La presencia de movimiento masivo del

fluido acrecienta la transferencia de calor entre la superficie sólida y el fluido, pero también complica la determinación de las razones de esa transferencia.

La convección recibe el nombre de convección forzada si el fluido es forzado a fluir sobre la superficie mediante medios externos como un ventilador, una bomba o el viento. Como contraste, se dice que es convección natural (o libre) si el movimiento del fluido es causado por las fuerzas de empuje que son inducidas por las diferencias de densidad debidas a la variación de la temperatura en ese fluido (ver figura 5).

A pesar de la complejidad de la convección, se observa que la rapidez de la transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa en forma conveniente por la ley de Newton del enfriamiento como:

Ecuación 5. Convección de calor.

Dónde: h : Es el coeficiente de transferencia de calor por convección, en $W/m^2 \cdot ^\circ C$ o $Btu/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F$.

A_s : Es el área superficial a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor por convección.

T_s : Es la temperatura de la superficie

T : Es la temperatura del fluido suficientemente alejado de esta superficie.

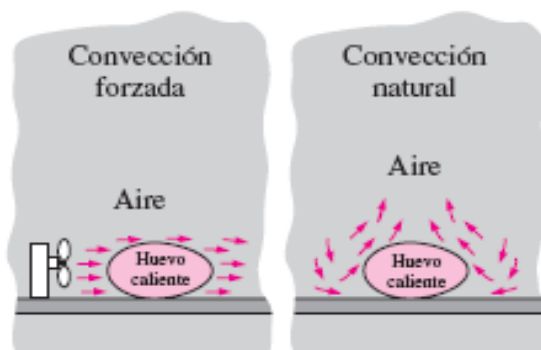


Figura 5. Enfriamiento de un huevo cocido por convección forzada y natural.

Fuente: Cengel, Y. (2004) transferencia de calor.

2.2.25 Radiación

Es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un medio interventor. De hecho, la transferencia de calor por radiación es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no sufre atenuación en un vacío. Ésta es la manera en la que la energía del Sol llega a la Tierra.

Cabe destacar que la radiación es un fenómeno volumétrico y todos los sólidos, líquidos y gases emiten, absorben o transmiten radiación en diversos grados. Sin embargo, la radiación suele considerarse como un fenómeno superficial para los sólidos que son opacos a la radiación térmica, como los metales, la madera y las rocas, ya que las radiaciones emitidas por las regiones interiores de un material de ese tipo nunca pueden llegar a la superficie, y la radiación incidente sobre esos cuerpos suele absorberse en unas cuantas micras hacia adentro de dichos sólidos. La razón máxima de la radiación que se puede emitir desde una superficie a una temperatura termodinámica T_s (en K o R) es expresada por la ley de Stefan- Boltzmann como:

Ecuación 6. Radiación.

Dónde: $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$, o bien, $0.1714 \times 10^{-8} \text{ Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{R}^4$ es la constante de Stefan-Boltzmann.

A_s = área superficial

T_s = temperatura superficial

La superficie idealizada que emite radiación a esta razón máxima se llama cuerpo negro y la radiación emitida por éste es la radiación del cuerpo negro (ver figura 6). La radiación emitida por todas las superficies reales es menor que la emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura y se expresa como:

Ecuación 7. Radiación del cuerpo negro.

Dónde: ϵ emisividad de la superficie. La emisividad cuyo valor está en el intervalo 0 a 1, es una medida de cuán próxima está una superficie de ser un

Tabla 4. Emisividades de algunos materiales a 300 °K

Material	Emisividad
Hoja de aluminio	0.07
Aluminio anodizado	0.82
Cobre pulido	0.03
Oro pulido	0.03
Plata pulida	0.02
Acero inoxidable pulido	0.17
Pintura negra	0.98
Pintura blanca	0.90
Papel blanco	0.92-0.97
Pavimento de asfalto	0.85-0.93
Ladrillo rojo	0.93-0.96
Piel humana	0.95
Madera	0.82-0.92
Suelo	0.93-0.96
Agua	0.96
Vegetación	0.92-0.96

Fuente: Cengel, Y. (2004) transferencia de calor.

2.2.26 Mecanismos simultáneos de transferencia de calor

Existen tres mecanismos de transferencia de calor, pero no pueden existir simultáneamente los tres en un medio. Por ejemplo, la transferencia de calor sólo ocurre por conducción en los sólidos opacos, pero por conducción y radiación en los sólidos semitransparentes. Por tanto, un sólido puede comprender conducción y radiación pero no convección. Sin embargo, un sólido puede presentar transferencia de calor por convección y/o radiación en sus superficies expuestas a un fluido o a otras superficies. Por ejemplo, las superficies exteriores de un trozo frío de roca se calentarán en un medio ambiente más caliente, como resultado de la ganancia de

calor por convección (del aire) y la radiación (del Sol o de las superficies circundantes más calientes).

La transferencia de calor es por conducción y, posiblemente, por radiación en un fluido estático (sin movimiento masivo del fluido) y por convección y radiación en un fluido que fluye. En ausencia de radiación, la transferencia de calor a través de un fluido es por conducción o convección, dependiendo de la presencia de algún movimiento masivo de ese fluido. La convección se puede concebir como conducción y movimiento del fluido combinado, y la conducción en un fluido se puede concebir como un caso especial de convección en ausencia de algún movimiento de ese fluido (ver figura 6).

Por tanto, cuando se trata con la transferencia de calor a través de un fluido, se tiene conducción o convección, pero no las dos. Asimismo, los gases son prácticamente transparentes a la radiación, excepto por algunos gases que se sabe absorben radiación con gran fuerza en ciertas longitudes de onda. El ozono, por ejemplo, absorbe intensamente la radiación ultravioleta. Pero, en la mayor parte de los casos, un gas entre dos superficies sólidas no interfiere con la radiación y actúa de manera efectiva como el vacío. Por otra parte, los líquidos suelen ser fuertes absorbentes de radiación. Por último, la transferencia de calor a través del vacío sólo se produce por radiación, ya que la conducción o la convección requieren de la presencia de un medio material.

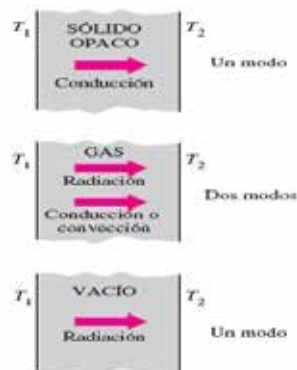


Figura 6. Mecanismos simultáneos de transferencia de calor

Fuente: Cengel, Y. (2004) transferencia de calor.

2.2.27. Humedad (en base seca)

Mediante esta fórmula podemos determinar el porcentaje de humedad, contenida en el sólido expuesto al secado. Este tipo de ecuación es utilizada más frecuentemente para determinar el porcentaje de humedad en productos sólidos en industria productoras de: alimentos, balanceados, cementeras, madereras, cerámicas, entre otros.

Ecuación 8. Humedad.

Dónde:

X = Humedad

PSH = Peso del solido Húmedo

Pss = Peso del solido seco.

2.2.28. Datos experimentales

Mediante la ecuación 8, de la determinación de la humedad se procedió a buscar datos ya procesados para obtener diversos valores de variables que sirven para los cálculos del diseño y obtención de gráficas.

Tabla 5. Datos procesados para la obtención de variables.

(h)	% Humedad
0	86,7
1,06	69,4
2,07	65,7
3,04	57,9
4,10	48
5,02	39
6,08	27,2
7,06	18,8
8,02	16,5
9,03	15,3
10	14,7

11,15

13,7

Fuente: González y Marín (2020)**Tabla 6. Datos procesados para la obtención de diferentes variables y gráficas.**

(h)	P (kg)	Humedad total (kg)	X (kg/kg)	X media		W (kg/h)	Humedad perdida (%)	Humedad (%)
0	0,32	0,86	0,64					86,7
1,06	0,29	0,69	0,49	0,96	1,06	0,118	17,3	69,4
2,07	0,28	0,65	0,43	0,85	1,01	0,045	3,7	65,7
3,04	0,27	0,58	0,38	0,79	0,97	0,042	7,8	57,9
4,1	0,25	0,48	0,28	0,65	1,06	0,58	9,9	48
5,02	0,24	0,39	0,22	0,25	0,92	0,046	9	39
6,08	0,22	0,27	0,12	0,17	1,06	0,078	11,8	27,2
7,06	0,20	0,19	0,04	0,08	0,98	0,068	8,4	18,8
8,02	0,20	0,17	0,02	0,03	0,96	0,017	2,3	16,5
9,03	0,19	0,15	0,01	0,013	1,01	0,005	1,2	15,3
10	0,19	0,15	0,005	0,007	0,97	0,003	0,6	14,7
11,2	0,19	0,14	0	0,003	1,15	0,004	0,9	13,8

Fuente: González y Marín (2020)**2.2.29. Calculo de la longitud del horno.**

La longitud está determinada por la longitud de los tablonés. Por lo cual la longitud de la cámara la podemos deducir de la siguiente ecuación. Pero hay que tener en cuenta que hay que dejar espacios para que puedan circular tranquilamente el operario.

Ecuación 9. Longitud del horno

Dónde:

A = La longitud del tablón.

B = Espacios para la circulación del personal operativo en el momento de apilar la madera dentro de la cámara de secado.

Lhorno = Longitud de la cámara. Esta fórmula es aplicada en los cálculos de áreas para construcciones de cualquier forma y tamaño.

2.2.30. Cálculo del ancho del horno.

Primeramente se debe determinar el ancho que va a ir en cada paquete, y de igual forma sin dejar de lado el espacio necesario para que circule el aire entre las filas y el operario.

$$\text{Ahorno} = (2 \times y) + (2 \times z) + x$$

Ecuación 10. Ancho del horno

Dónde:

Y = filas de los tablones de la madera.

Z = espacio por donde operan los trabajadores al momento de apilar la madera

X = espacio central.

2.2.31. Calculo de la altura del horno.

Antes de todo se amerita saber el número de filas que van en cada paquete de madera para poder determinar la altura del horno.

—

Ecuación 11. Numero de filas

Dónde:

Nf = Número de filas.

Nt = Número de tablones.

Luego de tener estos datos se procede a determinar la altura de cada paquete mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 12. Altura aproximada de cada paquete

Dónde:

Hp = Altura de los paquetes de madera.

Nf = Espesor de la fila incluido el separador

Ef = Espesor final

2.2.32. Cálculo del coeficiente de transferencia en el horno.

Se debe obtener los coeficientes de transmisión K de las siguientes partes del horno, se realizará un cálculo detallado para que los coeficientes sean lo más exactos posible.

2.2.33. Cálculo del coeficiente de transferencia en las paredes del horno.

— — — —

Ecuación 13. Coeficiente de transferencia en las paredes del horno.

Dónde:

E = Espesor de las láminas de aluminio (2mm).

Rf = Conductividad térmica de la fibra de vidrio (1,32 .h. C/Kcal)

— — = Coeficiente de convección interna y externa (0,2)

= Coeficiente de conductividad Térmica.

2.2.34. Cálculo del coeficiente de transferencia en el techo.

— — — —

Ecuación 14. Coeficiente de transferencia en el techo.

Dónde:

E = Espesor de las láminas de aluminio (2mm).

Rf = Conductividad térmica de la fibra de vidrio (1,32 .h. C/Kcal)

— —= Coeficiente de convección interna y externa (0,17)

= Coeficiente de conductividad Térmica.

2.2.35. Cálculo del coeficiente de transferencia en el suelo.

— — —

Ecuación 15. Coeficiente de transferencia en el suelo.

Dónde:

E = Espesor del suelo (0,15).

— 0,2

= Coeficiente de conductividad Térmica.

En caso de que k_s sea muy elevado se debe proceder a recalcular de nuevo k_s .

2.2.36. Cálculo de k_s correspondiente.

— — — —

Ecuación 16. Cálculo de k_s correspondiente

Dónde:

E3 = Espesor del concreto.

Rp = Es la resistencia térmica del poliuretano.

2.2.37. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor de la puerta.

La puerta está conformada por dos planchas de aluminio y de espesor de 2(mm), a cada lado y en el centro tendrá un panel de aislamiento de poliuretano. Las propiedades térmicas están en el (Anexo A).

— — — —

Ecuación 17. Coeficiente de transferencia de calor de la puerta.

Dónde:

E = Espesor de las láminas de aluminio (2mm).

— —= Coeficiente de convección interna y externa (0,2)

2.2.38. Cálculo de la velocidad de transferencia de calor en el horno.

La velocidad total de transferencia de calor en el horno es la sumatoria de las todas las velocidades de trasferencias de calor en el techo, suelo, puerta y paredes.

Ecuación 18. Velocidad de transferencia de calor en el horno.

Para la determinación de la velocidad de transferencia de calor bien sea en el techo, suelo y en la pared se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 19. Velocidad de transferencia de calor para cada lugar en el horno

Dónde:

Ki: Coeficiente de transferencia de calor de cada lugar (puerta, techo o suelo)

Ai: El área total del lugar (puerta, techo o suelo)

2.2.39. Velocidad de periodo constante.

La velocidad de secado de la madera se da por la interface aire / humedad, que es la eliminación del agua por difusión. Este periodo va desde la humedad inicial hasta la humedad Crítica. Esta ecuación es aplicada para determinar el tiempo de secado de un cuerpo húmedo.

Ecuación 20. Velocidad de periodo constante.

Dónde:

W1= Velocidad para el período constante

W2 = Velocidad para el período decreciente.

2.2.40. Velocidad total en la operación de secado.

— —

Ecuación 21. Velocidad total en la operación de secado.

Dónde:

WC = Velocidad de secado constante

A = Superficie expuesta al secado

S = Sólido seco

= Variación de la humedad en base seca

= Variación del tiempo de secado.

2.2.41. Periodo anticrítico.

— —

Ecuación 22. Periodo anticrítico.

Dónde:

= Tiempo anticrítico

Wc = Velocidad de secado constante

A = Superficie expuesta al secado

S = Sólido seco

Xi = Humedad inicial

Xc = Humedad crítica.

2.2.42. Período decreciente o pos crítico.

Se puede determinar mediante el método gráfico si no se conoce la relación analítica $W = f(x)$, la integración de la ecuación 23 ha de hacerse gráficamente representando X frente a $1/W$ este valor será el real limitada por la curva, el eje de las abscisas y las ordenadas extremas.

— —

Ecuación 23. Tiempo de secado pos crítico.

2.2.43. Cálculo de las entalpías de la madera.

Es una variación de energía de calor absorbido por el sólido y se lo determina tanto a la entrada como a la salida de la cámara de secado.

Entrada

Ecuación 24. Entalpia de entrada de la madera

Salida:

Ecuación 25. Entalpia de salida de la madera

Dónde:

X1 = Humedad del sólido a la entrada

X2 = Humedad del sólido a la salida

Ts1 = Temperatura del sólido a la entrada

Ts2 = Temperatura del sólido a la salida

2.2.44. Cálculos de las entalpías de aire.

Se le calcula tanto a la entrada como a la salida de aire, por la fórmula siguiente. El cálculo de la cantidad necesaria de aire por su humedad de sólido se efectúa por aplicación de un balance simultaneo de materia con $q = 0$ considerando que no existen pérdidas de calor.

Entrada

Ecuación. 26. Entalpia de entrada del aire

Salida

Ecuación 27. Entalpia de salida del aire.

Dónde:

T1 = Temperatura del aire a la salida

Y1= Humedad del aire a la salida.

T2 = Temperatura del aire en la entrada

Y2= Humedad del aire en la entrada

2.2.45. Cálculo de la cantidad de calor perdido.

Ecuación 28. Cantidad de calor perdido

2.2.46. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor

Es utilizada para determinar pérdidas de calor en equipos y sistemas de calefacción.

Ecuación 29. Coeficiente de transferencia de calor.

2.2.47. Cálculo del calor necesario para calentar el sólido

Está representado por el calor sensible del proceso. Y es aquel que recibe la materia prima para elevar su temperatura sin afectar su estructura molecular y por lo tanto su estado.

Ecuación 30. Calor necesario para calentar el sólido

2.2.48. Cálculo de la energía requerida para la fase de secado.

Ecuación 31. Energía requerida para la fase de secado.

Dónde:

Pc = Peso específico de la madera

Hi = Humedad inicial de la madera

Ktc = constante (punto de saturación de la tibia)

2.2.49. Masa de agua libre en la madera.

Se encuentra el estado de humedad de la madera, en el cual las paredes celulares se encuentran en agua saturada (ver anexo B) y el volumen celular.

Ecuación 32. Masa de agua libre en la madera.

2.2.50. Masa de constitución de la madera.

La masa de constitución en la madera es el agua que empieza a perder por un vapor de constitución (hsps)

Ecuación 33. Masa de constitución de la madera.

2.2.51. Energía térmica para evaporar el agua libre de la madera.

Este tipo de agua libre es aquella que llena las cavidades celulares de la madera, en donde teóricamente puede moverse de una célula a otra y por ende a la superficie de la madera para poderse evaporar.

Ecuación 34. Energía térmica para evaporar el agua libre de la madera.

2.2.52. Energía térmica para evaporar el agua de constitución de la madera.

Es la eliminación de la masa de agua libre de la madera por el la constante de la madera.

Ecuación 35. Energía térmica para evaporar el agua de constitución de la madera.

2.2.53. Potencia para eliminar el agua de la madera.

Es la energía que se necesita para la fase de secado para que alcance la humedad deseada y se calcula mediante la sumatoria de ambas energías la térmica para evaporar el agua libre y el agua de constitución de la madera.

Ecuación 36. Potencia para eliminar el agua de la madera.

2.2.54. Cálculo del calor necesario para calentar el sistema.

Se va a considerar las pérdidas totales del sistema.

Ecuación 37. Calor total del sistema.

2.2.55. Cálculo del calor que debe suministrar los serpentines.

El calor o energía que suministren los serpentines es el calor necesario para eliminar el agua de la madera y para calentar el horno.

Ecuación 38. Calor que deben suministrar los serpentines.

2.2.56. Potencia de la caldera.

Ecuación 39. Potencia de la caldera

De donde:

Q_1 = Potencia instalada en radiadores en Kcal/h.

Q_2 = Potencia calorífica de pérdidas en las tuberías también en Kcal/h estas pérdidas se pueden obtener de la tabla.

a = Factor de corrección.

2.2.57. Sistema de ventilación.

La circulación del aire en la cámara, es un factor muy importante a tener en cuenta para un correcto y eficiente proceso de secado, el aire se encarga de transportar la humedad que sale de la madera, una circulación incorrecta del mismo aumentaría el tiempo de secado, para esto es necesario dimensionar correctamente los ventiladores y elegir una adecuada distribución de los mismos.

Ecuación 40. Caudal de aire

Dónde:

Q_{aire} = Caudal.

A = Área de circulación del aire.

V = Velocidad del aire.

2.2.58. Selección del combustible.

Hay diversos tipos de combustible que sirven para alimentar el caldero, el seleccionado para la utilización de este horno es el diesel ya que su poder calorífico es de 150722 Kj /gal, se estudió y se vio que es el más adecuado para este proceso. Además es relativamente económico.

2.3. Bases legales

En Venezuela, las leyes que se relacionan con la seguridad e higiene son: La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo, la Norma Técnica Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo (NT-01-2008), las Normas COVENIN y la norma internacional NFPA 86 para hornos y hornos industriales. Estas leyes comprenden los lineamientos que deben cumplirse para realizar un trabajo seguro y saludable, así como las medidas de prevención de los accidentes de trabajo, a la hora de procesar la madera, así mismo como talar, las medidas que se deben tener en el funcionamiento de máquinas u hornos para evitar explosiones y enfermedades ocupacionales.

2.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela

La República Bolivariana de Venezuela cuenta con un documento legal vigente como lo es la Constitución, que busca establecer un orden y una organización para la sociedad venezolana. La misma se encuentra formada por artículos y a su vez ordenados en títulos y capítulos. Con relación al tema de Higiene y Seguridad en el trabajo la Constitución en su Artículo 87 establece lo siguiente:

Artículo 87: Toda persona tiene derecho al trabajo y el deber trabajar. El Estado garantizará la adopción de las medidas necesarias a los fines de que toda persona pueda obtener una ocupación productiva, que le proporcione una existencia digna y decorosa y le garantice el pleno ejercicio de este derecho. Es fin del Estado fomentar el empleo. La ley adoptará medidas tendentes a garantizar el ejercicio de los derechos laborales de los trabajadores y trabajadoras no dependientes. La libertad de trabajo no será sometida a otras restricciones que la ley establezca. Todo patrono o patrona garantizará a sus trabajadores y trabajadoras condiciones de seguridad, higiene y ambiente de trabajo adecuados. El Estado adoptará medidas y creará instituciones que permitan el control y promoción de estas condiciones.

2.3.2 Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.

Ley promulgada el 26 de julio del 2005, publicada en Gaceta Oficial N° 38.236; el objetivo de la misma es establecer un régimen de seguridad y salud en el trabajo que les garantice a los trabajadores y trabajadoras condiciones adecuadas en un medio ambiente de trabajo propicio para el ejercicio de las facultades mentales y físicas, promulgando para ello en su primer artículo:

Artículo 1: El objeto de la presente Ley es:

1. Establecer las instrucciones, normas y lineamientos de las políticas y los órganos y entes que permitan garantizar a los trabajadores y trabajadoras, condiciones de seguridad, salud y bienestar en un ambiente de trabajo adecuado y propicio para el ejercicio pleno de sus facultades físicas y mentales, mediante la promoción del trabajo seguro y saludable, la prevención de los accidentes de trabajo y las enfermedades ocupacionales, la reparación integral del daño sufrido y la promoción e incentivo al desarrollo de programas para la recreación, utilización del tiempo libre, descanso y turismo social.
2. Regular los derechos y deberes de los trabajadores y trabajadoras y de los empleadores y empleadoras, en relación con la seguridad, salud y ambiente de trabajo; así como lo relativo a la recreación, utilización del tiempo libre, descanso y turismo social.
3. Desarrollar lo dispuesto en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela y el Régimen Prestacional de Seguridad y Salud en el Trabajo establecido en la Ley Orgánica del Sistema de Seguridad Social.
4. Establecer las sanciones por el incumplimiento de la normativa
5. Normar las prestaciones derivadas de la subrogación por el Sistema de Seguridad Social de responsabilidad material y objetiva de los empleadores y empleadoras ante la ocurrencia de un accidente de trabajo o enfermedad ocupacional.
6. Regular la responsabilidad del empleador y de la empleadora y sus representantes ante la ocurrencia de un accidente de trabajo o enfermedad ocupacional cuando existiere dolor o negligencia de su parte.

2.3.3 Norma Técnica Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo (NT-01-2008)

El Ministerio del Poder Popular para el Trabajo y Seguridad Social es el organismo que se encargó de la aprobación de la norma el 01 de diciembre del 2008, la cual fue presentada por el Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad laborales (INPSASEL). El objetivo principal de esta norma es el siguiente:

Establecer los criterios, pautas y procedimientos fundamentales para el diseño, elaboración, implementación, seguimiento y evaluación de un

Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el fin de prevenir accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales en cada empresa, establecimiento, unidad de explotación, faena, cooperativa u otras formas asociativas comunitarias de carácter productivo o de servicios, específico y adecuado a sus procesos de trabajo, persigan o no fines de lucro, sean públicas o privadas, de conformidad a lo establecido en la LOPCYMAT y su Reglamento Parcial y el Reglamento de las Condiciones de Higiene y Seguridad en el Trabajo.

2.3.4 Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN)

Es un organismo creado en el año 1958 encargado de programar y coordinar las actividades de Normalización y calidad en el país. Son de carácter obligatorio y buscan regular el control y mejoramiento de las condiciones de trabajo, así como de reglamentar las formas de operar de manera segura y normalizar los requisitos que deben tener las guardas o dispositivos de protección de maquinarias, el ambiente y el hombre. Para desarrollar los objetivos de la presente investigación se seguirán los lineamientos estipulados en las siguientes normas COVENIN: Iluminancia en tareas y áreas de trabajo (2249-93), Ruido Ocupacional, Programa de Conservación Auditiva, Niveles Permisibles y Criterios de Evaluación (1565-95), Ventilación de los Lugares de Trabajo (2250:2000).

2.3.5. NFPA 86 Norma para hornos y hornos industriales

La NFPA es una organización fundada en Estados Unidos en 1896, encargada de crear y mantener las normas y requisitos mínimos para la prevención contra incendio, capacitación, instalación y uso de medios de protección contra incendio. Posee diversas normativas una de ellas es la NFPA 86 la cual se enfoca en los hornos y hornos industriales, hasta secadores y oxidantes térmicos (un equipo que descompone los gases peligrosos para evitar la contaminación del aire), muchas máquinas caen bajo el respaldo de NFPA 86. El cumplimiento de estos estándares permite a los usuarios evitar riesgos de explosiones y seguridad para su personal y maquinaria, logrando una operación tan segura como eficiente.

2.4. Definición de términos básicos

Biomasa: es un combustible vegetal que procede generalmente de residuos , bien sean estos forestales: leña, cortezas, astillas, restos de poda o masas forestales,...; agrícolas: la poda de la vid, almendros, cáscaras de frutos secos, huesos de aceituna y otros frutos,...; o industriales: restos de industrias madereras o de la fabricación del corcho.

Cobertizo: puede ser un tinglado o un galpón. Se trata de una construcción simple, de una única planta, que se emplea para el almacenamiento de distintos elementos o para el desarrollo de aficiones. Muchas veces son estructuras de madera con techo de chapa, aunque sus características pueden variar.

Condensar: Hacer más densa o espesa una sustancia, eliminando parte del agua que contiene.

Deshumidificación: Consiste en pasar una corriente de aire por un evaporador, el cual está a una temperatura por debajo del punto de rocío, provocando que la humedad ambiental se condense y gotee a un depósito o un desagüe. Después de ser secado y enfriado el aire pasa por el condensador, con lo que recupera la temperatura ambiental y disminuye aún más su humedad relativa.

Hidroconversión: Se basa en el uso de partículas catalizadoras de escala nanométrica (sustancias que provocan una reacción química).

Humedad relativa: Es la relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua a una temperatura dada. La humedad relativa depende de la temperatura y la presión del sistema de interés. La misma cantidad de vapor de agua produce una mayor humedad relativa en el aire frío que en el aire caliente. Un parámetro relacionado es el del punto de rocío.

Saturación: se utiliza para indicar la cantidad (en %) de un gas en un líquido.

Secado residual: se aplica a la materia restante tras la evaporación de una muestra de agua y su secado a una temperatura determinada de 110°C. El residuo total incluye al "residuo no filtrable", que es el que queda retenido en el filtro la muestra, y al

"residuo filtrable", que es el que lo atraviesa. Estos dos términos se corresponden con el de sólidos o residuos en suspensión y disueltos, respectivamente.

Sección convectiva: Suele estar formada por haces o bancos dispuestos de forma transversal (flujo cruzado) al flujo de los gases de combustión. Se trata de recuperar calor, a partir de los mismos.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

La presente investigación requiere contar con todos los elementos metodológicos que permitan el desarrollo de sus objetivos. En tal sentido, Sabino (2007) señala que:

El marco metodológico es el conjunto de acciones destinadas a describir y analizar el fondo del problema planteado, a través de procedimientos específicos que incluye las técnicas de observación y recolección de datos, determinando el “cómo” se realizará el estudio, esta tarea consiste en hacer operativa los conceptos y elementos del problema que estudiamos, al respecto este autor nos dice: “En cuanto a los elementos que es necesario operacionalizar pueden dividirse en dos grandes campos que requieren un tratamiento diferenciado por su propia naturaleza: el universo y las variables” (p. 118).

3.1 Tipo de la Investigación

El presente estudio en cuanto a la estrategia se ubicó dentro de un tipo de investigación de proyecto factible, (como se cita en Pérez, 2002). (p. 24). Según el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de La Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL, 2001), define:

El proyecto factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación tipodocumental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades. El proyecto factible comprende las siguientes etapas generales: diagnóstico, planteamiento y fundamentación teórica de la propuesta; procedimiento metodológico, actividades y recursos necesarios para su ejecución; análisis y conclusiones sobre la viabilidad y realización del proyecto; y en caso de su desarrollo, la ejecución de la propuesta y la evaluación tanto del proceso como de sus resultados (p. 7).

3.2 Diseño de la Investigación

El estudio se ha enfocado dentro de un diseño de campo, Según Arias (2006), define:

La investigación de campo como aquella que consiste en la recolección de todos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variables alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental (p.6).

Claro está, en una investigación de campo en la cual también se emplea datos secundarios, sobre todo los provenientes de fuentes bibliográficas, a partir de los cuales se elabora el marco teórico. No obstante, son los datos primarios obtenidos a través del diseño de campo, lo esenciales para el logro de los objetivos y la solución del problema planteado. La investigación de campo, al igual que la documental, se puede realizar a nivel exploratorio, descriptivo y explicativo. Este estudio constituye una investigación con diseño de campo ya que se recopilará la información en forma directa, es decir de la realidad del problema, de esta manera se puedan obtener datos primarios, con los aportes cuantitativos y cualitativos que denota el objeto de estudio.

Cabe destacar que la investigación también está apoyada en una revisión documental. Según el autor Córdoba y Monsalve (2002):define: La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes. Indaga sobre un tema en documentos-escritos u orales- uno de, los ejemplos más típicos de esta investigación son las obras de historia. Esta investigación tuvo apoyo documental porque se manejaron diversos tipos de documentos bibliográficos a través de los cuales se logró recolectar información necesaria para el estudio a realizar.

3.3 Nivel de la Investigación

En cuanto al nivel de la investigación ha sido de carácter descriptivo, Según Arias, (2006; 24), define: la investigación descriptiva como la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubicaron en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.

El nivel de la investigación fue de carácter descriptivo porque “Se trabaja sobre realidades de hechos y sus características fundamentales de presentar una interpretación correcta. Esta incluye el estudio de casos, causales y desarrollo. Así mismo según Córdoba y Monsalve (2002):

Está clasificado en diseño Interactiva porque implica la realización de acciones en forma individual o grupal con el fin de modificar una situación o evento. Ésta investigación ejecuta acciones para modificar un evento recogiendo información durante el proceso, para detectar el problema planteado, describe en su fase descriptiva situación preocupante con el propósito de reorientar las actividades para introducir mejoras durante el proceso. (p.41)

El propósito de esta investigación ha sido en Proponer el diseño de un horno para la realización del proceso de secado de madera en la empresa VENMAIN, C.A ubicada Valencia. Estado Carabobo. Este estudio estuvo orientado a contribuir con el crecimiento y desarrollo de la organización, generando cambios masivos que contribuyan a la empresa a satisfacer necesidades de desarrollo interno, para mejorar la efectividad en los trabajos, y así mismo obtener respuestas oportunas en la toma de decisiones y dar cumplimiento efectivo de los objetivos que la empresa quiere lograr. Para esto se hizo necesario realizar un diagnóstico de la situación actual que presenta la empresa con respecto al secado de madera, luego de analizar los elementos que intervienen en el proceso.

3.4 Población y Muestra

Población

Tamayo y Tamayo, (2007; 108), explica que “...la población es el conjunto de individuos u objetos de lo que se desea conocer algo en una investigación”. Para efectos de esta investigación, la población fue de tipo finita porque estuvo conformada por los hornos de secado.

Muestra

Hernández, Fernández y Batista, (2009; 278), indican en cuanto a la selección de la muestra “... aquí el procedimiento no es mecánico ni en base de fórmulas de probabilidades sino que dependen del proceso de toma de decisiones de una persona o

grupo de personas.”. Es decir, la población y muestra se consideraron equivalentes; tomado este número a través del muestreo no probabilístico, todos tienen las mismas características y son suficientes para que la estimación de los parámetros determinados tenga un nivel de confianza adecuado. Eso significa que la muestra será censal, es decir será el horno de secado de madera de la empresa VENMAIN, C.A.

3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Técnica

Como técnica para la obtención de la información necesaria se utilizó la encuesta a través de un instrumento tipo cuestionario de recolección de información, que de acuerdo con Arias, (2006; 72) define a la encuesta como “Una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de si mismos, o en relación con un tema en particular”. Como instrumento se utilizó el cuestionario.(ver apéndice A)

Instrumentos de recolección de datos

Tamayo y Tamayo, (2007; 271) define el cuestionario como “el instrumento formado por una serie de preguntas que se contestan por escrito a fin de obtener la información necesaria para la realización de una investigación”. La aplicación de este cuestionario el cual estuvo conformado por ocho (8) preguntas con dos alternativas de repuestas (Sí- No) y fue aplicada a los empleados con la finalidad de Diagnosticar la situación actual de la empresa VENMAIN, C.A en la aplicación del secado de madera.

3.6 Validación del instrumento

Balestrini (2007),, la validez “Se refiere al grado de que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir”. (p. 45)

Por consiguiente la validez del instrumento para el presente estudio, queda a juicio de expertos. En relación con esto último, Sabino (20124), lo refiere “Al grado en que aparentemente un instrumento de medición mide la variable en cuestión, de acuerdo con expertos en el tema”. (p. 204). Es decir, con personas conocedores al

área consubstancial al problema planteado, en la medida, que permita tales instrumentos ser sometidos a observaciones y corregirlos.

En tal sentido, la validez de los referidos instrumentos se presenta a través de determinados ítems o llamado Tabla de Especificaciones, los cuales se deberán responder dicotómicamente (Si o No) .A tal efecto de seleccionar una sola, además, podrán incluir adecuadas observaciones en determinados espacios.

3.7 Confiabilidad del instrumento

“La confiabilidad se calcula y evalúa para todo el instrumento de medición utilizado, o bien, si se administraron varios instrumentos, se determina para cada uno de ellos. Asimismo, es común que el instrumento contenga varias escalas para diferentes variables, entonces la fiabilidad se establece para cada escala y para el total de escalas (si se pueden sumar, si son aditivas). Existen diversos procedimientos para calcular la confiabilidad de un instrumento de medición. Todos utilizan fórmulas que producen coeficientes de fiabilidad que pueden oscilar entre cero y uno, donde (...) cero significa nula confiabilidad y uno representa un máximo de confiabilidad. Cuanto más se acerque el coeficiente a cero (0), mayor error habrá en la medición”. (Hernández , R. Fernández C. y Batista P. 2009, p. 300)

Con referencia a lo anterior, el método de confiabilidad a utilizar inherente al instrumento del presente estudio será dado, por la técnica de Kuder & Richarson () de fórmula 20, “ -20”, presentada en el año 1937.

Según Balestrini (2007), la confiabilidad KR es una técnica aplicable a cuestionarios de preguntas cerradas con opciones de respuestas dicotómicas a binarias (Si–No, tomando como uno para las respuestas “Si” y cero para las respuesta “No”), cuyo procedimiento se basa en la relación de aciertos y desaciertos y varianza del total de aciertos. A continuación se presenta la fórmula para calcular la confiabilidad de un instrumento por medio del método KR-20.

$$r_{KR-20} = \frac{\sum p_i q_i}{\sum p_i q_i + \frac{1}{2} \sum p_i^2 + \frac{1}{2} \sum q_i^2}$$

— ; q = 1 - p ; — -

Tomado de Medina, I. (2018). [Documento en línea] (2018).

Dónde:

KR = Coeficiente de confiabilidad de toda la prueba.

n = Número de ítems (preguntas) del instrumento

Vt = Varianza total del instrumento (desviación estándar de la puntuación total de prueba)

p = Personas que responden “Si” (tomado como 1) a cada ítem.

x = Puntaje total obtenido en respuestas “Si”.

n = Número de encuestados

q = Personas que responden “No” (tomado como 0) a cada ítem.

xi = Puntaje individual obtenido de cada encuestado.

3.8 Fases Metodológicas de la Investigación

Fase I Diagnosticar la situación actual de la empresa VENMAIN, C.A en cuanto a la aplicación del secado de madera.

En esta fase se busca evaluar en qué condiciones se estaban trabajando para realizar el proceso de secado de madera, enfocándose en los implementos que usan, como es la operación y si su proceso es manual o automático.

Fase II Determinar el tipo de madera que se utiliza en la empresa VENMAIN, C.A.

Por medio de esta fase se determinara el o los tipos de madera que serán introducidos en el horno, pues sus características representan las variables imprescindibles para el diseño del horno, estos datos serán obtenidos mediante las herramientas de recolección de datos descritos previamente.

Fase III Analizar los diferentes equipos a utilizar en el diseño del horno.

Durante esta fase, es importante la información que se obtuvo mediante la aplicación de la herramienta de investigación, que es la revisión bibliográfica con el fin de analizar y estudiar las propiedades de los materiales con los cuales se van a utilizar en el diseño del horno para corroborar si son los adecuados para su aplicación y no se presente ninguna falla en el equipo.

Fase IV Elaborar el diseño del horno para el proceso de secado de madera.

Para el desarrollo de esta fase, ha sido necesaria la utilización de un programa que permite diseñar piezas o equipos, en los cuales se les puede aplicar materiales, esfuerzos o cargas. Además se puede simular el movimiento de las piezas que pasan a través de la máquina, con el fin de saber cómo quedaría el diseño del horno en físico y como sería su funcionamiento.

Fase V Determinar la factibilidad del horno de secado de madera.

Esta fase se desarrollara a través de la aplicación de la técnica de la entrevista al gerente (Ingeniero Mecánico- Especialista en Mantenimiento) de la empresa VENMAIN, C.A. Para Sabino, (2007:116) “la entrevista, desde el punto de vista del método es una forma específica de interacción social que tiene por objeto recolectar datos para una investigación.

Por otro lado, quien debe realizar el estudio de las factibilidades son los autores, basados en cálculos e indicadores de interés, estableciendo un diálogo peculiar, asimétrico, donde una de las partes busca recoger informaciones y la otra es la fuente de esas informaciones.”. Esta entrevista permitió obtener información válida para evaluar la factibilidad técnica y operativa del horno para secado de madera. Finalmente, los investigadores a través del desarrollo de las cinco fases evaluaron dicha factibilidad a fin de llegar a conclusiones válidas y hacer las recomendaciones pertinentes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el presente capítulo, se efectúa el desarrollo de las fases metodológicas mencionadas en el capítulo III de la presente investigación realizada a la muestra de trabajadores de la empresa VENMAIN, C.A comprendidos entre el departamento de mantenimiento y el gerente de la empresa, con el fin de conocer cómo se manejan estos procesos y los correctivos que mediante este estudio se aplicaran para lograr un mejor funcionamiento dentro de esta organización. Continuando con lo anteriormente dicho, Eyssautier, M (2006), sostiene lo siguiente:

El análisis de interpretación de resultados es la síntesis de la información recopilada que se traducirá en conclusiones que deberán ser anunciadas con mucha precisión, es decir, deberán tener una interpretación científica y un alto nivel de abstracción y generalización. (p.255).

Después de haber recolectado la información detallada en los cuestionarios que fueron aplicados a los trabajadores, los datos se tabularon y se analizaron, obteniendo los resultados que los encuestados proporcionaron a los investigadores acerca del proceso de secado de la madera.

4.1. Diagnóstico de la situación actual de la empresa VENMAIN, C.A, en cuanto a la aplicación del secado de madera.

En esta fase se muestran los resultados obtenidos de la encuesta realizada al personal de mantenimiento. A continuación se presenta dicha información para dar bases a los objetivos planteados en este trabajo.

Ítem 1. ¿Considera usted que el método utilizado para el secado de la madera es eficaz?

Cuadro 1. Método utilizado para el secado de la madera

ITEM 1	SI	NO	TOTAL
CANTIDAD DE ENCUESTADOS	0	7	7
		100%	100%

Fuente: González y Marín (2020).

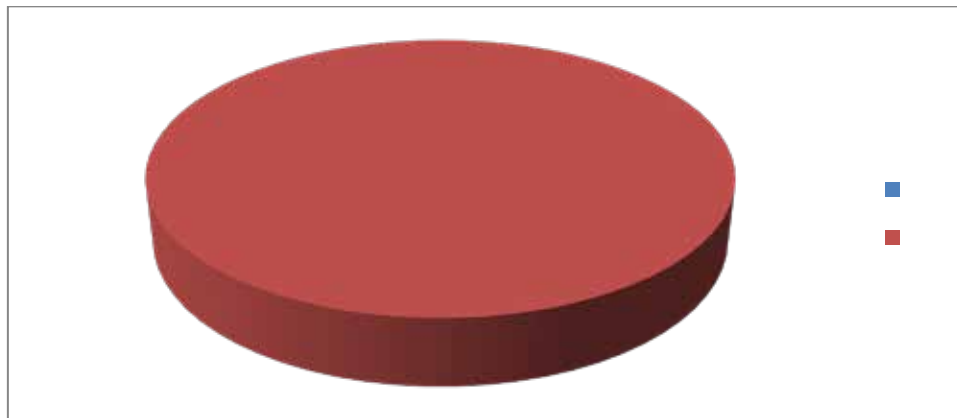


Gráfico 1. Método utilizado para el secado de la madera

Fuente: Gonzales y Marín (2020)

Análisis: según los datos aportados por el grafico anterior se observa que la totalidad de la muestra encuestada, lo que corresponde al 100% opina que el proceso llevado a cabo por la organización al secar la madera no es eficaz.

Item 2. ¿Dentro de la organización se han utilizado otros métodos para el secado de la madera?

Cuadro 2. Otros métodos para el secado de la madera

ITEM 2	SI	NO	TOTAL
CANTIDAD DE ENCUESTADOS	0	7	7
		100%	100%

Fuente: González y Marín (2020)

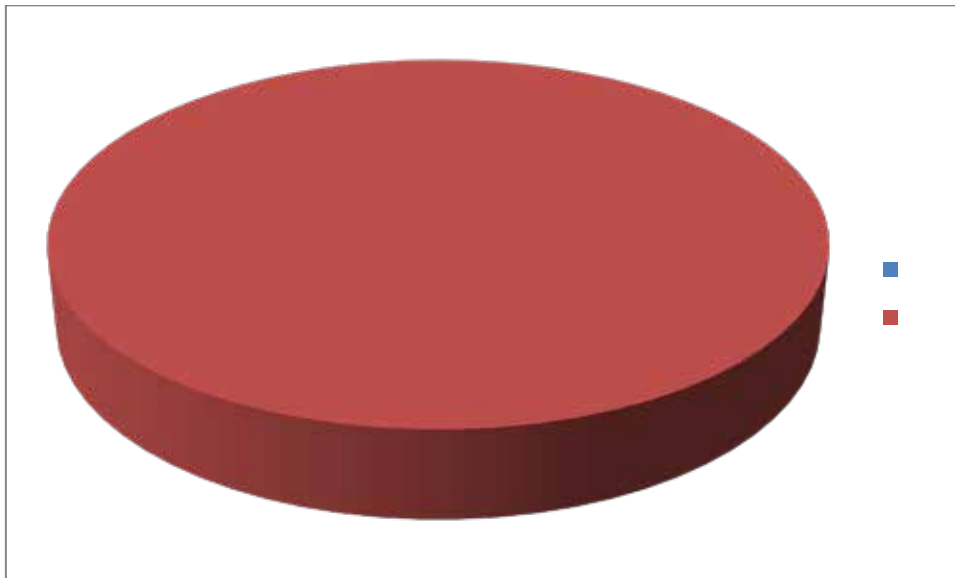


Grafico 2. Otros métodos para el secado de la madera

Fuente: González y Marín (2020)

Análisis: Del resultado anterior se desprende que el 100% de la muestra encuestada opina que no se han utilizado otros métodos para el secado de la madera, optimizando el proceso de fabricación.

Ítem 3. ¿La empresa se ha visto en la necesidad de ampliar el personal de mantenimiento para el secado de la madera?

Cuadro 3. Necesidad de ampliar el personal de mantenimiento

ITEM 3	SI	NO	TOTAL
CANTIDAD DE ENCUESTADOS	5	2	7
	71%	29%	100%

Fuente: González y Marín (2020)

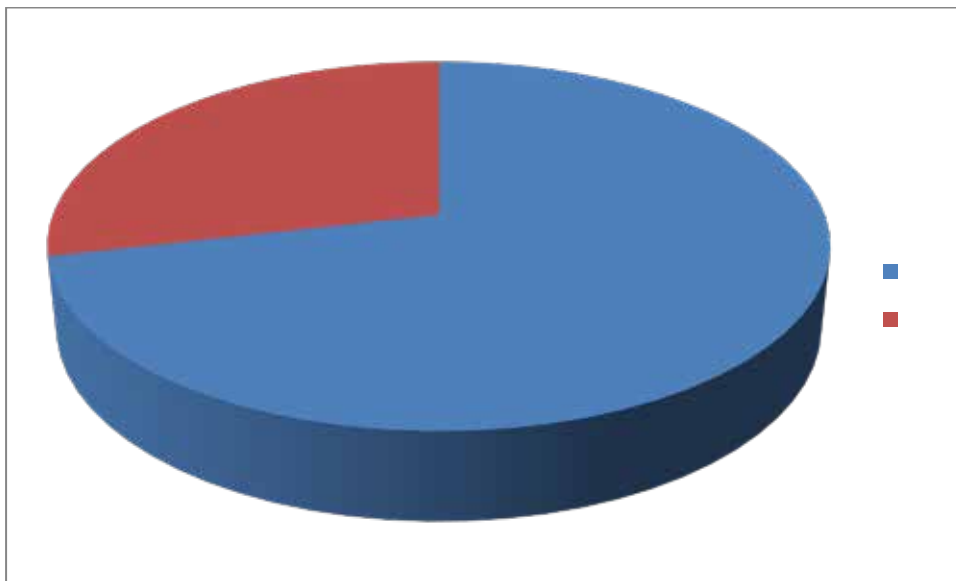


Gráfico 3. Necesidad de ampliar el personal de mantenimiento

Fuente: González y Marín (2020).

Análisis: el gráfico anterior muestra que el 71% de la muestra encuestada responde de manera positiva ya que los mismos consideran que debido a la ausencia de una maquina en la organización, convierte la fabricación en un proceso complejo necesitando así más empleados para llevar el proceso de una forma óptima. Por el contrario un 29% de la muestra responde de manera negativa, por lo que están conformes con los roles que deben asumir cada uno.

Ítem 4. ¿Han sufrido alguna lesión laboral, debido a los roles que emplean cada uno para llevar a cabo el secado de la madera?

Cuadro 4. Lesiones laborales

ITEM 4	SI	NO	TOTAL
CANTIDAD DE ENCUESTADOS	7	0	7
	100%		100%

Fuente: González y Marín (2020).

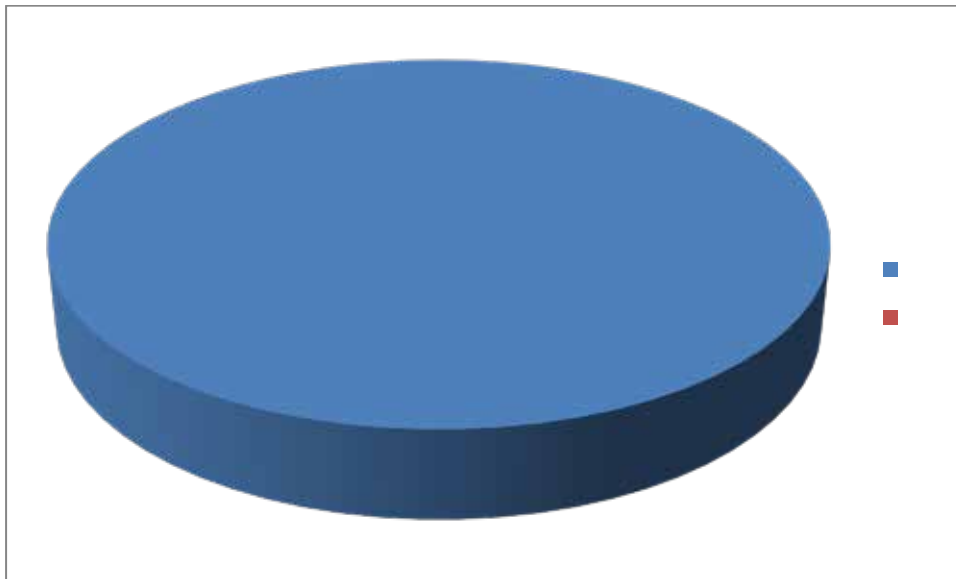


Gráfico 4. Lesiones laborales

Fuente: González y Marín (2020).

Análisis: una vez tabulados los resultados se observa que el 100% de los encuestados responden de manera afirmativa, destacando así, que el personal de mantenimiento se ha visto en riesgo desarrollando su trabajo, y que este personal desarrolla otros roles que no les corresponden debido a la falta de personal.

Ítem 5. ¿La empresa ha sufrido pérdidas de materia prima debido a la humedad y diversos factores externos que comprometen el estado del material?

Cuadro 5. Pérdidas de materia prima debido a la humedad y diversos factores

ITEM 5	SI	NO	TOTAL
CANTIDAD DE ENCUESTADOS	7	0	7
	100%		100%

Fuente: González y Marín (2020).

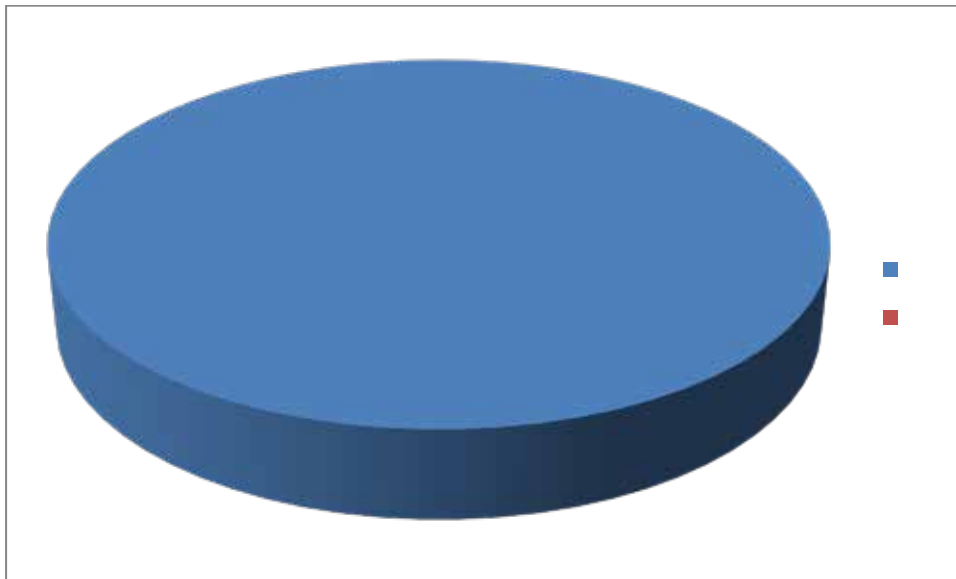


Grafico 5. Pérdidas de materia prima debido a la humedad y diversos factores

Fuente: González y Marín (2020).

Análisis: Según los datos aportados por los encuestados respecto al desperdicio innecesario de materia, el 100% responden de manera afirmativa. Debido a esta información se obtiene que la organización tiene una cantidad de desperdicio estadísticamente alta, debido a la humedad y a los insectos que esta puede conllevar.

Ítem 6. ¿Considera usted que utilizando un horno, mejore el proceso de fabricación de los muebles en la organización?

Cuadro 6. Mejoramiento del proceso de fabricación de muebles

ITEM 6	SI	NO	TOTAL
CANTIDAD DE ENCUESTADOS	7	0	7
	100%		100%

Fuente: González y Marín (2020). Datos Obtenidos de la aplicación del instrumento.

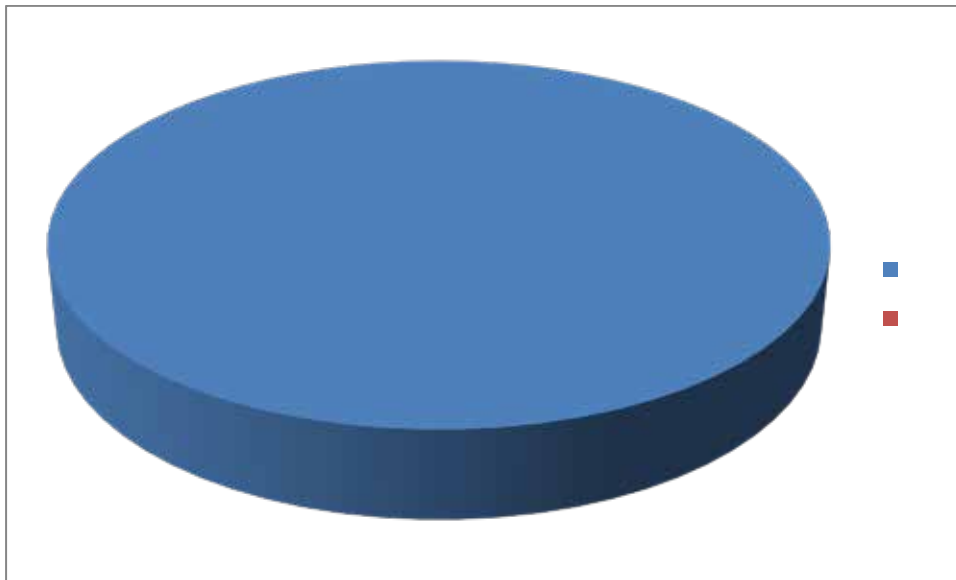


Gráfico 6. Mejoramiento del proceso de fabricación de muebles

Fuente: González y Marín (2020).

Análisis: por medio del gráfico anterior se observa que el 100% de la muestra encuestada selecciona como alternativa de respuesta la opción positiva, destacando así que la empresa se ve en la necesidad de aplicar un horno para el secado de la madera para optimizar mejor su proceso de fabricación de muebles.

Ítem 7. ¿Cree usted que el proceso de fabricación de muebles de manera efectiva dependa estrechamente con el proceso de secado de madera?

Cuadro 7. La fabricación de muebles depende estrechamente con el proceso de secado

ITEM 3	SI	NO	TOTAL
CANTIDAD DE ENCUESTADOS	5	2	7
	71%	29%	100%

Fuente: González y Marín (2020)..

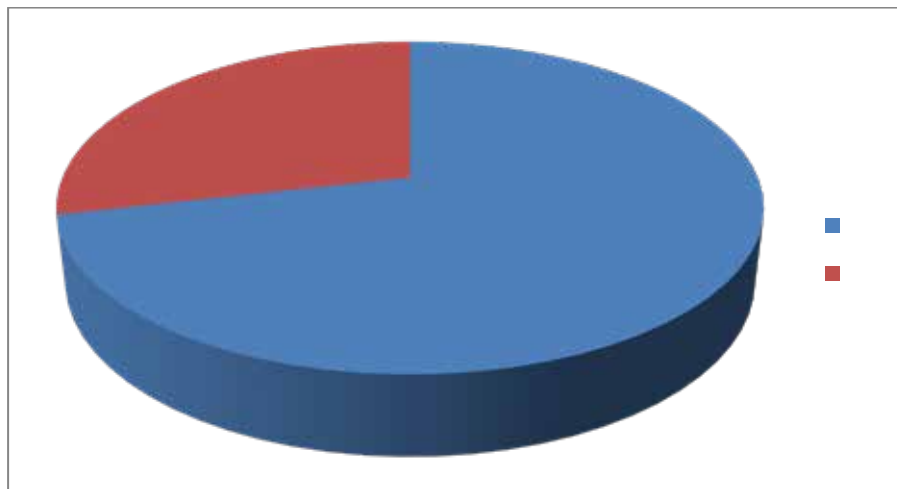


Gráfico 7. La fabricación de muebles depende estrechamente con el proceso de secado

Fuente: González y Marín (2020).

Análisis: a través del gráfico anterior se puede observar que el 71% de la muestra encuestada responde de manera positiva, los mismos consideran que la fabricación efectiva de los muebles depende estrechamente con el proceso de secado de madera, ya que al utilizarse la maquina apropiada para los mismos puede aumentar la fabricación, reduciendo consigo la mano de obra para llevar a cabo dicha actividad, por el contrario el 29% de la muestra responde de manera negativa destacando, que la producción no depende primordialmente, de un correcto secado de madera.

Ítem 8. ¿Además de la madera roble, castaño, caoba, laurel y eucalipto la empresa utiliza otros tipos de maderera?

Cuadro 8. Tipos de maderas que usa la empresa

ITEM 8	SI	NO	TOTAL
CANTIDAD DE ENCUESTADOS	0	7	7
		100%	100%

Fuente: González y Marín (2020).

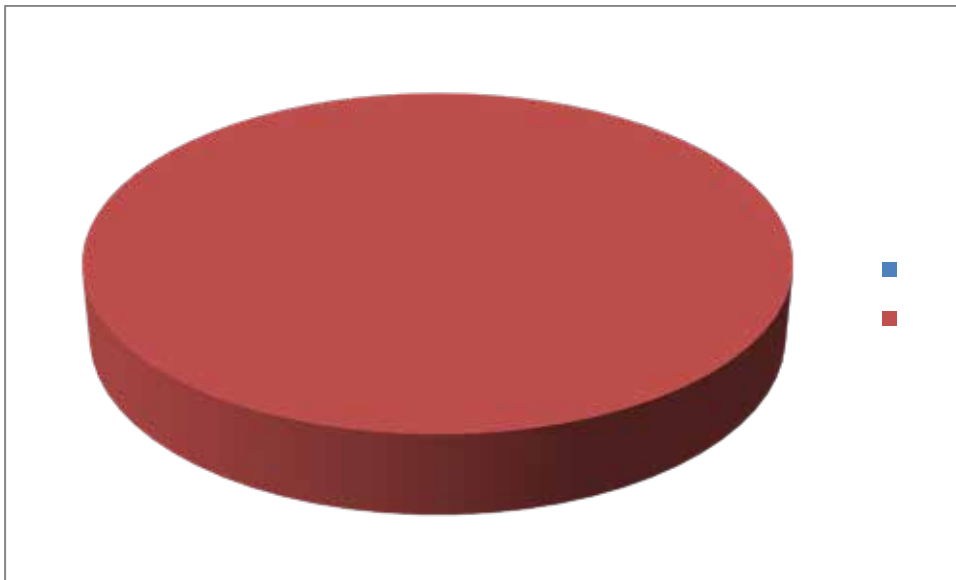


Gráfico 8. Tipos de maderas que usa la empresa

Fuente: González y Marín (2020).

Análisis: del resultado anterior se desprende 100% de la muestra encuestada afirma que la empresa utiliza 6 tipos de madera para la fabricación de muebles, por lo que se puede concluir que dicha organización puede establecer contratos con empresas de la misma índole y comercializar el restante de madera sobrantes de la fabricación, por lo que tiene otra posibilidad de ingresos, reduciendo consigo la alta cantidad de desperdicios en la que puede incurrir.

4.2. Determinación del tipo de madera que se utiliza en la empresa VENMAIN, C.A.

En esta fase se pudo determinar los tipos de madera que utiliza la empresa VENMAIN, C.A. mediante una visita a la organización y también con el uso de los datos obtenidos de la aplicación del instrumento (encuesta). Los diversos tipos de madera se muestran en la tabla 7. con su respectivo peso específico.

Tabla 7. Tipos de madera que utiliza la empresa VENMAIN, C.A.

madera	Peso específico (—)
Castaño	800
Roble	800
Laurel	450
Eucalipto	720

Fuente: González y Marín (2020).

4.3. Análisis de los diferentes equipos a utilizar en el diseño del horno.

En esta fase se muestra el tipo de horno con sus componentes que se van a utilizar para su diseño, se utilizara el proceso de convección ya que trabajan con temperaturas más elevadas, normalmente oscila entre 60 a 80(°C), este tipo de horno utiliza por lo general ventiladores, sistemas de mando, tal como se puede apreciar en la figura 7, y como medio de calefacción se puede utilizar:

- Agua caliente
- Aceite térmico
- Vapor.
- Gases de combustión.

Además para la generación de energía calorífica necesaria, se utiliza el diesel, siendo su utilización mucho más económica que los desperdicios de madera.

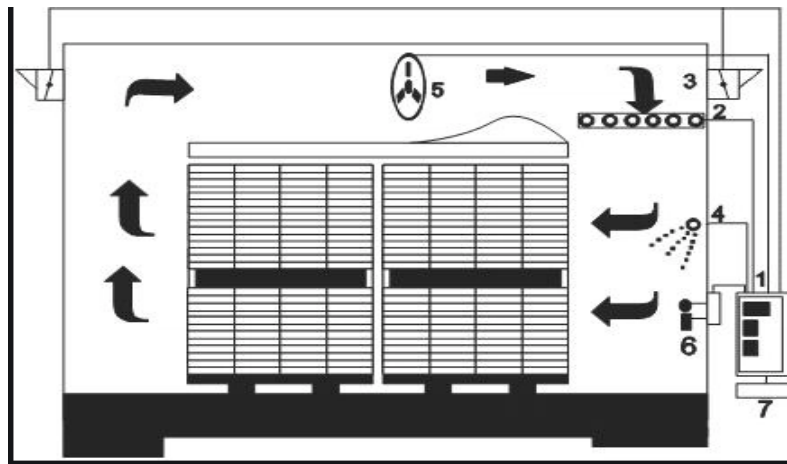


Figura 7. Horno de secado de madera

Fuente: Ongarato S.

4.3.1. Componentes del horno

Ventilador: Es una máquina de fluido o, más exactamente, una turbo máquina que transmite energía para generar la presión necesaria con la que se mantiene un flujo continuo de aire. Se utiliza para usos muy diversos como: ventilación de ambientes, refrescamiento de máquinas u objetos o para mover gases, principalmente el aire, por una red de conductos.

Ventilas regulables para intercambio de aire: Se enfocan en optimizar los sistemas de ventilación y, por ende, la ventilación del espacio. Su característica principal es precisamente tener la capacidad de regular el caudal el aire asumido por dicha rejilla. Por tanto, este tipo de rejillas nos permiten tener un mayor control de la ventilación de la estancia en la que están instaladas.

Motor eléctrico para las ventilas: para poder comandar la apertura de las ventilas, es necesario utilizar un motor eléctrico. el tipo de motor ideal para este caso son los llamados “paso a paso”, ya que pueden realizar giros de 90°, lo que resulta ideal para el sistema de apertura y cierre de las ventilas.

Trampa de vapor: Es un equipo auxiliar en líneas o equipos de calentamiento con vapor, y su función consiste en evacuar los condensados que se van produciendo, sin permitir el paso de vapor. según el principio físico que se use para seleccionar el paso de condensados.

Sistema de mando y control:

Anemómetro: Este instrumento es el que se utilizara para poder obtener la lectura de la velocidad del aire a través de la pila de madera.

Sistema de medición y controlador de temperatura: controlan la temperatura, humedad relativa. Este dispositivo es ideal para obtener una lectura y control de las variables en el proceso de secado.

Transmisor de humedad relativa: Este dispositivo es el encargado de tomar las lecturas de humedad relativa, para transfórmala en una señal eléctrica de voltaje. Es usado en lugares cerrados, ideales para su uso en cámaras de secado. Los modelos TUT-A de transmisores están compuestos de una caja termoplástica, que almacena una tarjeta electrónica con los terminales para sus conexiones eléctricas. Estos transmisores deben estar instalados a una altura media de la cámara en la pared por donde el aire ingresara a la pila de madera.

Controlador de temperatura: El controlador de temperatura es un dispositivo que se encarga de regular y mantener constante una temperatura de entrada, fijada como consigna, actuando sobre una resistencia. Su funcionamiento se basa en el principio de realimentación, un elemento esencial de todos los mecanismos de control que permite al diseñador dotar de una máquina de capacidad de autocorrección.

Controlador Lógico Programado (PLC): Los PLC sirven para realizar automatismos; son dispositivos electrónicos que reproducen programas informáticos, que permiten controlar procesos. Estos equipos pueden contar tanto con salidas como entradas del tipo Analógico y/o Digital. Su costo tiende

a ser moderado para sus grandes aplicaciones y suplantando completamente a la lógica cableada. Dejando de esta manera solo elementos de potencia.

Serpentín: Es un tubo de forma frecuentemente espiral, utilizado comúnmente para enfriar vapores provenientes de la destilación en una caldera y así condensarlos en forma líquida. suele ser de vidrio, cobre u otro material que conduzca el calor fácilmente. se determinó que la cámara de secado para madera, debía contar con 3 serpentines, instalados en el techo falso de esta. además con ésta cantidad, se obtiene que la totalidad del flujo de aire pase a través de los serpentines y sea calentado a la temperatura requerida, y por otra parte se debió al espacio disponible entre los perfiles que sostienen el techo falso.

Accesorios de la línea de vapor: Estos elementos son esenciales para la seguridad y vida útil de la línea de vapor y condensado como además de los serpentines. Para poder obtener la temperatura deseada en el interior del horno, es necesario poder controlar la cantidad de vapor entrante a los serpentines, y para ello se utilizará un controlador, que será el encargado de enviar la señal eléctrica necesaria para poder regular la válvula de control regulando la temperatura a la programada.

4.3.2. Materiales

En la construcción del horno se ameritan ciertos materiales que favorezcan su diseño en lo económico y su rendimiento por ello se toman estos dos tipos de materiales a continuación:

aluminio: Se utiliza este material en la parte externa del horno ya que se amerita una gran resistencia a la corrosión, humedad y temperatura con que se esté operando. siendo el aluminio el material ideal para la construcción.

aislante térmico de poliuretano: Al ser un horno de gran longitud, se ha tomado como material en el interior del horno el poliuretano para la concentración de calor, con el fin de facilitar el desenvolvimiento de la operación de secado evitando grandes pérdidas de calor al medio ambiente.

4.4. Elaboración del diseño del horno para el proceso de secado de madera.

En esta fase se procede a realizar todos los cálculos respectivos para poder corroborar que no se encuentre ningún error y proceder a realizar el diseño de la maquina mediante un software. Primeramente se estudia el tamaño del tablón de madera y luego se comienzan los cálculos del tamaño del horno y térmicos.

4.4.1. Dimensiones del tablón de madera

Se debe tener en cuenta la forma de como entra la madera en el horno para ello se puede ver la figura 8 en donde se observa un tablón de madera y también se ameritan las dimensiones del tablón las cuales se aprecian en la tabla 8.



Figura 8. Tablón de madera

Fuente: González y Marín (2020)

Tabla 8. Dimensiones del tablón

Ancho	0.21 m = 21 cm
Largo	2.5 m = 250 cm
Espesor	0.05 m = 5 cm

Fuente: González y Marín (2020)

4.4.2. Cálculo de las dimensiones del horno.

Longitud del horno

Mediante la ecuación 9 se obtuvo la longitud

Ancho del horno

Antes de determinar el ancho del horno, se debe calcular cuánto es el ancho de cada paquete en donde se coloca la madera como se aprecia en la figura 9.

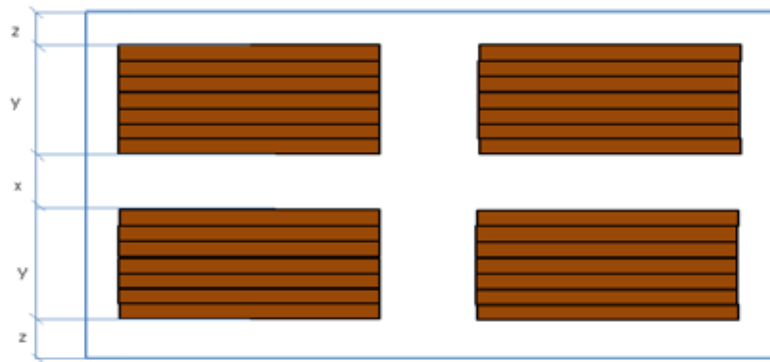


Figura 9. Ancho de los paquetes de madera

Fuente: González y Marín (2020)

En cada fila se ubican siete tablones, se toma este valor porque da un ancho de la pila promedio de 1,5(m) con lo que se asegura una distribución uniforme de la madera. Además mediante la ecuación 10. Se usó para determinar el ancho del horno.

$$A_{\text{horno}} = (2 \times y) + (2 \times z) + x$$

Como el ancho del tablón es 0.21 m se multiplica por el número de tablones colocados y nos da un $y = (0.21 \times 7) = 1,47$ Ahora se toman valores adecuados para "z" y "x" sabiendo que z debe ser mayor que x. por lo tanto $z = 0.9$ y $x = 0.7$

Altura del horno

Se amerita saber el número de filas que van en cada paquete de madera para poder determinar la altura del horno. Durante las visitas a la empresa se observó que cada paquete de madera está formado por 235 tablones, cada fila contiene 7 tablones por lo cual el número de filas se obtiene mediante la ecuación 11.

$$\text{---}$$
$$\text{---}$$

Por otro lado se debe considerar el separador que tiene un espesor de 2.5 (cm), este valor se suma al espesor del tablón que es 0.05 (m).

Así mismo a cada paquete de madera se le divide en dos sub paquetes de 17 filas cada uno, para lograr una mejor distribución del aire caliente en el interior de los mismos. Por lo cual la altura aproximada de cada paquete de madera se calcula con la ecuación 12

Además en la mitad de cada paquete se debe colocar un separador de 9(cm), por lo cual la altura total es. $A = 264 \text{ cm}$ o $2,64(\text{m})$. Se tomara como altura real de cada paquete de $2,8 \text{ (m)}$. En la altura de la cámara también se tienen que tener en cuenta las dimensiones de los ventiladores, intercambiadores de calor, como también los coches que transportan la madera dentro de la cámara. Tomando como un valor

referencial, 0.8 metros de altura para la ubicación de los ventiladores y diversos equipos a utilizar, por ello recomendamos una altura para la cámara de 3.6 (m).

4.4.3. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor en el horno.

Cálculo del coeficiente de transferencia en las paredes del horno.

Mediante el uso de la ecuación 13, se tiene que:

$$\frac{1}{K_p} = \frac{1}{h_{ext}} + \frac{e}{k} + \frac{1}{h_{int}}$$

Cálculo del coeficiente de transferencia en el techo.

De la ecuación 14 se determina el K_q

$$\frac{1}{K_q} = \frac{1}{h_{ext}} + \frac{e}{k} + \frac{1}{h_{int}}$$

Coefficiente de transferencia en el suelo.

A través de la ecuación 15. Se obtiene el coeficiente de transmisión en el suelo, pero se debe tener en cuenta el aislante térmico (poliuretano).

$$\frac{1}{K_s} = \frac{1}{h_{ext}} + \frac{e}{k} + \frac{1}{h_{int}}$$

$$\frac{K_s}{L} = \frac{K_1}{L_1} + \frac{K_2}{L_2} + \frac{K_3}{L_3} + \frac{K_4}{L_4}$$

El valor de K_s es bastante elevado, por ello recomendamos construir un sobre piso, con una cámara central de poliuretano para evitar grandes pérdidas de calor.

Cálculo de k_s correspondiente.

Se utiliza la ecuación 16 para recalculer el k_s

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \frac{1}{k_4}$$

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor de la puerta.

Se determinó con el uso de la ecuación 17.

$$h_p = \frac{K_p}{L_p}$$

4.4.4. Cálculo de la velocidad de transferencia de calor en el horno.

De la ecuación 18 tenemos que:

Para poder obtener la velocidad de transferencia de calor en el horno se debe determinar la transferencia de calor en las paredes, techo y puerta. Haciendo uso de la ecuación 19.

velocidad de transferencia de calor en las paredes.

Se debe tener en cuenta los siguientes datos:

$$\text{Largo} = 8 \text{ m} \times 2,8\text{m} \times 2$$

$$\text{Largo} = 44,8$$

$$\text{Ancho} = 5,5\text{m} \times 2,8 \text{ m} \times 2$$

$$\text{Ancho} = 30,8$$

$$\text{Puerta} = 9$$

Por lo tanto tenemos que:

Velocidad de transferencia de calor en la puerta.

$$Q = 0,36 \times 9 \times 70$$

Velocidad de transferencia de calor en el techo.

$$Q = 0,64 \times 48,75 \times 70$$

$$Q = 2184 \text{ Kcal/h.}$$

Velocidad de transferencia de calor en el suelo.

$$Q = 0,33 \times 48,75 \times 70$$

$$Q = 1126,13 \text{ Kcal/h.}$$

Luego de tener todos estos datos se procede a meter estos valores en la ecuación 18 con el fin de obtener la velocidad de transferencia de calor total y se obtiene el siguiente resultado:

4.4.5. Cálculo de la velocidad y tiempo de secado para los diversos períodos.

Período constante o anticrítico.

De la ecuación 21 se busca el periodo constante:

— —

Se tiene que:

$$A = 0,12$$

$$S = 0,196$$

$$X \text{ inicial} = 0,654$$

$$X \text{ critica} = 0,250$$

$$T1 = 4,10$$

$$T2 = 5,02$$

Se sustituyen esos valores en la ecuación y tendríamos el siguiente resultado

$$\frac{\frac{0,12}{0,196} \left(\frac{0,654 - 0,250}{0,250} \right)^2}{\frac{0,12}{0,196} \left(\frac{0,654 - 0,250}{0,250} \right)^2 + 1}$$

Luego se procede a buscar el periodo de secado anticrítico mediante la ecuación 22.

— —

Dónde:

$$A = 0,12$$

$$S = 0,196$$

$$X \text{ inicial} = 0,654$$

$$X \text{ critica} = 0,250$$

—

Se sustituyen los valores en la ecuación y tenemos que:

$$\frac{0,12}{0,196} \left(\frac{0,654 - 0,250}{0,250} \right)^2$$

Período decreciente o pos crítico.

Para la determinación del período de velocidad decreciente se tomara desde $X = 0,003$ hasta X critico = $0,250$, se utilizara un método de integración gráfica. A partir de la curva de velocidad de secado se prepara la siguiente tabla 9, leyendo los valores de velocidad (W) para los diferentes valores de x .

Tabla 9. Humedad X en función de $1/W$

X media	W (kg/h.)	1/W
0,003	0,004	358,6
0,007	0,003	333,3
0,013	0,005	200
0,03	0,017	80,5
0,081	0,068	60,15
0,173	0,078	40,5
0,25	0,083	30,4

Fuente: González y Marín (2020)

Se grafica las variables de $1/W$ en función de x , y se determina el área bajo la curva.

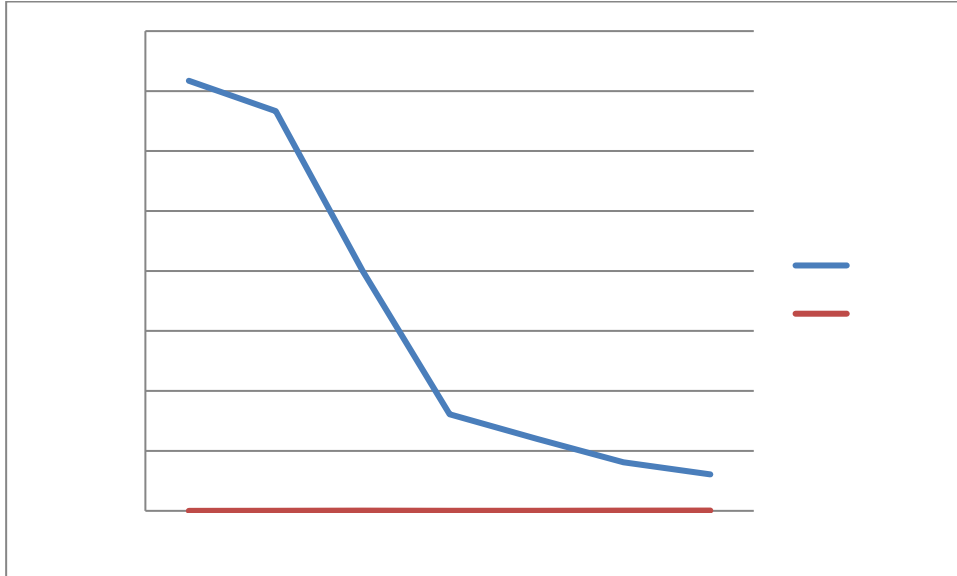
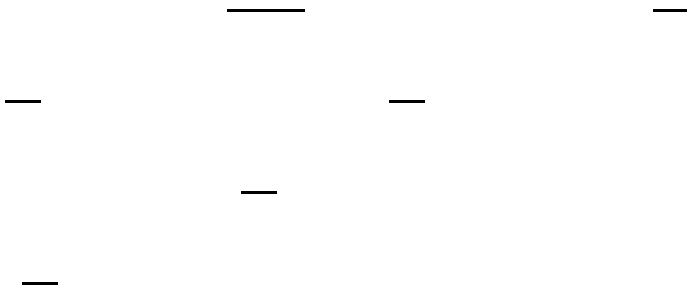


Grafico 9. Curva de Humedad x en función de 1/W
Fuente: González y Marín (2020)



Área = 16,52 m

Sustituyendo en la Ecuación 23, tenemos:



El tiempo total del secado sería:

Por lo tanto luego de tener los datos se meten en la ecuación 20 para obtener la velocidad total:

La velocidad total es $W_t = W_c + W_d$

Tenemos que

$$W_t = 0,716 + 0,006$$

4.4.6. Cálculos térmicos para el diseño del horno de secado de la madera.

Balance de masa

Primeramente se realiza un balance de masa, se visualiza el sólido y el aire, como se aprecia en la figura 10. Y de allí se tienen los valores para determinarlo.



Figura 10. Balance de masa

Fuente: González y Marín (2020)

Dónde:

G_s = Caudal del sólido a la Entrada (750,000 hg)

X_1 = Humedad del sólido a la entrada (86,7 %)

X_2 = Humedad del sólido a la salida (13,87 %)

Y_2 = Humedad del aire a la entrada (0,009 kg H₂O del aire seco)

T_{s1} = Temperatura del sólido a la entrada (18°C)

T_{s2} = Temperatura del sólido a la salida (73°C)

T_1 = Temperatura del aire a la salida (70°C)

C_p = Capacidad Calorífica de la madera (0,57 Kcal/Kg °C)

C = Calor Específico del aire

G = Caudal del Gas

Y_1 = Humedad del aire a la salida.

Luego del balance de masa se procede a despejar Y_1 , obteniendo la ecuación 41. Humedad de salida del aire

Balance de energía

Haciendo uso de la ecuación 1. De balance de energía, tenemos que:

Cálculo de las entalpías de la madera

Para este cálculo de las entalpías tanto de la entrada y salida se aplican la ecuación 24 para la entrada y la ecuación 25 para la salida.

Entrada

—

—

Salida:

—

—

Cálculos de las entalpías de aire.

Para la determinación de la entalpia del aire se utilizan las ecuaciones: ecuación 26 y la ecuación 27.

Entrada

—

Salida

Luego de tener las entalpias se procede a meter los valores en la ecuacion1 de balance de energía.

Tenemos que:

Cálculo de la humedad de salida del aire Y1

La humedad de salida del aire es calcula a través de la ecuación 41. Obtenida por el balance de masa.

Cálculo de la entalpia del aire de salida

$$H1=16,8+69,94Y1$$

Cálculo de cantidad de calor perdido Qp

Se supone un 10% de la entalpia total de calor que se pierde en el exterior. Para el cálculo del calor perdido se utiliza la ecuación 28:

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor Ua.

Se busca el coeficiente de transferencia de calor desde la fuente de calor hacia el fluido usando la ecuación 29. Tenemos:

—

Cálculo del calor necesario para calentar el sólido desde 15°C hasta 85°C.

Para obtener el calor necesario se utiliza la ecuación 30.

—

Energía requerida para la fase de secado.

La energía requerida se calcula, mediante la ecuación 31.

—————

—

Masa de agua libre en la madera.

Para este cálculo se considera el punto de saturación de la fibra en 30 y se determina mediante la ecuación 32.

—————

—————

Masa de constitución de la madera.

La masa de constitución se determina mediante la siguiente ecuación 33.

$$\frac{M_c}{M_d} = \frac{W_c}{W_d} \quad (33)$$

Energía térmica para evaporar el agua libre de la madera.

Se calcula mediante la ecuación 34.

Energía térmica para evaporar el agua de constitución de la madera.

Para determinar el cálculo para la evaporación del agua de constitución se realiza mediante la ecuación 35.

Potencia para eliminar el agua de la madera.

Se calcula a través de la ecuación 36.

Se debe Transformar Q' a Kcal/h

$$1 \text{ Kcal/h} = 1,63 \text{ w} = 4,187 \text{ kj/h}$$

Se sabe que, Q' = energía requerida para eliminar el agua de la madera por día.

Cálculo del calor necesario para calentar el sistema.

El cálculo del calor necesario para calentar el sistema, se realizara por medio de la ecuación 37.

Cálculo del calor que debe suministrar los serpentines.

Para poder determinar el calor que debe suministrar los serpentines se obtiene de la ecuación 38.

Potencia de la caldera.

La potencia se obtiene usando la ecuación 39.

$$Q_2 = 270 \text{ Kcal/h}$$

La potencia de la caldera es igual a:

Para la transformación a hp de caldera se debe tener en cuenta la siguiente equivalencia.

De donde la potencia en hp que necesitamos es de:

4.4.7. Sistema de ventilación.

Para la obtención de circulación del aire en la cámara se utiliza la ecuación 40.

En la cámara se ubican cuatro ventiladores. Por lo tanto el resultado obtenido se divide entre cuatro.

4.4.8. Consumo del combustible diesel.

EN EL APÉNDICE E

4.5. Determinación de la factibilidad técnica y operativa del horno de secado de madera.

En esta fase se procedió a buscar los costos operacionales para la elaboración del diseño del horno de secado de madera y saber si el proyecto es factible o no,

4.5.1. Factibilidad Económica

Tabla 10. Costos de materiales

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo en Bolívares (Bs.S)	Sub total en Bolívares (Bs.S)	Sub total en Dólares (1\$=202.000BsS)
1	Paneles modulares de aluminio (1,80x0,90)m. []	340	1.818.000	618.120.000	3.060
2	Paneles modulares de aluminio (Techo) []	32	1.818.000	58.176.000	288
3	Perfil de aluminio 4x3,2 (6,4)mm. [m]	38	1.212.000	46.056.000	228
4	Perfil de aluminio 4x3,20 (6,4)mm. [m]	120	808.000	96.960.000	480
5	Planchas de poliuretano. []	150	2.424.000	363.600.000	1.800
6	Pernos 5/16 UNC	350	80.800	28.280.000	140
7	Pernos 7/16-14 UNC	65	121.200	7.878.000	39
			TOTAL	1.219.070.000	6.035

Fuente: González y Marín (2020)

Tabla 11. Equipos a implementar para la fabricación del horno

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo en Bolívares (Bs.S)	Sub total en Bolívares (Bs.S)	Sub total en Dólares (1\$=202.000BsS)
1	Caldero para biomasa y diesel de 5BHP	1	1.010.000.000	1.010.000.000	5.000

2	Temporizador digital, 100 – 240 VAC, rango 0.01 seg. a 9990 horas	1	40.400.000	40.400.000	200
3	Materiales (Hormigón armado con una resistencia de 200Kg/cm ²)	17	16.160.000	274.720.000	1.360
4	Válvula operacional de simple efecto de 2 ½”	1	105.040.000	105.040.000	520
5	Pistón de simple efecto modelo G/2, presión 6 bares	4	36.360.000	145.440.000	720
6	Intercambiadores de calor de cobre y aletas de aluminio	4	58.580.000	234.320.000	1.160
7	Motores para alta temperatura 165 o C, 220 – 460 / 3 / 60 Hz. Con ventiladores de aluminio	4	148.470.000	593.880.000	2.940
8	Solenoides operacionales de 3 vías de ¼	4	145.440.000	36.360.000	180
9	Solenoides para vapor de ½, normalmente cerrada.	1	25.250.000	25.250.000	125
10	Trampas de vapor de balde invertido, ¾ NPT.	5	22.220.000	111.100.000	550
11	Controlador programable Watlow, serie F4.	1	64.640.000	64.640.000	320
12	Rtd Watlow – Gordon, diámetro 3/16”	2	17.372.000	34.744.000	172
			TOTAL	2.675.894.000	13.247

Fuente: González y Marín (2020)

Tabla 12. Costos de Combustible

Combustible	Consumo por hora	Costo en Bolívares (Bs.S)	Costo en Dólares (1\$=202.000BsS)
Diesel	1,25 gal/h	0	0
TOTAL		0	0

Fuente: González y Marín (2020)

De acuerdo a lo dictado por el Presidente de la Republica Bolivariana de Venezuela Nicolás Maduro, el sábado 30 de mayo de 2020 el Gasoil (Diesel) tendrá un subsidio de 100% por ello no se plantea un costo en nuestro estudio. Debido a que actualmente es gratis.

4.5.2. Factibilidad Técnica.

Tabla 13. Costos en Mano de Obra

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo en Bolívares (Bs.S)	Sub total en Bolívares (Bs.S)	Sub total en Dólares (1\$=202.000BsS)
1	Máquinas y Herramientas	2	40.400.000	80.800.000	400
2	Mano de Obra (incluyendo ayudantes)	4	151.500.000	606.000.000	3000
3	Transporte	1	16.160.000	16.160.000	80
4	Materiales consumibles	8	3.030.000	24.240.000	120
			TOTAL	727.200.000	3600

Fuente: González y Marín (2020)

Luego de haber obtenido todos los costos que se ameritan para este diseño se procedió a sumarlos todos, los cuales se aprecian en la tabla 14 de costos totales.

Tabla 14. Costos totales

Ítem	Descripción	Sub total en Bolívares (Bs.S)	Sub total en Dólares (1\$=202.000BsS)
------	-------------	-------------------------------	---------------------------------------

1	Materiales para la fabricación del horno	1.219.070.000	6.035
2	Equipos a implementar para la fabricación del horno	2.675.894.000	13.247
3	Costo del combustible	0	0
4	Costos en mano de obra	727.200.000	3600
	TOTAL	4.622.164.000	22.882

Fuente: González y Marín (2020)

4.5.3. Factibilidad Social.

Al aplicar el horno de secado de madera en la empresa VENMAIN, C.A. se puede apreciar un beneficio no solo para la empresa sino para el personal que labora, ya que los empleados tenían que cargar la madera para secarla de manera natural, y cuando llovía debían mover toda la madera rápidamente para evitar que se mojara ocasionando lesiones laborales en algunas personas o en otros casos produciendo enfermedades como hernias. Gracias al horno se disminuye totalmente la preocupación si llueve o no.

Además es totalmente segura su operación, ya que cumple con todas las normas de seguridad a nivel nacional e internacional. Por otro lado se realizó una entrevista al gerente de la empresa para saber si es conveniente el diseño para ellos (VER APENDICE D).

4.5.4. Factibilidad Ambiental.

Con el diseño del horno se podrá contribuir a la rama maderera, el uso de tecnología en un horno con un sistema de control, donde la madera obtenga las propiedades, y la calidad para industrializarlas, esto evitando que las maderas no se pudran, ni atraigan insectos, ni sean rechazadas por los consumidores de pequeñas, grandes empresas y artesanos. Con el fin de disminuir menos la tala de árboles. Se aplican todas las normas ambientales, el horno no produce contaminación a la capa de ozono.

CONCLUSIONES

La presente investigación tuvo como objetivo general proponer el diseño de un horno para la realización del proceso de secado de madera en la empresa VENMAIN, C.A ubicada en Valencia. Estado Carabobo. Para el cumplimiento de dicho objetivo se llevó a cabo una serie de etapas que permitieron la elaboración del trabajo propuesto. Como primer paso se diagnosticó la situación actual de la empresa VENMAIN, C.A en cuanto a la aplicación del secado de madera. A fin de conocer las distintas variables involucradas en el proceso de obtención de un producto final con las características deseadas. A continuación se estudió el tipo de madera que se utiliza en la empresa.

Así mismo, se logró realizar estudios prácticos para determinar los tipos de madera que se utilizan en la empresa VENMAIN, C.A. Y se caracterizaron los diferentes pesos y porcentajes de humedades que poseen, para poder desarrollar el mejor diseño y optimizar el desempeño del secado de madera en dicha empresa. Después de hacer el estudio de las variables se concluye que el promedio del peso correspondiente a los 4 tipos de madera utilizados es de 693 kg/m³, teniendo como material menos pesado la madera tipo Laurel con un peso específico de 450 kg/m³ y como los más pesados el Castaño y el Roble con un peso específico de 800kg/m³ cada uno. Después se analizaron los diferentes equipos que pudieran formar parte del horno para ser tomados en cuentas en el diseño.

De igual manera se realizaron estudios basados en la elaboración de distintos tipos de hornos con la finalidad de aplicar los mejores elementos para el diseño de dicho sistema, todo esto para garantizar la menor pérdida de energía posible. Dentro de los materiales más destacados para este proyecto podemos encontrar: Ventiladores, motor eléctrico, trampa de vapor, sistema de control, serpentín y líneas de vapor de agua, todo esto seleccionados con los más altos estándares y los sistemas más actualizados del mercado. Luego se procedió al diseño del horno para el proceso de secado de madera según los requerimientos de esta empresa. Se realizaron todos los

cálculos termodinámicos para conocer todos los requerimientos que amerita el horno y con la utilización del software de diseño SolidWorks se facilitó la realización de modelados 3D.

Cabe destacar que el diseño se llevó a cabo determinando los parámetros a evaluar, en este caso, la temperatura, en las condiciones ideales para obtener el secado de la madera de la forma más efectiva posible. Estos parámetros de trabajo se recopilaron en diferentes documentos para proceder a la ejecución del diseño y así obtener nuestros resultados. Finalmente se procedió a determinar la factibilidad del horno de secado de madera. Se observó que tanto los hornos de secado de madera como los distintos tipos de hornos presentes en las industrias son sumamente útiles, de gran importancia en los procesos de producción y sin duda sumamente confiables.

Por esto mismo debemos tener en cuenta que en su diseño se debe mantener una alta rigurosidad en el seguimiento de las normas existentes e inspecciones de diseño, y una vez construido, el mantenimiento y control de calidad de los mismos, todo esto con el fin de asegurar el correcto funcionamiento, manteniendo estándares internacionales que permitan el uso continuo sin poner en riesgo al operador o el entorno. Además se demostró que la empresa ahorrará dinero disminuyendo el tiempo de secado de la madera y reducirá el promedio de accidentes laborales durante el proceso.

En conclusión, con la realización del horno de secado de madera se obtuvo un desenlace de gran importancia al ser sometido a altas temperaturas. Mostrando así la importancia de los materiales implementados en estos y la necesidad de realizar un diseño que garantice mantener la temperatura deseada en su interior y así mejorar su rendimiento, disminuyendo el consumo de combustible. También se observa que el diseño está hecho para soportar sus condiciones de trabajo, siendo de suma importancia el constante mantenimiento preventivo e inspección del equipo para conseguir alguna alteración o deterioro producido por el funcionamiento.

RECOMENDACIONES

En una industria como lo es la maderera donde se prevé un aumento de aproximadamente el doble de la producción y la disposición de madera al final de cada año, se recomienda revisar que la madera que esté libre de insectos, polillas, hongos etc. Antes que entre al proceso de secado de la misma. Es de suma importancia que todos los tablones sean de las mismas medidas para evitar falla, y para conseguir la humedad deseada, ya que utilizar tablones en perfecto estado podremos garantizar un producto final optimo, ya que si usamos tablones con arquea duras o fisuras estos daños empeoraran durante el secado. Se debe tener un mantenimiento diario en donde se verifiquen las tuberías, las láminas de aluminio, hacer un chequeo rutinario en donde se prevé de alguna falla.

Así mismo también se amerita un mantenimiento preventivo cada 12 días se debe verificar el tanque de combustible que no se presente algún daño en sus tuberías, verificar la caldera la mayoría de las veces tienden a des calibrarse sus manómetros debido a altas presiones es recomendable estar atento a cada uno de los equipos del horno, los motores de los ventiladores deben tener un chequeo intenso ya que estos están sometidos a un ambiente altamente corrosivo y pueden deteriorarse produciendo que su vida útil disminuya. Además la puerta debe ser engrasada una vez por semana para evitar daños corrosivos y debe ser pintada con pintura anticorrosiva y cada 3 meses pintarla nuevamente por seguridad.

Por otro lado se deben verificar que los equipos estén adecuadamente montados en su respectivo lugar, y controlar que no haya piezas sueltas, para evitar contratiempos durante el proceso de secado. A los 2 años de haber realizado la instalación del equipo es necesario aplicar un mantenimiento total. Debido a que el horno por sus temperaturas presenta una corrosión muy elevada se recomienda chequear cada una de las piezas y maquinas del horno, sus controladores, tuberías, corroborar que el equipo no presenta falla alguna.

Por último

tengan las misma propiedades térmicas o muy parecidas para evitar cualquier efecto secundario tanto en los cálculos como en la eficiencia de la cámara, utilizar aislante térmico en las cañerías externas e internas para evitar las pérdidas de calor existentes en el sistema de secado.

REFERENCIAS

- Arias, Fidias (2006). **El Proyecto de Investigación**. Guía para su Elaboración. Editorial Episteme. Caracas.
- Balestrini, Mirian (2007). **Cómo se elabora el Proyecto de Investigación**. BL Consultores. Caracas, Venezuela.
- Bennett. (1979). **Transferencia de cantidad de movimiento, calor y materia**. Editorial Reverté, España.
- Bickley. (2018). **Normas de seguridad en hornos industriales para evitar riesgos y explosiones**. [Documento en línea]. Disponible: (<https://www.nutecbickley.com/es/blog/normas-de-seguridad-en-hornos-industriales-para-evitar-riesgos-y-explosiones>) [Consulta: 15 de julio del 2020].
- Bravo, M. (2015). **Tipos de combustibles para calderas de biomasa**. [Documento en línea]. Disponible: (<https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/biomasa/tipos-de-combustibles-para-calderas-de-biomasa.html>) [Consulta: 15 de Enero del 2020].
- Cengel, Yunus (2004). **Transferencia de Calor**. Editorial McGraw-Hill, 2da. Edición. Mexico.
- Cengel, Yunus (2006). **Termodinámica**. Editorial McGraw-Hill, 5ta. Edición. México.
- Chacón, Angélica M. (2015). **“Incremento en la capacidad de producción de un horno rotatorio para generar un aditivo carbonoso base coque utilizado en**

hidroconversión”. Trabajo de grado. Publicado. Universidad Central de Venezuela (UCV) Caracas, Venezuela.

Córdoba y Monsalve (2002). **Impacto de la investigación descriptiva aplicado a las ciencias generales**. Trabajo de investigación de la Universidad Católica Andrés Bello. Venezuela.

Delgado, Roberto C. (2015). **“Diseño de un horno con sistema de control para el secado de madera para la ciudad de Viacha”**. Trabajo de Grado. Publicado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

Fastmed (2014). **Normas Covenin**. [Documento en línea]. Disponible: (<https://www.fastmed.com.ve/normas-covenin/>) [Consulta: 15 de julio del 2020].

Fastmed. (2014). **Lopcymat y su reglamento**. [Documento en línea]. Disponible: (<https://www.fastmed.com.ve/normas-covenin/>) [Consulta: 15 de julio del 2020].

González, J. (2020) **Rejillas de ventilación regulable: usos y objetivos** [Documento en línea]. Disponible: (<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/rejillas-ventilacion-regulable/>) [Consulta: 15 de Mayo del 2020].

Hernández, Fernández y Bastidas (2009). **Estudio didáctico de las Bases teóricas fomentadas en un proyecto de investigación**. Ediciones Lurma, Venezuela.

Huertas Montes, J. (2015). **Proceso de obtención de la madera**. [Documento en línea]. Disponible: (<http://www.iesboliches.org/tecnologia/index.php/03-la-madera/03-obtencion-de-la-madera>) [Consulta: 11 de Enero del 2020].

Li Chang, Julio Javier (2015). **“Diseño e implementación de un sistema de control de temperatura y monitoreo de humedad para un horno de secado de transformadores”**. Trabajo de grado. Publicado. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Longo, J. (2010). **Problemas de la madera con la humedad**. [Documento en línea]. Disponible: (<http://vivirhogar.republica.com/carpinteria/problemas-de-la-madera-con-la-humedad.html>) [Consulta: 11 de Enero del 2020].

Maldonado, A. (2015). **Horno de secado para madera**. [Documento en línea]. Disponible: (<https://powdertronic.com/horno-de-secado-para-madera/>) [Consulta: 10 de Enero del 2020].

Nonhebel. (1979). **El secado de sólidos en la industria química**. Editorial Reverté. Inglaterra

Ongarato, S. (2010). Organización, gestión y ejecución de proyectos industriales. [Documento en línea]. Disponible: (<https://tecnologiadelosmateriales1.wordpress.com/tag/secado-de-la-madera/>) [Consulta: 01 de Junio del 2020].

Ostapovich, G. y Tuesta, D. (2016). **“Desarrollo de un software para el diseño de hornos para crudo”**. Trabajo de grado. Publicado. Universidad Central de Venezuela (UCV), Caracas, Venezuela.

PADT-REFORT (2000). **Manual de diseño para maderas del grupo andino**. Editorial junta del acuerdo de Cartagena, 1ra. Edición. Colombia.

- Pérez, Alexis (2002). **Guía Metodológica para Anteproyectos de Investigación**. Fondo Editorial de la universidad Pedagógica Experimental Libertador, 1ra. Edición. Caracas.
- Pérez, J. y Gardey, A. (2018). **Definición de cobertizo**. [Documento en línea]. Disponible: (<https://definicion.de/cobertizo/>) [Consulta: 10 de Enero del 2020].
- Ramírez, Carlos (2007). **Metodología de la Investigación**. Segunda edición. México.
- Rodríguez, F. (2016). **La Madera**. [Documento en línea]. Disponible: (<https://www.areatecnologia.com/materiales/madera.html>) [Consulta: 15 de Enero del 2020].
- Rodríguez Galbarro, H. (2017) [Documento en línea]. Disponible: (<https://ingemecanica.com/index.html>) [Consulta: 5 de Junio del 2020].
- Sabino, Carlos (2007). **El proceso de investigación**. Editorial Limusa. México.
- Salazar, J. (2012). **Determinación residuo seco**. [Documento en línea]. Disponible: (https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/determinacion_residuo_seco.asp) [Consulta: 15 de Enero del 2020].
- Sales, C. (2017). **La innovación tecnológica en el sector maderero**. [Documento en línea]. Disponible: (<http://www.fao.org/3/x8820s12.htm>) [Consulta: 15 de Enero del 2020].
- Smith, J. (2013). **Hornos de secado**. [Documento en línea]. Disponible: (<https://www.vacuubrand.com/es/page1085.html>) [Consulta: 10 de Enero del 2020].

Storch, J. y Herrero, B. (2018). **Organización, gestión y ejecución de proyectos industriales.** [Documento en línea]. Disponible: (<https://books.google.co.ve/books?id=VLbADwAAQBAJ&pg=PA546&lpg=PA546&dq=seccion+convectiva&source=bl&ots=QCXlvETOvM&sig=ACfU3U3mTFR4nqYPRDJUsJtifW-55bc9dg&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjWrIDD7LDnAhVBIVkKHYYJC5IQ6AEwBHoECAoQAQ#v=onepage&q=seccion%20convectiva&f=false>) [Consulta: 09 de Enero del 2020].

Tamayo y Tamayo, Mario. (2007) **El proceso de investigación científica.** Editorial Mc GrawHill. México.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) (2011), **Manual para la Elaboración del Trabajo de Grado.** Venezuela

APÉNDICES

APÉNDICE A
CUESTIONARIO

	PREGUNTAS	SI	NO
1	Considera usted que el método utilizado para el secado de la madera es eficaz		
2	¿Dentro de la organización se han utilizado otros métodos para el secado de la madera?		
3	¿La empresa se ha visto en la necesidad de ampliar el personal de mantenimiento para el secado de la madera?		
4	. ¿Han sufrido alguna lesión laboral, debido a los roles que emplean cada uno para llevar a cabo el secado de la madera?		
5	¿La empresa ha sufrido pérdidas de materia prima debido a la humedad y diversos factores externos que comprometen el estado del material?		
6	. ¿Considera usted que utilizando un horno, mejore el proceso de fabricación de los muebles en la organización?		
7	¿Cree usted que el proceso de fabricación de muebles de manera efectiva dependa estrechamente con el proceso de secado de madera?		
8	¿Además de la madera roble, castaño, caoba, laurel y eucalipto la empresa utiliza otros tipos de madera?		

APÉNDICE B
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO



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

San Diego, Junio 2020

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Profesora : Ing Alicia de Pizzella

Por medio de la presente nos dirigimos a usted con el fin de solicitar la evaluación del cuestionario que se anexa, para recabar información sobre la elaboración de la tesis titulada **DISEÑO DE UN HORNO PARA LA REALIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE MADERA EN LA EMPRESA VENMAIN, C.A UBICADA EN VALENCIA. ESTADO CARABOBO** realizada por los estudiante González Caballero Isabella Paulina, portadora de la Cédula de Identidad N° V-26.581.126, y Marín Rincón Daniel Alberto, portador de la Cédula de Identidad N° V-28.022.528.

En espera de su validación, colaboración y de sus observación, a continuación se anexa el cuestionario, el cual es dicotómico, de respuestas cerradas si o no

CUESTIONARIO

	PREGUNTAS	SI	NO
1	Considera usted que el método utilizado para el secado de la madera es eficaz		
2	¿Dentro de la organización se han utilizado otros métodos para el secado de la madera?		
3	¿La empresa se ha visto en la necesidad de ampliar el personal de mantenimiento para el secado de la madera?		
4	. ¿Han sufrido alguna lesión laboral, debido a los roles que emplean cada uno para llevar a cabo el secado de la madera?		
5	¿La empresa ha sufrido pérdidas de materia prima debido a la humedad y diversos factores externos que comprometen el estado del material?		
6	. ¿Considera usted que utilizando un horno, mejore el proceso de fabricación de los muebles en la organización?		
7	¿Cree usted que el proceso de fabricación de muebles de manera efectiva dependa estrechamente con el proceso de secado de madera?		
8	¿Además de la madera roble, castaño, caoba, laurel y eucalipto la empresa utiliza otros tipos de madera?		

TABLA DE ESPECIFICACIONES

Instrumento: Cuestionario dirigido a 7 empleados de la empresa **VENMAIN, C.A** para recabar información sobre la realización de la tesis, titulada **DISEÑO DE UN HORNO PARA LA REALIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE MADERA EN LA EMPRESA VENMAIN, C.A UBIADA EN VALENCIA. ESTADO CARABOBO** realizada por los estudiante González Caballero Isabella Paulina, portadora de la Cédula de Identidad N° V-26.581.126, y Marín Rincón Daniel Alberto, portador de la Cédula de Identidad N° V-28.022.528.

Apellido y Nombre del Docente ALICIA DE PIZZELLA

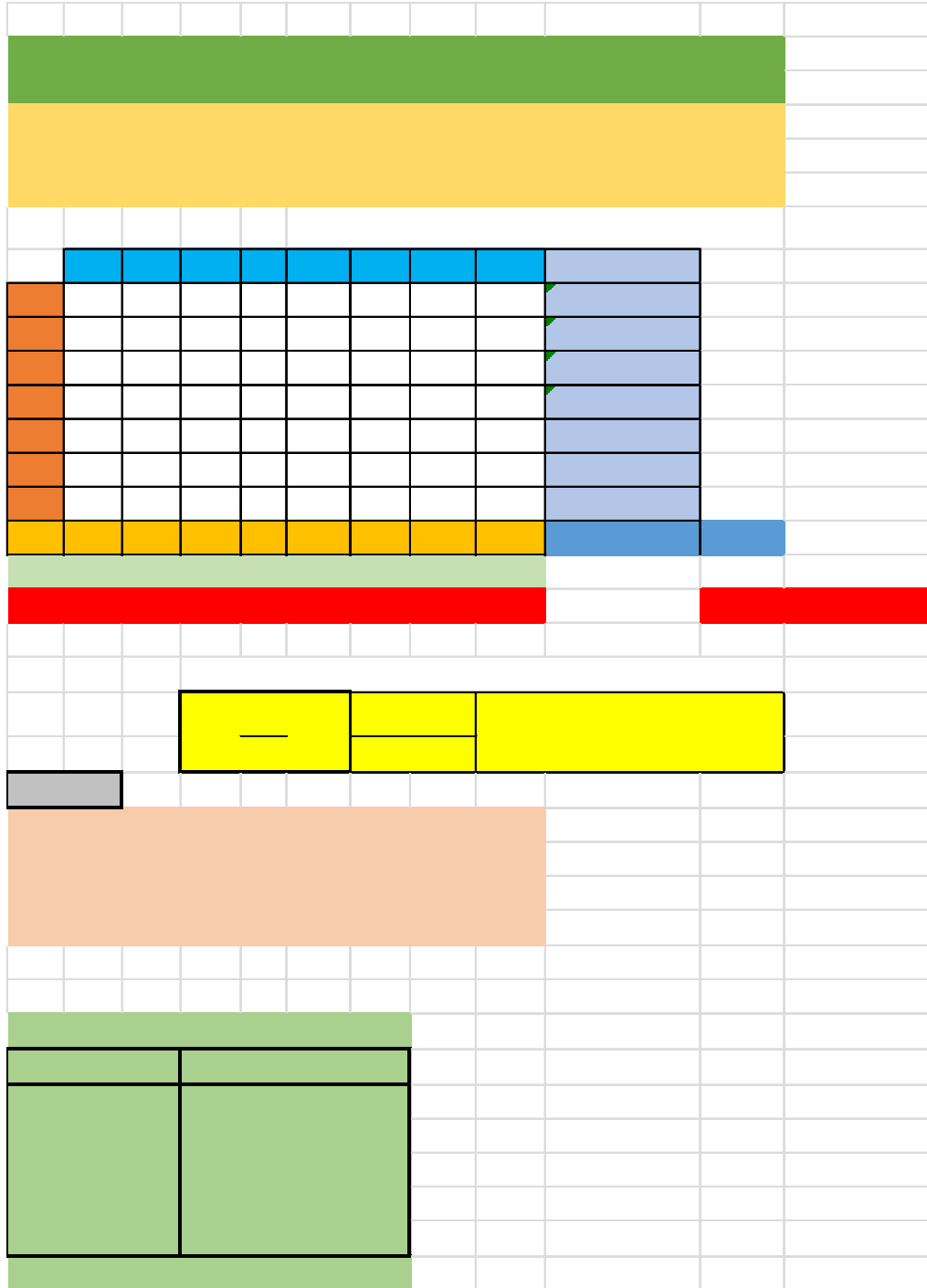
Cédula de Identidad_ 4598880 **Profesión** Ing. Mecánico

Magister en Enseñanza de la Matemática

Firma 

Fecha 21-5-2020

APÉNDICE C
CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO
APLICANDO LA KUDER RICHARDSON



APÉNDICE D
ENTREVISTA A LOS GERENTES DE LA EMPRESA

PREGUNTAS	RESPUESTAS
¿Cuál es la finalidad de instalar en su Empresa un horno para secado de madera?	Mejorar los procedimientos para la elaboración de muebles sin tener pérdidas en materia prima debido a la humedad que se presenta en la empresa.
¿Considera usted que el personal de mantenimiento que labora en la empresa está en la capacidad de saber usar el horno y aplicar un mantenimiento preventivo para evitar un deterioro en la maquina?	Considero que, si están capacitados para operar un horno de secado de madera y el mantenimiento de todo el sistema de la máquina, sin embargo, me gustaría proponer la realización de cursos que mejoren los conocimientos de nuestro personal con el fin de actualizarnos con respecto a lo que establece la norma de seguridad y mantenimiento para dar uso a los métodos más eficaces y eficientes para aplicarla debidamente
.- ¿De qué manera la empresa se ha visto beneficiada con el horno para secado de madera?	Realmente considero que nos resulta beneficioso poder secar la madera en una forma más eficiente y cómoda para el personal, se ha evitado un gran desperdicio de madera al contar con un horno y no secar la madera de forma natural. Además la producción de muebles se ha elevado significativamente, haciendo que se eleven las ventas de nuestro producto.
¿Con todos los costos mostrados sobre el diseño, creería usted conveniente vale construir el horno o comprarlo ya hecho, simplemente de instalar?	Considero que es muy conveniente diseñarlo ya que el costo es muy accesible a nuestro presupuesto. El límite de madera que permite el horno es conveniente para nosotros y comprar un horno, saldría mucho más costoso y no tendría la misma capacidad de calentar la madera.

Fuente: González y Marín (2020)

APÉNDICE E

TABLA DE RESULTADOS

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
Longitud del horno	
Ancho del horno	
Altura del horno	
Dimensiones del tablón	Tablón
Coefficiente de transferencia en las paredes del horno	
Coefficiente de transferencia en el techo	
Coefficiente de transferencia en el suelo	
Coefficiente de transferencia de calor de la puerta	
velocidad de transferencia de calor en las paredes	
Velocidad de transferencia de calor en la puerta	
Velocidad de transferencia de calor en el techo.	
Velocidad de transferencia de calor en el suelo.	
Velocidad de transferencia de calor en el horno	

Período constante	—
Período anticrítico	
Tiempo total de secado (madera de Eucalipto)	
Velocidad total	—
Entalpia de entrada de la madera	—
Entalpia de salida de la madera	—
Entalpia de entrada de aire	—
Entalpia de salida de aire	
Humedad de salida del aire	—
Entalpia del aire de salida	—
Cantidad de calor perdido Qp	—
Coeficiente de transferencia de calor	—
Calor necesario para calentar el sólido desde 15°C hasta 85°C	—
Energía requerida para la fase de secado	—
Masa de agua libre en la madera	
Masa de constitución de la madera	
Energía térmica para evaporar el agua libre de la madera	

Energía térmica para evaporar el agua de constitución de la madera	
Calor necesario para calentar el sistema	—
Calor que debe suministrar los serpentines	—
Potencia de la caldera	
Sistema de ventilación	—
Consumo del combustible Diesel	

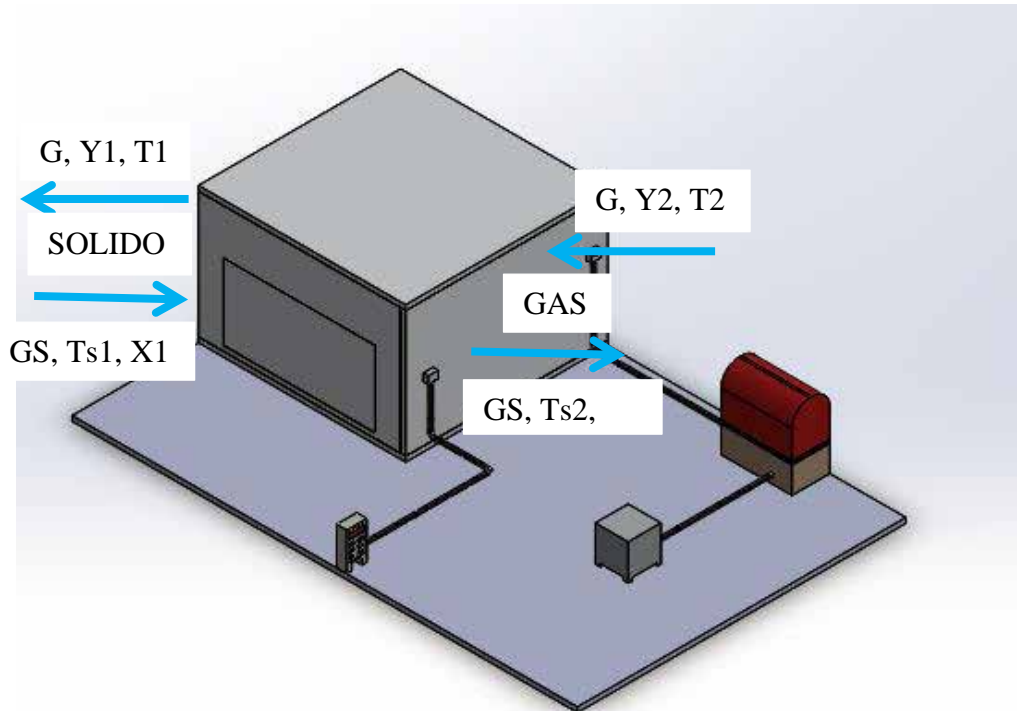
APÉNDICE F
TABLA RESUMEN

ESPECIFICACIONES	HORNO DE SECADO DE MADERA
Ancho (m)	5,5
Alto (m)	3,6
Largo (m)	6,5
Sistema de Apagado	Automático/Manual
Sistema de Encendido	Automático/Manual
Tipo de Alarma	Luz, Sonido
Convección	Si
Modo Sabbath	Si
Gama de Color	Inoxidable/Apariencia inoxidable
Luz interior	Si
Tipo de control	Digital
Potencia de la caldera (Hp)	5,35
Tipo de combustible	Diesel

APÉNDICE G
TIEMPOS DE SECADO

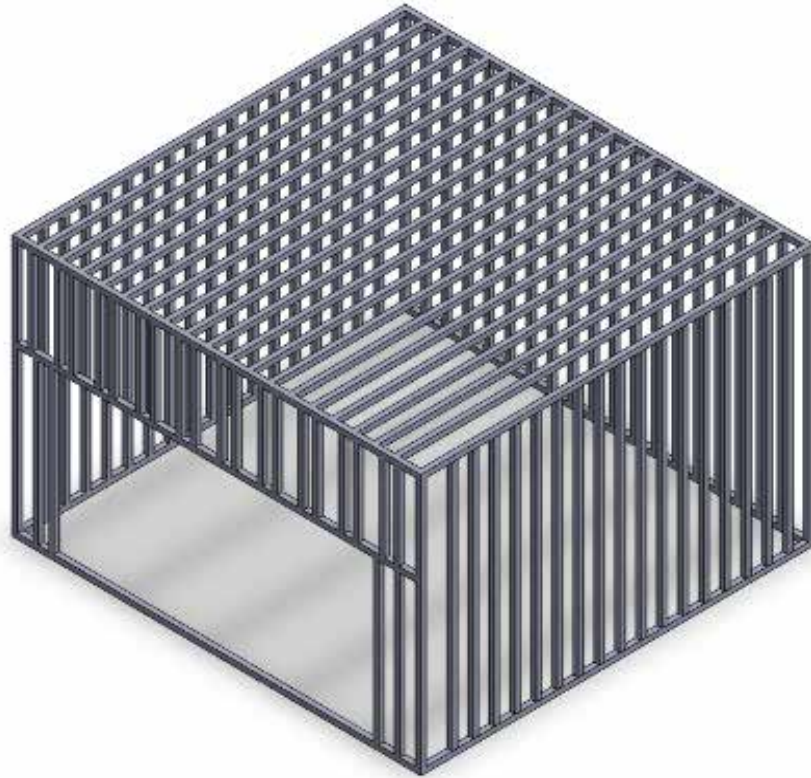
Especie de madera	Tipo de madera	Tiempo de secado en el horno
Eucalipto	Blanda	7 días
Eucalipto	Dura	11 días
Roble	Semi-blanda	10 días
Laurel	Blanda	8 días
Castaño	Dura	12 días

APÉNDICE H
CONDICIONES DE TRABAJO

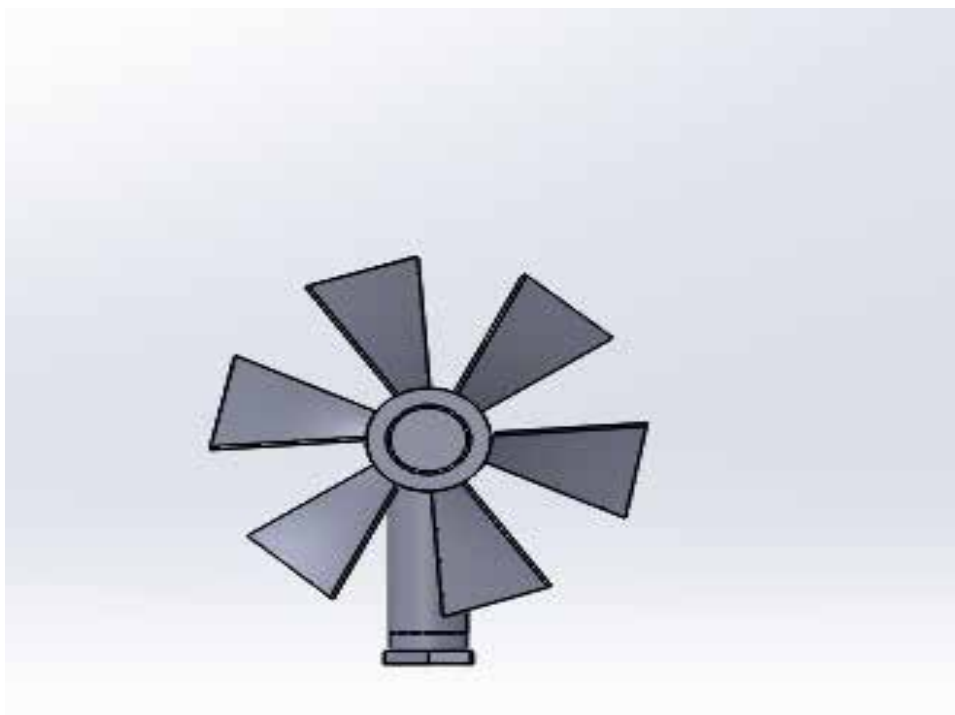


Descripción	Resultado
Caudal del sólido a la Entrada	$G_s = 750,000 \text{ hg}$
Humedad del sólido a la entrada	$X_1 = 86,7 \%$
Humedad del sólido a la salida	$X_2 = 13,87 \%$
Humedad del aire a la entrada	$Y_2 = 0,009 \text{ kg H}_2\text{O del aire seco}$
Temperatura del sólido a la entrada	$T_{s1} = 18^\circ\text{C}$
Temperatura del sólido a la salida	$T_{s2} = 73^\circ\text{C}$
Temperatura del aire a la salida	$T_1 = 70^\circ\text{C}$
Capacidad Calorífica de la madera	$C_{ps} = 0,57 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$
Caudal del Gas	$G = 20 \text{ kg} \text{ ———}$
Humedad del aire a la salida	$Y_1 = 18,61 \text{ —}$

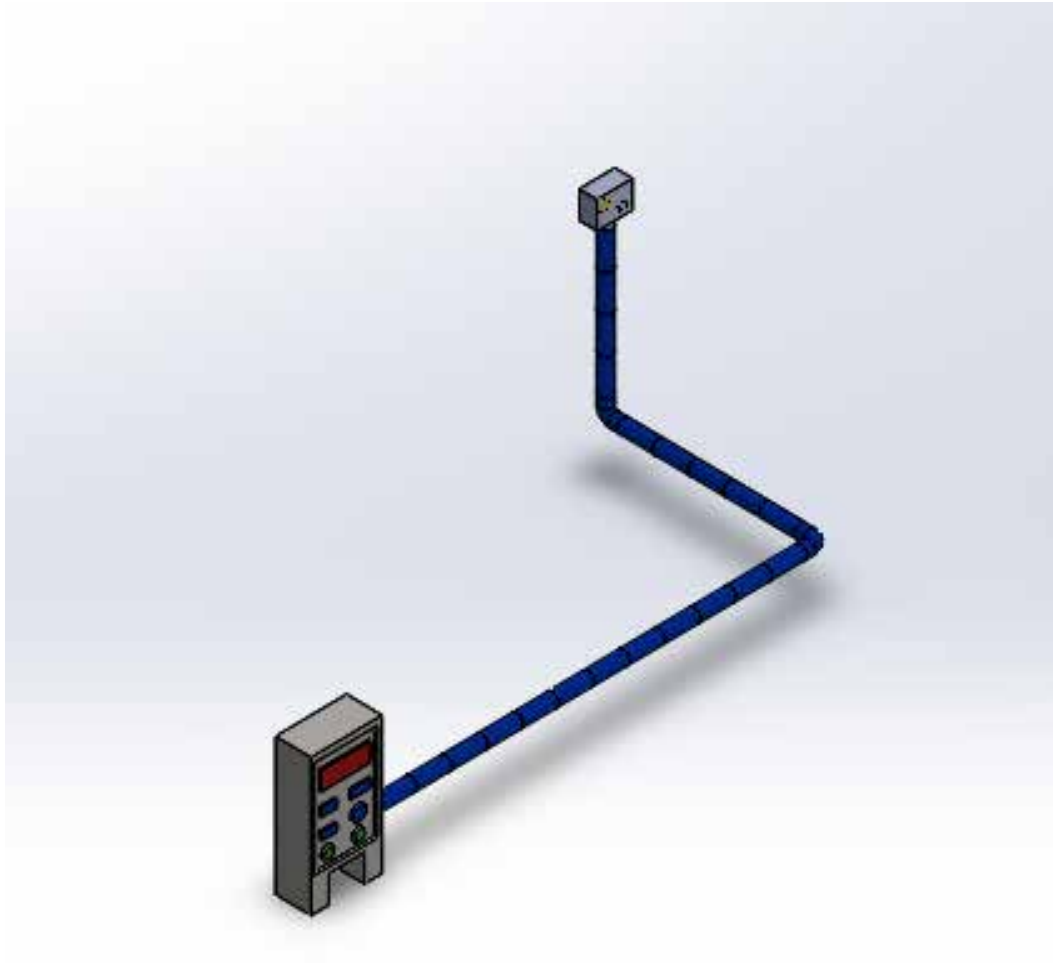
APÉNDICE I
ESTRUCTURA METALICA DEL HORNO



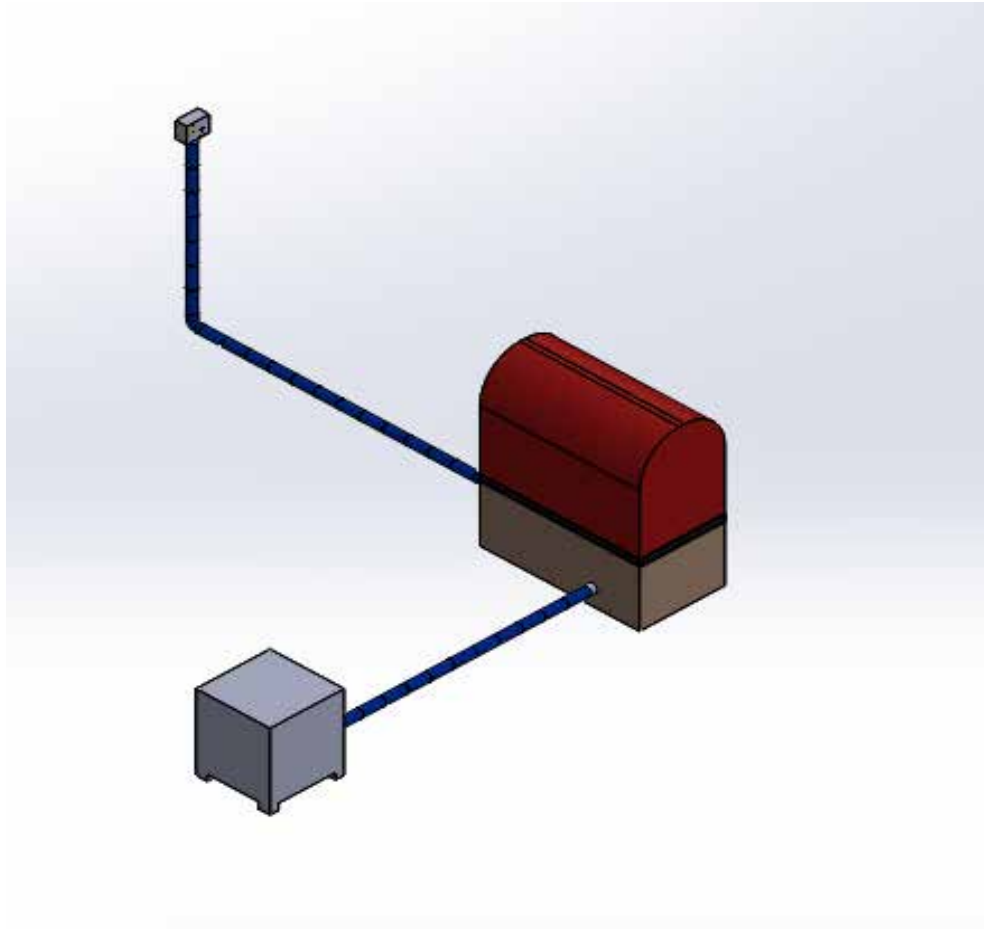
APÉNDICE J
VENTILADOR



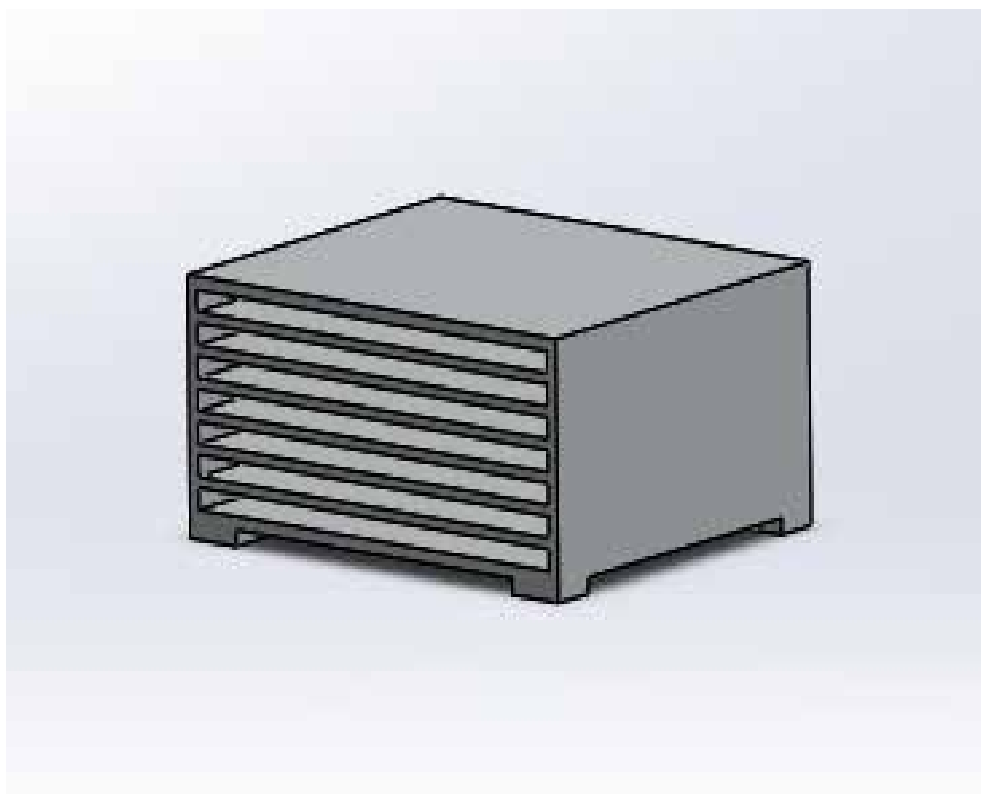
APÉNDICE K
SISTEMA DE MANDO CON EL CONTROLADOR



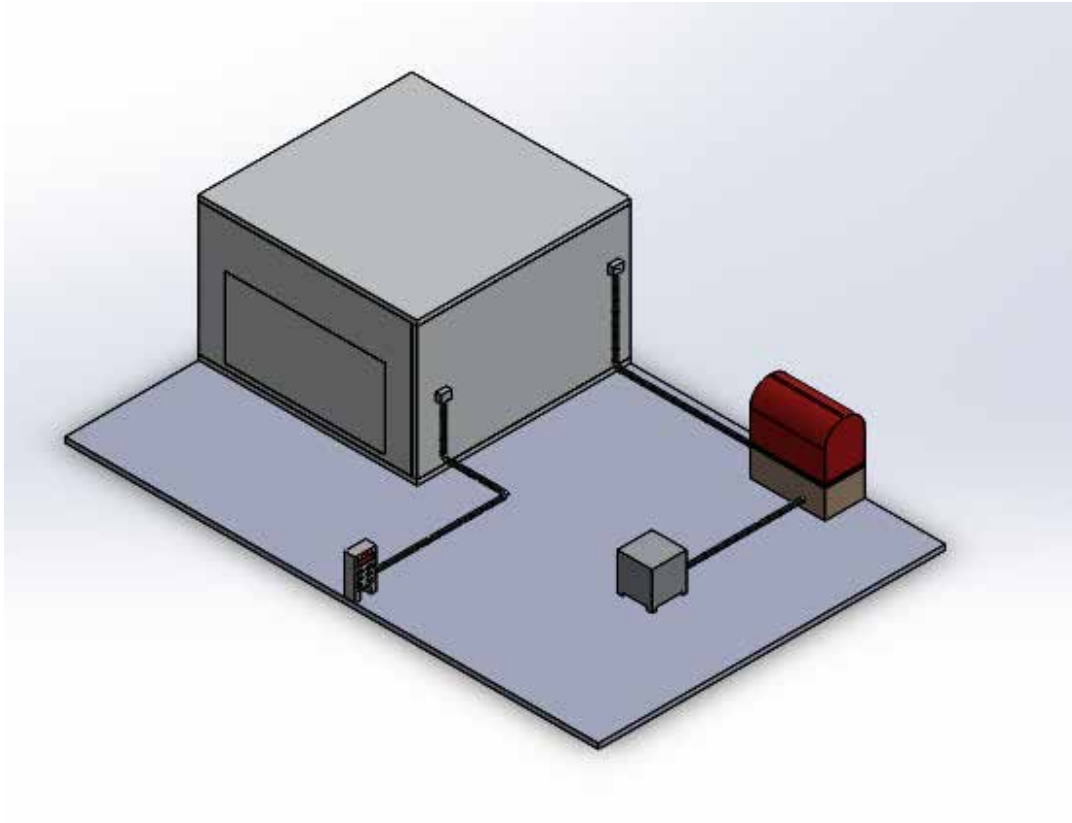
APÉNDICE L
TANQUE DE DIESEL CON LA CALDERA



APÉNDICE M
CONTENEDOR DE LA MADERA



APÉNDICE N
HORNO DE SECADO DE MADERA



ANEXOS

ANEXO A
TIPOS DE MATERIALES TÉRMICOS

Material [Unidad]	Densidad Kg/m³	CalorEsp. J/Kg °C	Conduct. W/m °C	Capacidad MJ/m³ °C	Difusividad mm²/s
Alfombras y moquetas	1000	1350	0.05	1.35	0.04
Caucho vulcanizado (80% caucho)	1120	2000	0.15	2.24	0.07
Tablero aglomerado de partículas	650	1215	0.08	0.79	0.10
Pintura bituminosa	1200	1460	0.20	1.75	0.11
Agua (sin convección)	1000	4184	0.60	4.18	0.14
Corcho expandido con resinas +/-50kg	200	1460	0.05	0.29	0.16
Madera conífera	600	1380	0.14	0.83	0.17
Tablero fibra madera normal	625	1340	0.16	0.84	0.19
Madera frondosa	800	1255	0.21	1.00	0.21
Carton-yeso	900	920	0.18	0.83	0.22
Bloque hormigón ligero macizo	1000	1050	0.33	1.05	0.31
Poliuretano expandido	40	1590	0.02	0.06	0.36
Asfalto puro Ladrillo	2100	920	0.70	1.93	0.36
macizo Fibrocemento P	1800	1330	0.87	2.39	0.36
+/-200kg Hormigón ligero	2000	1250	0.93	2.50	0.37
Bloque hormigón ligero	1000	1050	0.40	1.05	0.38
Guarnecido de yeso	1400	1050	0.56	1.47	0.38
Vidrio plano	800	920	0.30	0.74	0.41
Fábrica ladrillo cerámico macizo	2500	836	0.95	2.09	0.45
Alicatado	1800	878	0.87	1.58	0.55
Adobe	2000	920	1.05	1.84	0.57
Hormigón amado	1600	920	0.95	1.47	0.65
Mortero de cemento	2400	1050	1.63	2.52	0.65
Grava	2000	1050	1.40	2.10	0.67
Terreno coherente humedad natural	1700	920	1.21	1.56	0.77
Poliestireno	1800	1460	2.10	2.63	0.80
Hormigón en masa vibrado	25	1590	0.03	0.04	0.83
Arena	2400	805	1.63	1.93	0.84
Mampostería granito	1500	920	1.28	1.38	0.93
Tierra vegetal	2800	920	2.50	2.58	0.97
Hielo 0°C	1800	920	1.80	1.66	1.09
Rocas compactas	917	2035	2.25	1.87	1.21
Acero y fundición	2750	880	3.50	2.42	1.45
Aluminio	7600	502	54.00	3.82	14.15
	2700	920	232.00	2.48	93.40

ANEXO B
PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA Y DEL VAPOR

Temp., T/°C	Presión de saturación, P _{sat} kPa	Densidad, ρ kg/m ³		Entalpia de vaporización, h _g kJ/kg		Calor específico, C _p kJ/kg · °C		Conductividad térmica, k W/m · °C		Viscosidad dinámica, μ kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K
		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2.501	4.217	1.854	0.561	0.0171	1.792 × 10 ⁻³	0.922 × 10 ⁻³	13.5	1.00	-0.068 × 10 ⁻³	
5	0.8721	999.9	0.0068	2.490	4.205	1.857	0.571	0.0173	1.519 × 10 ⁻³	0.934 × 10 ⁻³	11.2	1.00	0.015 × 10 ⁻³	
10	1.2276	999.7	0.0094	2.478	4.194	1.862	0.580	0.0176	1.307 × 10 ⁻³	0.946 × 10 ⁻³	9.45	1.00	0.733 × 10 ⁻³	
15	1.7051	999.1	0.0128	2.466	4.186	1.863	0.589	0.0179	1.138 × 10 ⁻³	0.959 × 10 ⁻³	8.09	1.00	0.138 × 10 ⁻³	
20	2.339	998.0	0.0173	2.454	4.182	1.867	0.598	0.0182	1.002 × 10 ⁻³	0.973 × 10 ⁻³	7.01	1.00	0.195 × 10 ⁻³	
25	3.169	997.0	0.0231	2.442	4.180	1.870	0.607	0.0186	0.891 × 10 ⁻³	0.987 × 10 ⁻³	6.14	1.00	0.247 × 10 ⁻³	
30	4.246	996.0	0.0304	2.431	4.178	1.875	0.615	0.0189	0.798 × 10 ⁻³	1.001 × 10 ⁻³	5.42	1.00	0.294 × 10 ⁻³	
35	5.628	994.0	0.0397	2.419	4.178	1.880	0.623	0.0192	0.720 × 10 ⁻³	1.016 × 10 ⁻³	4.83	1.00	0.337 × 10 ⁻³	
40	7.384	992.1	0.0512	2.407	4.179	1.885	0.631	0.0196	0.653 × 10 ⁻³	1.031 × 10 ⁻³	4.32	1.00	0.377 × 10 ⁻³	
45	9.593	990.1	0.0655	2.395	4.180	1.892	0.637	0.0200	0.596 × 10 ⁻³	1.046 × 10 ⁻³	3.91	1.00	0.415 × 10 ⁻³	
50	12.35	988.1	0.0831	2.383	4.181	1.900	0.644	0.0204	0.547 × 10 ⁻³	1.062 × 10 ⁻³	3.55	1.00	0.451 × 10 ⁻³	
55	15.76	985.2	0.1045	2.371	4.183	1.908	0.649	0.0208	0.504 × 10 ⁻³	1.077 × 10 ⁻³	3.25	1.00	0.484 × 10 ⁻³	
60	19.94	983.3	0.1304	2.359	4.185	1.916	0.654	0.0212	0.467 × 10 ⁻³	1.093 × 10 ⁻³	2.99	1.00	0.517 × 10 ⁻³	
65	25.03	980.4	0.1614	2.346	4.187	1.926	0.659	0.0216	0.433 × 10 ⁻³	1.110 × 10 ⁻³	2.75	1.00	0.548 × 10 ⁻³	
70	31.19	977.5	0.1983	2.334	4.190	1.936	0.663	0.0221	0.404 × 10 ⁻³	1.126 × 10 ⁻³	2.55	1.00	0.578 × 10 ⁻³	
75	38.58	974.7	0.2421	2.321	4.193	1.948	0.667	0.0225	0.378 × 10 ⁻³	1.142 × 10 ⁻³	2.38	1.00	0.607 × 10 ⁻³	
80	47.39	971.8	0.2935	2.309	4.197	1.962	0.670	0.0230	0.355 × 10 ⁻³	1.159 × 10 ⁻³	2.22	1.00	0.653 × 10 ⁻³	
85	57.83	968.1	0.3536	2.296	4.201	1.977	0.673	0.0235	0.333 × 10 ⁻³	1.176 × 10 ⁻³	2.08	1.00	0.670 × 10 ⁻³	
90	70.14	965.3	0.4235	2.283	4.206	1.993	0.675	0.0240	0.315 × 10 ⁻³	1.193 × 10 ⁻³	1.96	1.00	0.702 × 10 ⁻³	
95	84.55	961.5	0.5045	2.270	4.212	2.010	0.677	0.0246	0.297 × 10 ⁻³	1.210 × 10 ⁻³	1.85	1.00	0.716 × 10 ⁻³	
100	101.33	957.9	0.5978	2.257	4.217	2.029	0.679	0.0251	0.282 × 10 ⁻³	1.227 × 10 ⁻³	1.75	1.00	0.750 × 10 ⁻³	
110	143.27	950.6	0.8263	2.230	4.229	2.071	0.682	0.0262	0.255 × 10 ⁻³	1.261 × 10 ⁻³	1.58	1.00	0.798 × 10 ⁻³	
120	198.53	943.4	1.121	2.203	4.244	2.120	0.683	0.0275	0.232 × 10 ⁻³	1.296 × 10 ⁻³	1.44	1.00	0.858 × 10 ⁻³	
130	270.1	934.6	1.496	2.174	4.263	2.177	0.684	0.0288	0.213 × 10 ⁻³	1.330 × 10 ⁻³	1.33	1.01	0.913 × 10 ⁻³	
140	361.3	921.7	1.965	2.145	4.286	2.244	0.683	0.0301	0.197 × 10 ⁻³	1.365 × 10 ⁻³	1.24	1.02	0.970 × 10 ⁻³	
150	475.8	916.6	2.546	2.114	4.311	2.314	0.682	0.0316	0.183 × 10 ⁻³	1.399 × 10 ⁻³	1.16	1.02	1.025 × 10 ⁻³	
160	617.8	907.4	3.256	2.083	4.340	2.420	0.680	0.0331	0.170 × 10 ⁻³	1.434 × 10 ⁻³	1.09	1.05	1.145 × 10 ⁻³	
170	791.7	897.7	4.119	2.050	4.370	2.490	0.677	0.0347	0.160 × 10 ⁻³	1.468 × 10 ⁻³	1.03	1.05	1.178 × 10 ⁻³	
180	1002.1	887.3	5.153	2.015	4.410	2.590	0.673	0.0364	0.150 × 10 ⁻³	1.502 × 10 ⁻³	0.983	1.07	1.210 × 10 ⁻³	
190	1254.4	876.4	6.388	1.979	4.460	2.710	0.669	0.0382	0.142 × 10 ⁻³	1.537 × 10 ⁻³	0.947	1.09	1.280 × 10 ⁻³	
200	1553.8	864.3	7.852	1.941	4.500	2.840	0.663	0.0401	0.134 × 10 ⁻³	1.571 × 10 ⁻³	0.910	1.11	1.350 × 10 ⁻³	
220	2318	840.3	11.60	1.859	4.610	3.110	0.650	0.0442	0.122 × 10 ⁻³	1.641 × 10 ⁻³	0.865	1.15	1.520 × 10 ⁻³	
240	3344	813.7	16.73	1.767	4.760	3.520	0.632	0.0487	0.111 × 10 ⁻³	1.712 × 10 ⁻³	0.836	1.24	1.720 × 10 ⁻³	
260	4688	783.7	23.69	1.663	4.970	4.070	0.609	0.0540	0.102 × 10 ⁻³	1.788 × 10 ⁻³	0.832	1.35	2.000 × 10 ⁻³	
280	6412	750.8	33.15	1.544	5.280	4.835	0.581	0.0605	0.094 × 10 ⁻³	1.870 × 10 ⁻³	0.854	1.49	2.380 × 10 ⁻³	
300	8581	713.8	46.15	1.405	5.750	5.980	0.548	0.0695	0.086 × 10 ⁻³	1.965 × 10 ⁻³	0.902	1.69	2.950 × 10 ⁻³	
320	11274	667.1	64.57	1.239	6.540	7.900	0.509	0.0836	0.078 × 10 ⁻³	2.084 × 10 ⁻³	1.00	1.97	—	
340	14586	610.5	92.62	1.028	8.240	11.870	0.469	0.110	0.070 × 10 ⁻³	2.255 × 10 ⁻³	1.23	2.43	—	
360	18651	528.3	144.0	720	14.690	25.800	0.427	0.178	0.060 × 10 ⁻³	2.571 × 10 ⁻³	2.06	3.73	—	
374.14	22090	317.0	317.0	0	=	=	=	=	0.043 × 10 ⁻³	4.313 × 10 ⁻³	—	—	—	

Nota 1: La viscosidad cinemática ν y la difusividad térmica α se pueden calcular a partir de sus definiciones, ν = μ/ρ y α = k/ρC_p = νPr. Las temperaturas de 0.01°C, 100°C y 374.14°C son las temperaturas de los puntos triple, de ebullición y crítico del agua, respectivamente. Las propiedades cuya lista se da arriba (excepto la densidad del vapor) se pueden usar a cualquier presión con error despreciable, excepto a temperaturas cercanas al valor del punto crítico.

Nota 2: La unidad kJ/kg · °C, para el calor específico, es equivalente a kJ/kg · K y la unidad W/m · °C, para la conductividad térmica es equivalente a W/m · K.

Fuente: Los datos de la viscosidad y la conductividad térmica se tomaron de J. V. Sengers y J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), págs. 291-1322. Los otros datos se obtuvieron de diversas fuentes o se calcularon.