

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS ESPECIALIDAD ELECTROMECAÁNICA

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE TIEMPO, TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA EXPERIMENTACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”.

Previa a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica

POSTULANTES: LÓPEZ MARTÍNEZ ALEX ERNESTO

ZAMBRANO BARRIGA DIEGO SEBASTIÁN

ING. RAÚL REINOSO

DIRECTOR DE TESIS

LATACUNGA 2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
Latacunga – Ecuador

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe Técnico de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, por cuanto, los postulantes:


- López Martínez Alex Ernesto, y
- Zambrano Barriga Diego Sebastián.

Con el Título de Tesis “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE TIEMPO, TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA EXPERIMENTACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”. Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al acto de Defensa de Tesis.

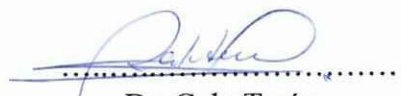
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institución.

Latacunga, 30 de Mayo del 2014.

Para constancia firman:

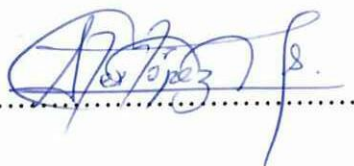

.....
Ing. Edwin Moreano MgC.
PRESIDENTE


.....
Ing. Cristian Gallardo
OPOSITOR


.....
Dr. Galo Terán
MIEMBRO TRIBUNAL

AUTORÍA

Se pone en conocimiento que el actual informe es el resultado de la investigación de los autores, quienes basados en sus nociones, exploración documental e investigación científica han llegado a la determinación de las conclusiones y recomendaciones detalladas en la investigación. Por tanto se asume la responsabilidad de la misma.



Alex Ernesto López Martínez

C.C. 172189946-4



Diego Sebastián Zambrano Barriga

C.C. 050350526-5

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director de Trabajo de Investigación sobre el tema:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE TIEMPO, TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA EXPERIMENTACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”., de **ALEX ERNESTO LÓPEZ MARTÍNEZ** con el número de cédula **172189946-4** y **DIEGO SEBASTIÁN ZAMBRANO BARRIGA** con el número de cédula **050350526-5**, estudiantes de Ingeniería en la especialidad de Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos-técnicos suficiente para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Académica de Ciencia de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 03 de Abril del 2014.



Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera

C.C. 050215089-9

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la fuerza necesaria para sobresalir en mis estudios, a la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme la oportunidad de desarrollar mis capacidades, a mis maestros que con su don de gente y sabiduría me han guiado en la obtención de mis conocimientos y a todas las personas que con su comprensión, cariño y paciencia aportaron para hacer de este mi sueño una realidad.

Alex

Agradezco a mi familia por ser los cimientos fundamentales de apoyo diario e incondicional en mi etapa estudiantil. A todos los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi quienes me impartieron su conocimiento día tras día con paciencia y dedicación. Quiero agradecer de una manera muy especial al Ing. Raúl Reinoso por valioso asesoramiento técnico, para el excelente desarrollo de este proyecto. Y a todas aquellas personas que de una y otra manera han contribuido con su infaltable apoyo moral.

Diego

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por darme la gracia de despertar cada día, a mis queridos padres seres extraordinarios que me inspiraron el valor de la responsabilidad para culminar con este proyecto, a mis hermanos quienes son mi pujanza e impulso para efectuar mis metas, a mis sobrinos que con su alegría enardecen y dan luz a mi vida y por ultimo a mis amigos que fueron un aporte anímico transcendental para cumplir con mi objetivo, para ellos con cariño.

Alex

Este trabajo lo dedico principalmente a mis maravillosos padres Vicente Zambrano y Enriqueta Barriga por confiar en mí y brindarme todo su amor y apoyo incondicional día a día. A mis amigos y maestros por compartir este sueño anhélalo por mucho tiempo.

Diego.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
AUTORÍA	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE	vi
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvii

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 ASPECTOS TEÓRICOS	1
1.1.1 Deshidratación	1
1.2 TIPOS DE DESHIDRATADORES DE ALIMENTOS	2
1.2.1 Deshidratadores naturales	3
1.2.1.1 Secadero indirecto	3
1.2.1.2 Secadero directo	4
1.2.2 Deshidratadores artificiales	5
1.2.2.1 Deshidratador por aire forzado con calentamiento directo	5
1.2.2.2 Deshidratador por aire forzado con calentamiento de aire a recirculación ..	6
1.2.2.3 Deshidratador túnel de lecho fluido	7
1.2.2.4 Deshidratador rotativo o de cilindro rotativo	7
1.2.2.5 Deshidratador de desecación congelante	8
1.2.2.6 Sistema Spray	9
1.3 PARÁMETROS FUNDAMENTALES DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN	9
1.3.1 Psicometría	10

1.3.1.1 El Diagrama o Carta Psicométrico	10
1.3.1.2 Parámetros de la Carta Psicométrica.....	10
1.3.1.2.1 Temperatura	10
1.3.2.1.2 Temperatura de Bulbo Seco	11
1.3.2.1.3 Temperatura de Bulbo Húmedo	11
1.3.2.1.4 Temperatura de Rocío o Punto de Rocío	11
1.3.2.1.5 Humedad	12
1.3.2.1.6 Relación de Humedad	12
1.3.2.1.7 Humedad Relativa.....	13
1.3.2.1.8 Entalpia	13
1.4 FUNDAMENTOS DE DISEÑO.....	14
1.4.1 Definiciones de diseño	14
1.4.2 Definiciones de máquinas.....	15
1.5 FACTORES Y ALCANCE EN EL DISEÑO MECÁNICO.....	15
1.6 DISEÑO MECÁNICO	17
1.7 SELECCIÓN DE MATERIALES.....	17
1.7.1 Materiales Aislantes	19
1.7.1.1 Fibra de Vidrio	19
1.7.1.2 Vidrio Templado.....	20
1.7.1.3 Aceros Inoxidables	22
1.7.1.3.1 Serie 300.....	23
1.7.1.3.2 Serie 400.....	24
1.8 SISTEMA DE OPERACIÓN.....	24
1.8.1 SISTEMA DE GENERACIÓN	25
1.8.1.1 Ventilador de Aire	26
1.8.1.1.1 Selección del Ventilador de Aire	26
1.8.1.2 Tipos de Ventiladores.....	27
1.8.1.2.1 Ventiladores Centrífugos.....	28
1.8.1.2.2 Ventiladores Axiales.....	28
1.8.1.3 Niquelina.....	29
1.8.1.3.1 Selección de las niquelinas	29
1.8.2 SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CALOR.....	31

1.8.2.1 Intercambiador de Calor	31
1.8.2.1.1 Clasificación de los Intercambiadores de Calor	32
1.9 ESTRUCTURA DEL BASTIDOR	34
1.9.1 Perfiles Estructurales de Acero	34
1.9.1.1 Perfiles Estructurales Huecos Cuadrados	35
1.9.2 Flexión de Vigas	36
1.9.3 Soldadura	36
1.9.3.1 Clasificación de la soldadura.....	36
1.9.3.1.1 Soldadura por Arco Eléctrico con Electrodo Revestido(SMAW).....	38
1.9.3.1.2 Soldadura Metálica con Arco Eléctrico y Gas (MIG).....	39
1.10 SISTEMA ELÉCTRICO.....	40
1.10.1 SISTEMA DE FUERZA	41
1.10.1.1 El disyuntor o Becker Eléctrico.....	41
1.10.1.2 El Contactor	42
1.10.1.2.1 Partes del Contactor	42
1.10.1.3 Relé de Protección.....	43
1.10.1.4 Fusible.....	43
1.10.2 SISTEMA DE MANDO	44
1.10.2.1 Controladores.....	44
1.10.2.2 Sensores de Control	47
1.10.2.2.1 Clasificación de los Sensores.....	47
1.10.2.2.1.1 Sensores de temperatura.....	48
1.10.2.2.1.2 Sensores de Humedad	49
1.10.2.3 Pulsadores.....	50
1.10.2.4 Pantalla o Display.....	51

CAPITULO II

2.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS	52
2.2 ANÁLISIS, RESULTADOS Y COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS	53
2.2.1 Análisis e interpretación de los resultados de las encuestas aplicadas a los docentes de la Especialidad de Ingeniería Agroindustrial.....	53

2.2.2	Análisis e interpretación de los resultados de las encuestas aplicadas a los estudiantes de la especialidad de Ingeniería Agroindustrial	58
2.2.3	Comprobación de la hipótesis	68

CAPÍTULO III

3.1	Tema.....	70
3.2	Descripción	70
3.3	Objetivo general	71
3.3.1	Objetivos específicos.....	71
3.4	Justificación	71
3.5	Requerimientos para construcción de la máquina.....	73
3.6	Cálculos y diseño de la máquina deshidratadora de alimentos	74
3.6.1	Selección del Ventilador de Aire	74
3.6.1.1	Cálculo Flujo Másico del Aire	75
3.6.1.2	Cálculo del Flujo Volumétrico.....	78
3.6.2	Selección de las Niquelinas.....	82
3.6.2.1	Cálculo del Balance de Energía.....	82
3.6.2.2	Perdida de energía calorífica por conducción del recubrimiento	82
3.6.2.3	Cálculo de la potencia requerida en las niquelinas.....	83
3.6.3	Selección del Intercambiador de Calor	85
3.6.3.1	Calculo del calor que se transmite por el radiador o intercambiador de calor	85
3.6.4	Calculo del tiempo de deshidratado	87
3.7	Bastidor.....	89
3.8	Conexión eléctrica.....	90
	CONCLUSIONES	90
	RECOMENDACIONES	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO N° 1.1: Secadero indirecto	3
GRAFICO N° 1.2: Secadero directo	4
GRAFICO N° 1.3: Sistema de ciclo calor transmitido	33
GRAFICO N° 1.4: Curva característica de temperatura	46
GRAFICO N° 1.5: Curva característica de humedad.....	46
GRÁFICO N° 2.1: Análisis y resultados, pregunta N° 2	53
GRÁFICO N° 2.2: Análisis y resultados, pregunta N° 2	54
GRÁFICO N° 2.3: Análisis y resultados, pregunta N° 3	55
GRÁFICO N° 2.4: Análisis y resultados, pregunta N° 4	56
GRÁFICO N° 2.5: Análisis y resultados, pregunta N° 5	57
GRÁFICO N° 2.6: Análisis y resultados, pregunta N°1	58
GRÁFICO N° 2.7: Análisis y resultados, pregunta N° 2	59
GRÁFICO N° 2.8: Análisis y resultados, pregunta N° 3	60
GRÁFICO N° 2.9: Análisis y resultados, pregunta N° 4	61
GRÁFICO N° 2.10: Análisis y resultados, pregunta N° 5	62
GRÁFICO N° 2.11: Análisis y resultados, pregunta N° 6	63
GRÁFICO N° 2.12: Análisis y resultados, pregunta N° 7	64
GRÁFICO N° 2.13: Análisis y resultados, pregunta N° 8	65
GRÁFICO N° 2.14: Análisis y resultados, pregunta N° 9	66
GRÁFICO N° 2.15: Análisis y resultados, pregunta N° 10	67
GRÁFICO N° 3.1: Desplazamiento Bastidor	89

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1.1: Frutas deshidratadas.....	1
FIGURA N° 1.2: Deshidratador por aire forzado	5
FIGURA N° 1.3: Deshidratador por aire forzado con calentamiento de aire, a recirculación	6
FIGURA N° 1.4: Deshidratador túnel de lecho fluido	7

FIGURA N° 1.5: Deshidratador rotativo o de cilindro rotante	8
FIGURA N° 1.6: Deshidratador de desecación congelante	8
FIGURA N° 1.7: Sistema Spray	9
FIGURA N° 1.8: Fibra de vidrio.....	19
FIGURA N° 1.9: Vidrio templado	21
FIGURA N° 1.10: Ventilador BLOWER	28
FIGURA N° 1.11: Niquelinas eléctricas	30
FIGURA N° 1.12: Perfiles cuadrados	35
FIGURA N° 1.13: Soldadura Eléctrica SMAW.....	38
FIGURA N° 1.14: Suelda MIG.....	40
FIGURA N° 1.15: Disyuntores electromagnéticos	41
FIGURA N° 1.16: Contactor eléctrico.....	42
FIGURA N° 1.17: Relé de protección	43
FIGURA N° 1.18: Fusibles	44
FIGURA N° 1.19: Ejemplo de controlador.....	45
FIGURA N° 1.20: Pantalla displays	51

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA N° 1.1: Factores y Alcance de Diseño Mecánico.....	16
DIAGRAMA N° 1.2: Selección de Materiales	18
DIAGRAMA N° 1.3: Sistema de Operación del proceso de Deshidratación.....	25
DIAGRAMA N° 1.4: Tipos de Intercambiadores de Calor	32
DIAGRAMA N° 1.5: Clasificación de Soldaduras.....	37
DIAGRAMA N° 1.6: Sistema Eléctrico	40
DIAGRAMA N° 1.7: Tipos de controladores.....	45
DIAGRAMA N° 1.8: Sensores de control	47
DIAGRAMA N° 1.9: Tipos de sensores de temperatura	48
DIAGRAMA N° 1.10: Tipos de sensores de humedad	49
DIAGRAMA N° 1.11: Pulsadores eléctricos.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 2.1: Análisis y resultados, pregunta N° 1	53
TABLA N° 2.2: Análisis y resultados, pregunta N° 2	54
TABLA N° 2.3: Análisis y resultados, pregunta N° 3	55
TABLA N° 2.4: Análisis y resultados, pregunta N° 4	56
TABLA N° 2.5: Análisis y resultados, pregunta N° 5	57
TABLA N° 2.6: Análisis y resultados, pregunta N° 1	58
TABLA N° 2.7: Análisis y resultados, pregunta N° 2	59
TABLA N° 2.8: Análisis y resultados, pregunta N° 3	60
TABLA N° 2.9: Análisis y resultados, pregunta N° 4	61
TABLA N° 2.10: Análisis y resultados, pregunta N° 5	62
TABLA N° 2.11: Análisis y resultados, pregunta N° 6	63
TABLA N° 2.12: Análisis y resultados, pregunta N° 7	64
TABLA N° 2.13: Análisis y resultados, pregunta N° 8	65
TABLA N° 2.14: Análisis y resultados, pregunta N° 9	66
TABLA N° 2.15: Análisis y resultados, pregunta N° 10	67
TABLA N° 3.1: Requerimientos de construcción de la máquina	73
TABLA N° 3.2: Datos temperaturas del aire	75
TABLA N° 3.3: Datos temperaturas del agua.....	76
TABLA N° 3.4: Valores específicos del diagrama psicométrico	84

ÍNDICE DE ANEXOS

Propiedades mecánicas del tubo mecánico cuadrado	ANEXO 1
Propiedades mecánicas del acero inoxidable 304	ANEXO 2
Propiedades mecánicas del acero inoxidable 430	ANEXO 3
Guías de encuestas para la investigación de campo	ANEXO 4
Recomendaciones de temperatura humedad relativa	ANEXO 5
Tablas de propiedades, figuras y diagramas (unidades SI)	ANEXO 6
Tablas de temperaturas agua saturada	ANEXO 7

Valores de la densidad del aire ambiente para alturas varias	ANEXO 8
Propiedades de gas ideal del aire	ANEXO 9
Conductividad térmica fibra de vidrio	ANEXO 10
Propiedades generales del vidrio	ANEXO 11
Datos Diagrama psicométrico	ANEXO 12
Interpolación de Entalpías	ANEXO 13
Características Ventilador BLOWER	ANEXO 14
Planos de la máquina	ANEXO 15
Manual de usuario	ANEXO 16
Valores percentiles correspondientes a la distribución JI cuadrada con V grados de libertad.....	ANEXO 17
Fotos construcción máquina	ANEXO 18
GLOSARIO	178
BIBLIOGRAFÍA	182

RESUMEN

En la sociedad actual es muy útil que se aplique nuestros conocimientos en dispositivos que aporten al desarrollo del país, de tal manera el presente trabajo investigativo se sustente en la necesidad de una máquina deshidratadora de alimentos, la cual será factor principal del proceso de deshidratación realizado en la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi como parte de la formación académica de futuros profesionales. Los alimentos deshidratados se consideran de mucha importancia ya que nos permite alargar la vida útil de los alimentos y poder contar con ellos en épocas que normalmente no se producen. Por medio del calor se elimina el agua que contiene mediante el proceso de evaporación. Con la ejecución de los conocimientos obtenidos en materia de ingeniería se puede desarrollar máquinas que satisfaga la necesidad del proceso de deshidratación en la carrera. La importancia de tomar en cuenta las propiedades mecánicas para el diseño y la manera en que analizando estas propiedades se puede llegar a diseños más eficaces. Se presentan todos los pasos para elaborar la máquina. Muestra el objetivo del diseño de la máquina, pasando por el análisis de recursos necesarios para así determinar la factibilidad de su fabricación. El proceso de fabricación comienza con los cálculos ya que son esenciales para determinar el diseño. Se presenta la construcción de la máquina considerando la disposición de herramientas y materiales a conseguir en el mercado nacional. Se explican todos los sistemas involucrados en la máquina como es el sistema eléctrico, mecánico y de control. Con todo esto se realizaron las pruebas permitiendo encontrar conclusiones sobre el rendimiento de la máquina y si se lograron cumplir los objetivos planteados.

DESCRIPTORES: CAREN; Deshidratación; Alimentos; Control; Experimentación.

THEME: "DESIGN AND CONSTRUCTION OF A TEST FOR THE CONTROL OF TIME MACHINE, TEMPERATURE AND HUMIDITY ON THE EXPERIMENTATION OF THE PROCESS OF DEHYDRATION FOR THE AGRO-INDUSTRIAL ENGINEERING DEGREE FROM THE COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY ".

ABSTRACT

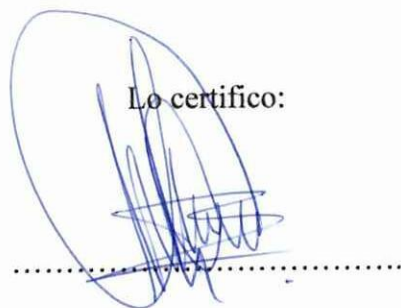
In today's society it is very useful to our knowledge on devices that contribute to the development of the country, so this research work is underpinned by the need for a dehydrator food machine is applied, which is the main factor of the dehydration process performed Race Agroindustrial Engineering at the Technical University of Cotopaxi as part of the academic training of future professionals. Dehydrated foods are considered very important because it allows us to extend the shelf life of foods and to count on them in times that are not normally occur. By heating the water contained by the evaporation process is eliminated. With the implementation of knowledge gained in engineering can develop machines that meets the need of the dehydration process in the race. The importance of taking into account the mechanical properties for designing and analyzing how these properties can reach more effective designs. All steps for developing the machine. Displays the target machine design, through analysis of resources needed to determine the feasibility of manufacturing the manufacturing process begins with the calculations as they are essential to determine the design. The construction of the machine is presented considering the provision of tools and materials to get into the domestic market. All systems involved in the machine such as electrical, mechanical and control system are explained. With all this testing was done to find allowing conclusions on the performance of the machine and if you managed to meet the objectives.

WORDS: CAREN; dehydration; food; Control; Experimentation.

AVAL ABSTRACT

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Yo, Lic. Mgs. Martha Cecilia Cueva con cedula de identidad N^o 170502244-8 certifico que he realizado la respectiva revisión a la traducción del Abstract; con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE TIEMPO, TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA EXPERIMENTACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”** Cuyos autores son: López Martínez Alex Ernesto y Zambrano Barriga Diego Sebastián y Director de Tesis, Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera Dejando el contenido bien estructurado y libre de errores.

Lo certifico:

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, is written over a horizontal dotted line.

Lic. Mgs. Martha Cecilia Cueva

CI. N° 170502244-8

INTRODUCCIÓN

La deshidratación es una de las formas más antiguas de procesar alimentos. Los alimentos deshidratados no necesitan ser refrigerados y conservan mejor sus componentes nutricionales ya que el proceso es simple y fácil de realizar. Este método consiste en remover el agua de los alimentos hasta que su contenido se reduzca a un 10 o 20% con el objeto de prolongar la vida útil de los productos agrícolas.

El deshidratado consiste en eliminar el agua que contienen los alimentos, mediante evaporación por medio de fuentes de calor solar o eléctrico. Al eliminar el agua de los tejidos impide el crecimiento de las bacterias, mohos y levaduras que no pueden vivir en un medio seco. Los alimentos deshidratados mantienen gran proporción de su valor nutritivo y de su sabor original, si el proceso se realiza en forma adecuada.

El contenido del presente documento consta de tres capítulos. El primero de ellos enfoca conceptos básicos de tipos de deshidratadores, lectura de diagrama psicométrico y los parámetros requeridos para el diseño mecánico, eléctrico y control de los diferentes elementos que componen la máquina a ser construida. El segundo capítulo hace un análisis de los resultados obtenidos en las encuestas efectuadas a estudiantes y docentes quienes serán los beneficiarios directos de la ejecución de la investigación. El tercer capítulo contiene todos los pasos necesarios para la construcción de la máquina partiendo de los requerimientos funcionales, selección de materiales y diseño de los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos necesarios para el ensamblaje de la máquina deshidratadora, adicional a esto al final se adjunta el respectivo manual del usuario.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 ASPECTOS TEÓRICOS

1.1.1 Deshidratación.

BARBOSA GUSTAVO V; OTROS (Métodos de deshidratación; pág. 1; 2003) expresa: “La eliminación de agua de los alimentos se consigue mayoritariamente utilizando aire seco (excepto para algunas operaciones tales como liofilización y deshidratación osmótica) que elimina el agua de la superficie del producto y la lleva hacia fuera”. Observe la siguiente figura 1.1:

FIGURA N° 1.1

FRUTAS DESHIDRATADAS



FUENTE: AGUILERA García Concepción María (Alimentos Funcionales pdf)



El proceso de secado de alimentos no sólo afecta al contenido en agua del alimento, sino también a otras características físicas y químicas. Entre las características utilizadas para describir los alimentos secos cabe citar la actividad de agua, isoterma de adsorción, deterioro microbiano, reacciones enzimáticas y no enzimáticas, fenómenos físicos y estructurales y destrucción de nutrientes, aroma y gusto.

¿Qué mecanismos están involucrados en el movimiento de agua durante el proceso de deshidratación? Entre estos mecanismos se pueden citar los movimientos de agua bajo fuerzas de capilaridad, difusión del líquido debido a gradientes de concentración, difusión superficial, difusión de vapor de agua en el aire que llena los poros, flujo debido a gradientes de presión y flujo debido a la secuencia vaporización-condensación.

1.2 TIPOS DE DESHIDRATADORES DE ALIMENTOS

BARBOSA GUSTAVO V; OTROS (Métodos de deshidratación; pág. 1-22; 2003) dice: “El calor requerido para el secado puede ser suministrado por convección, conducción y radiación. En el procesado de alimentos se puede utilizar deshidratadores naturales y artificiales”.

En la evaluación para el diseño de un proceso de deshidratación, se deben definir los parámetros como la producción en kilogramos de producto, los contenidos de humedad iniciales y finales, temperatura de secado y propiedades del alimento.

El proceso de deshidratación debe ser económicamente rentable y debe preservar o incrementar la calidad del alimento, se debe poner especial atención en la seguridad, calidad nutricional y propiedades organolépticas para que pueda ser un producto aceptado por el consumidor.

1.2.1 Deshidratadores naturales

Consiste en colocar los alimentos en recipientes o charolas con amplia superficie de evaporación. Esta técnica requiere condiciones climatológicas óptimas, por lo que sólo puede llevarse a cabo en regiones muy favorecidas por el clima (sol), ya que es necesario un gran espacio al aire libre y se puede ver afectada por elementos como el polvo, la lluvia y plagas.

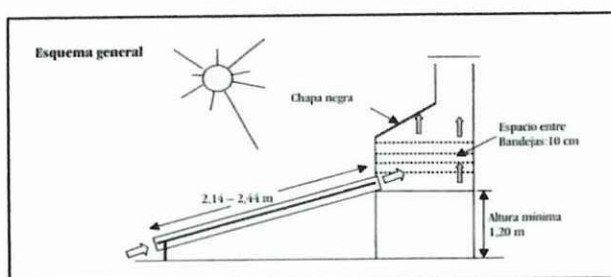
Este tipo de secaderos naturales pueden ser directos e indirectos.

1.2.1.1 Secadero indirecto

En los secaderos indirectos el calor es transmitido hacia el alimento mediante placas metálicas calientes del recipiente y por contacto directo entre las partículas calientes y frías del alimento. El calor de desecación se transfiere al sólido húmedo a través de una pared de retención. El líquido vaporizado se separa independientemente del medio de calentamiento. Por medio del gráfico 1.2 se detalla la forma de un deshidratador indirecto:

GRÁFICO N° 1.2

SECADERO INDIRECTO



FUENTE: RÍVASPLATA Cabanillas César (Diseño y evaluación de un secador solar para el secado industrial del tomate pdf; 2001)

1.2.1.2 Secadero directo

Los secaderos directos utilizan gas caliente, normalmente aire, el cual pasa a través del alimento. El calentamiento en los secaderos directos se ve favorecido, y además es más uniforme que en los secaderos indirectos.

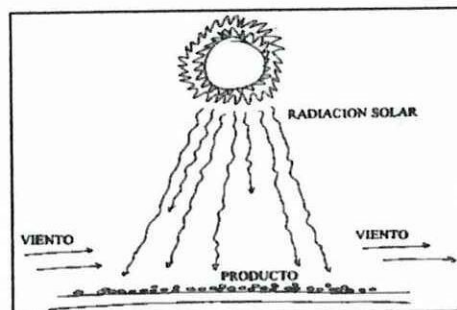
La transferencia de calor para la desecación se logra por contacto directo entre los sólidos húmedos y los gases calientes. El líquido vaporizado se arrastra con el medio de desecación; es decir, con los gases calientes. Los secadores directos se llaman también secadores por convección.

Para seleccionar un secadero es necesario valorar el proceso global de elaboración del producto. En las materias primas y en los productos. Un secador directo consume más combustible por kilogramo de agua evaporada, mientras más bajo sea el contenido de humedad.

El siguiente grafico 1.3 demuestra el funcionamiento que realiza un secadero directo.

GRÁFICO N° 1.3

SECADERO DIRECTO



FUENTE: RÍVASPLATA Cabanillas César (Diseño y evaluación de un secador solar para el secado industrial del tomate pdf; 2001)

1.2.2 Deshidratadores artificiales

En la actualidad se cuenta con deshidratadores artificiales muy eficientes, permitiendo reducir hasta en un 70% su tiempo de secado en alimentos respecto a los deshidratadores solares.

1.2.2.1 Deshidratador por aire forzado

Toma el aire del exterior del horno, lo filtra, lo calienta, a temperatura seleccionada, lo pasa a través del producto, este arrastra la humedad superficial del género y comienza la desecación, por capilaridad en las fibras del producto.

Este equipo es ideal para vegetales de cuerpo, morrones, peras, manzanas, tomates, orejones, ciruelas, para productos del mar de pequeño volumen, para pastas secas, etc. Observe la figura 1.2:

FIGURA N° 1.2

DESHIDRATADOR POR AIRE FORZADO



FUENTE: HUARINGA R. Kiefer (Máquinas-Deshidratadoras; 2002)

1.2.2.2 Deshidratador por aire forzado con calentamiento de aire, a recirculación

Este horno es similar al anterior pero el ciclo de circulación del aire es cerrado sin ventilación o renovaciones del aire, y para bajar la humedad del aire usa periodos de escarche secando el aire con una unidad evaporadora de refrigeración. Este horno es ideal para secado de cárnicos salados, embutidos, quesos.

La operación consiste en eliminar el agua de un sólido, que puede estar parcialmente mojando la superficie pero que también estará contenida en el interior y posiblemente adsorbida, al menos parcialmente. Durante el secado tiene lugar simultáneamente una transferencia de calor hacia el sólido y una transferencia de materia (agua) desde el sólido al fluido desecante.

La operación de secado en general está controlada por los dos fenómenos porque ambas resistencias, a la transferencia de calor y de materia, son significativas.

En la siguiente figura 1.3 se muestra la representación de un deshidratador por aire forzado con calentamiento de aire, a recirculación.

FIGURA N° 1.3

DESHIDRATADOR POR AIRE FORZADO CON CALENTAMIENTO DE AIRE, A RECIRCULACIÓN



FUENTE: HUARINGA R. Kiefer (Máquinas-Deshidratadoras; 2002)

1.2.2.3 Deshidratador Túnel de lecho fluido

Este horno es una cinta de transporte encerrada en un túnel por donde se bombea aire caliente a alta velocidad por debajo de la cinta, produciendo un colchón de aire de gran potencia. La siguiente figura 1.4 se detalla el deshidratado de túnel de lecho fluido.

FIGURA N° 1.4

DESHIDRATADOR TÚNEL DE LECHO FLUIDO



FUENTE: HUARINGA R. Kiefer (Máquinas-Deshidratadoras; 2002)

1.2.2.4 Deshidratador Rotativo o de cilindro rotante.

Este tipo de equipo está construido en torno de un cilindro de diámetro y largo específico, que gira sobre un eje. Este cilindro es calefaccionado en toda su superficie, transmitiendo por contacto el calor, mientras una corriente de aire circula internamente, la velocidad de rotación es variable, como la temperatura.

Este horno sirve para secar sal, minerales, barros, semillas y productos que resistan movimiento. En la siguiente figura 1.5 se demuestra el diseño de un deshidratador rotativo o de cilindro rotante.

FIGURA N° 1.5

DESHIDRATADOR ROTATIVO O DE CILINDRO ROTANTE



FUENTE: HUARINGA R. Kiefer (Máquinas-Deshidratadoras; 2002)

1.2.2.5 Deshidratador de Desección congelante.

Es un equipo que trabaja cerrado donde se deprime por debajo de la presión atmosférica por medio de una bomba de vacío. Este horno sirve para procesos químicos, de medicina, tratamiento científico, procesos de laboratorio, etc.

A continuación se describe la representación de la figura 1.6 de un deshidratador de desecación congelante.

FIGURA N° 1.6

DESHIDRATADOR DE DESECACIÓN CONGELANTE



FUENTE: HUARINGA R. Kiefer (Máquinas-Deshidratadoras; 2002)

1.2.2.6 Sistema “Spray”

Este sistema consiste en un proceso de secado para productos pulverizados o líquidos que “colisionan” dentro de un “ciclón” a contracorriente de aire y calor. Sistema apropiado para leche, pulpas de frutas y todos aquellos productos atomizados, etc. Observe en la siguiente figura 1.7 la representación de un deshidratador artificial en sistema spray:

FIGURA N° 1.7

SISTEMA “SPRAY”



FUENTE: HUARINGA R. Kiefer (Máquinas-Deshidratadoras; 2002)

1.3 PARÁMETROS FUNDAMENTALES DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN

1.3.1 Psicometría.

PITA G. Edward (Acondicionamiento de aire; Principios y Sistemas; pág. 177; 2004) dice que: “Psicometría es el estudio de las mezclas de aire y vapor de agua, ya que el aire atmosférico que nos rodea es una mezcla de aire seco y vapor de agua, a la que se llama aire húmedo. Debido a que esta mezcla de gases es la que se acondiciona en los sistemas de control ambiental”.

1.3.1.1 El Diagrama o Carta Psicométrica.

U.T.N. (Depto. De Ingeniería Química Cátedra de Integración III; pág. 27; 2001) indica que: “Una carta psicométrica, es una gráfica de las propiedades del aire, tales como temperatura, hr, volumen, presión, etc. Las cartas psicométricas se utilizan para determinar, cómo varían estas propiedades al cambiar la humedad en el aire”.

1.3.1.2 Parámetros de la Carta Psicométrica.

1.3.1.2.1 Temperatura.

CORTES IBARRA MARÍA DE LOURDES Y GARIBAY SÁNCHEZ RIGOBERTO (Academia de Bioinstrumentación; Temperatura, Clasificación, Generalidades; pág. 30; 2006) expresan que: “La temperatura de un cuerpo indica en qué dirección se desplazará el calor al poner en contacto dos cuerpos que se encuentran a temperaturas distintas, ya que éste pasa siempre del cuerpo cuya temperatura es superior al que tiene la temperatura más baja; el proceso continúa hasta que las temperaturas de ambos se igualan”.

1.3.1.2.2 Temperatura de Bulbo Seco (BS).

MIRANDA L. Ángel (Fundamentos de Climatización; Psicometría, Evaporización y Condensación; pág. 79; 2005) menciona que: “Es la temperatura que registra un termómetro ordinario.

$$\Delta T_{aire} = (T_{aire\ entrada} - T_{aire\ salida})$$

Ec. 1.1



Dónde:

ΔT_{aire} = Variación de la temperatura [°C].

$T_{aire\ entrada}$ = Temperatura de entrada de aire [°C].

$T_{aire\ salida}$ = Temperatura de salida de aire [°C].

1.3.1.2.3 Temperatura de Bulbo Húmedo

PITA G. Edward (**Acondicionamiento de aire; Principios y Sistemas; pág. 177; 2004**) indica que: “Es la temperatura que indica un termómetro cuyo bulbo está envuelto en una mecha de agua en el seno de aire de rápido movimiento cuando se lo pone en contacto con una corriente gaseosa”.

1.3.1.2.4 Temperatura de Rocío o Punto de Rocío (PR).

MIRANDA L. Ángel (**Fundamentos de Climatización; Psicometría, Evaporización y Condensación; pág. 80; 2005**) escribe que: “Es la temperatura a la cual comienza su condensación del vapor de agua cuando el aire se enfría”.

Para su verificación se debe graficar, donde basta situar el estado correspondiente del aire húmedo en el diagrama psicométrico y trazar, desde allí, una horizontal hasta cortar la curva de saturación.

$$\Delta T_{agua} = (T_{aguasalida} - T_{aguaentrada}) \quad \text{Ec. 1.2}$$

Dónde:

ΔT_{agua} = Variación de la temperatura del agua [°C].

Taguasalida= Temperatura de salida del agua [°C].

Taguaentrada =Temperatura de entrada del agua [°C].

1.3.1.2.5 Humedad.

ROLDAN Viloría José (Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada; pág. 35; 2002) indica que: “La humedad corresponde a la cantidad de vapor acuoso contenido en m³ de aire”. El método para determinar la cantidad de agua presente en una muestra se basa en la pérdida de peso de la muestra por calentamiento, refiriendo su peso al peso total de la muestra y expresada como porcentaje.

1.3.1.2.6 Relación de Humedad (W).

PITA G. Edward (Acondicionamiento de aire; Principios y Sistemas; pág. 177; 2004) señala que “Es la relación entre la masa de vapor contenida en el aire, y la masa de aire seco”.

Es decir:

$$W = w_o - w_f \qquad \text{Ec. 1.3}$$

Dónde:

W= Relación de Humedad [%]

w_o =Humedad Inicial [%]

w_f = Humedad Final [%].

1.3.1.2.7 *Humedad Relativa (φ)*

ROLDAN Viloría José (Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada; Física aplicada y otros fluidos; pág. 2; 2005) expresa que: Es la relación de la presión de vapor acuoso contenido en determinado volumen de aire y la presión de vapor de saturante a la misma temperatura.

Con esto se refiere a que:

$$\varphi = \frac{P_w}{P_{ws}} \quad \text{Ec. 1.4}$$

Dónde:

φ =Relación entre la presión vapor de agua y la presión del vapor saturante en %.

P_w = Presión de vapor de agua.

P_{ws} =Presión de vapor saturante.

1.3.1.2.8 *Entalpia (h).*

PITA G. Edward (Acondicionamiento de aire; Principios y Sistemas; pág. 177; 2004) menciona que: “Es el contenido de calor del aire, por unidad de peso, además es la entalpia del aire seco más la de su contenido de vapor de agua, calculada sobre una temperatura arbitraria de referencia en el cual la entalpia tiene un valor de cero”.

Además la entalpía es una propiedad extensiva, su magnitud depende de la cantidad de materia presente. En cualquier cambio, físico o químico, es imposible determinar la entalpía de una sustancia en forma absoluta.

En algunos casos para encontrar valores exactos de la variación de entalpia se debe utilizar el proceso de interpolación que es un método numérico y grafico que permite encontrar datos desconocidos entre o en medio de otros datos ya conocidos, con el propósito de averiguar el valor aproximado de una magnitud en un intervalo cuando se conocen algunos de los valores que toma a uno y otro lado de dicho intervalo, por lo cual existe una ecuación conocida y se detalla de la siguiente manera:

$$y = y_0 + (x - x_0) * \frac{(y_1 - y_0)}{(x_1 - x_0)} \quad \text{Ec. 1.5}$$

1.4 FUNDAMENTOS DE DISEÑO

1.4.1 Definiciones de diseño

POSADA CASTAÑO ANDRÉS y MORENO HERNÁN DARÍO, (Diseño de máquinas; pág. 19; 2004), menciona: “El diseño de ingeniería se puede definir como el proceso de aplicar las diversas técnicas y principios científicos con el objetivo de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficiente detalle para permitir su realización”.

HALL, HOLOWENCO Y LAUGHLIN, (Diseño de máquinas; pág. 1; 2002), dice: “El diseño en ingeniería es la creación de los planos necesarios para que las máquinas, las estructuras, los sistemas o los procesos desarrollen las funciones deseadas”.

Además se puede decir que el diseño en el área de ingeniería se caracteriza por utilizar métodos, técnicas, formas; con el fin de generar procesos científicos que lleguen a ser ejecutados.

1.4.2 Definiciones de máquinas

POSADA CASTAÑO ANDRÉS y MORENO HERNÁN DARÍO, (Diseño de máquinas; pág. 19; 2004) expresa: “Una máquina puede definirse como un aparato formado de unidades interrelacionadas llamadas elementos de máquinas, que están dispuestas con el objeto de transformar movimientos y fuerzas”.

CASTILLO Ramírez Arturo (Cinemática de las máquinas; pág. 4; 2005) comenta: “Una máquina es una combinación de cuerpos rígidos, conectados por medio de articulaciones que les permiten un movimiento relativo definido y son capaces de transmitir o transformar energía”. Una máquina siempre debe ser abastecida con energía de una fuente externa. Su utilidad consiste en su habilidad para alterar la energía suministrada y convertirla eficazmente para el cumplimiento de su servicio deseado

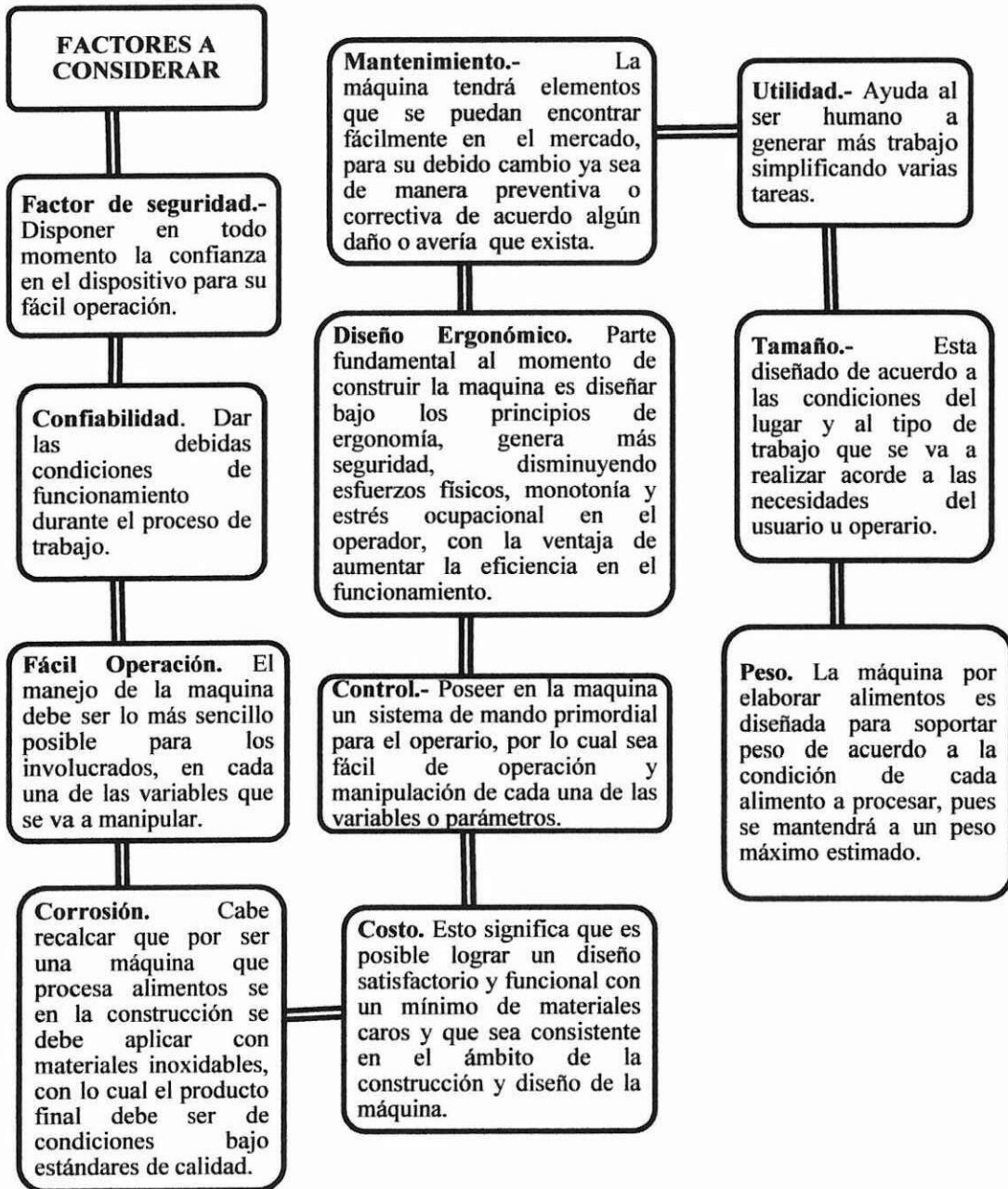
También una máquina es un aparato creado para aprovechar, regular o dirigir la acción de una fuerza. Estos dispositivos pueden recibir cierta forma de energía y transformarla en otra para generar un determinado efecto, por medio de la combinación de mecanismos, maniobras utilizando fuerzas, velocidades, u otras formas de generar funciones de trabajo.

1.5 FACTORES Y ALCANCE EN EL DISEÑO MECÁNICO

En este punto es muy necesario entender el modelo escogido y cálculos subsecuentes para cumplir con ciertos parámetros necesarios, ya que un buen diseño está basado en una buena teoría. Además ayuda a observar con mejor manera cada factor que será necesario para el diseño y construcción de la máquina, de acuerdo a las necesidades del usuario, operario y demás personas. Para lo cual en el siguiente diagrama se detalla cada factor que será utilizado en el diseño de la máquina:

DIAGRAMA N° 1.1

FACTORES Y ALCANCE DE DISEÑO MECÁNICO



FUENTE: Grupo de Investigación.

1.6 DISEÑO MECÁNICO

CASTAÑO POSADA ANDRÉS Y MORENO HERNÁN DARÍO (Diseño de Máquinas, Facultad de Ingeniería Mecánica; pág. 19; 2003) señala que: “El diseño de ingeniería se puede definir como el proceso de aplicar diversas técnicas y principios científicos con el objeto de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficiente detalle para permitir su realización”.

BUDNAYS RICHARD G. Y NISBETT J. KEITH (Diseño en Ingeniería Mecánica De Shigley; Octava Edición; pág. 4-5; 2008) expresa que: “El diseño mecánico es un proceso innovador y altamente interactivo. Además es una actividad de intensa comunicación en el cual se usa tanto las palabras como imágenes y se emplean las formas escritas y orales”

El diseño mecánico se caracteriza por ser un proceso que aplica diversas técnicas y principios científicos conocidos, con el propósito de definir objetos o sistemas de naturaleza mecánica.

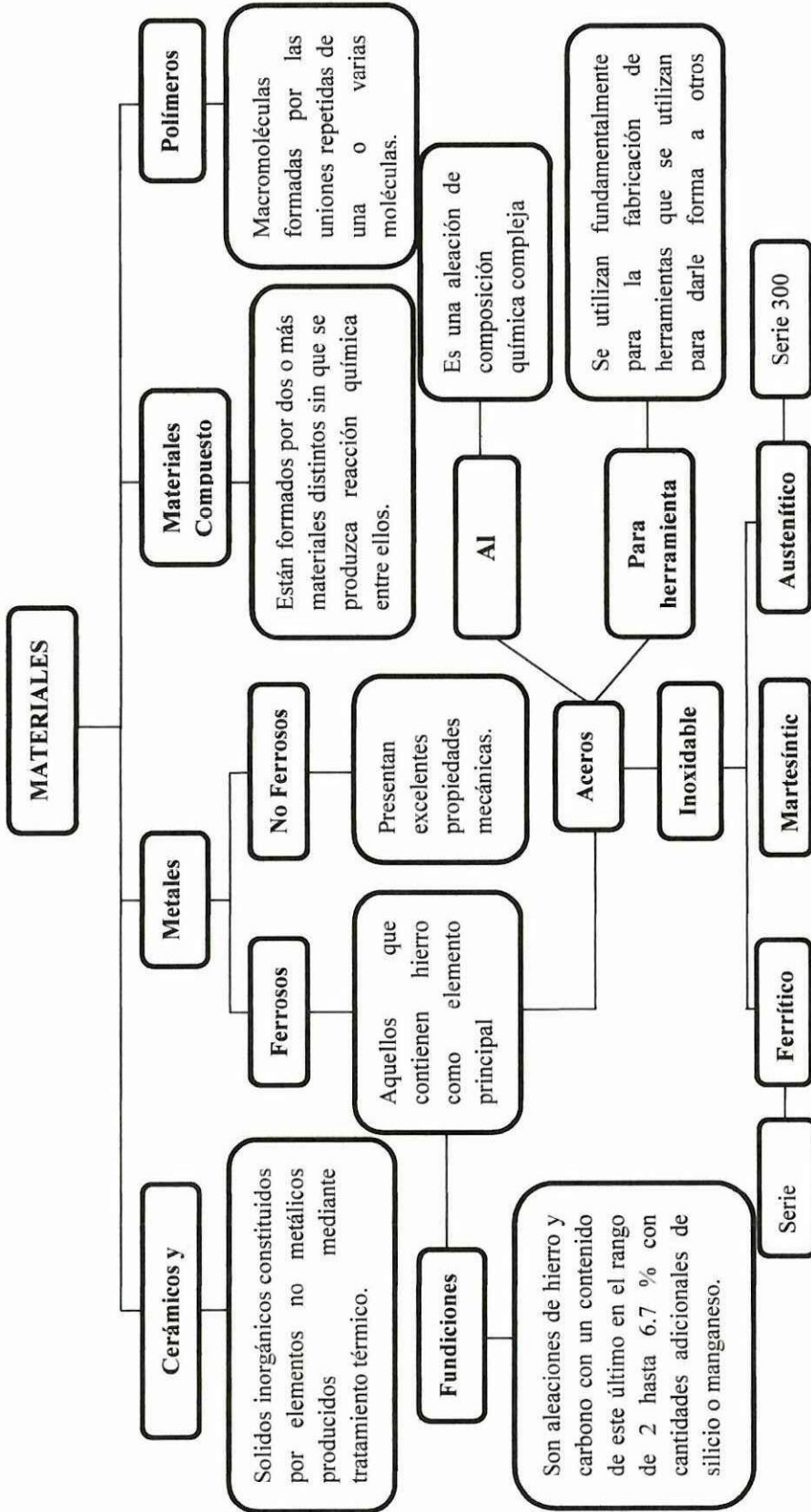
1.7 SELECCIÓN DE MATERIALES

Para poder elegir el material idóneo en el área de diseño mecánico, los componentes mecánicos deben cumplir funciones específicas por las cuales pueden contener masa, transferir cargas, conducir calor y electricidad, además están expuestos a ambientes corrosivos, están compuestos por más de una material, tiene forma y deben ser manufacturados.

Cada material seleccionado debe cumplir las normativas de diseño y construcción, que posteriormente será aplicado en los diferentes pasos de construcción.

DIAGRAMA N° 1.2

SELECCIÓN DE MATERIALES



FUENTE: Grupo de Investigación

1.7.1 MATERIALES AISLANTES.

1.7.1.1. Fibra de Vidrio

MORALES Sergio (Fibras de vidrio, pruebas y ensayos; Instituto Politécnico Nacional; pág. 7; 2008) dice que: “La fibra de vidrio es un material estructural de ingeniería son incombustibles, no absorbentes y químicamente estables. Resisten al ataque de hongos u otras formas de deterior del material. Las fibras de vidrio para aislamientos térmicos y para trabajo acústico se fabrican a partir de un vidrio de composición de baja en álcali. Las fibras para uso en el campo eléctrico se fabrican a partir de vidrio con ausencia total de óxidos de metales alcalinos. A continuación se muestra la representación de la figura 1.8:

FIGURA N° 1.8

FIBRA DE VIDRIO.



FUENTE: Grupo de Investigación

PLASTIQUÍMICA (Fibra de vidrio aplicaciones; <http://www.plastiquimica.cl>, consultado 28/08/2013; 18:25; pág.: 1-2; 2002) menciona que: “La elevada resistencia de las fibras de vidrio se debe a los enlaces covalentes entre el silicio y los radicales oxígeno. Los átomos integran una red tridimensional con estructura amorfa. Por esta razón, las fibras de vidrio poseen características isotrópicas. Las fibras de vidrio se producen por medio de un proceso de hilado

bajo fusión. El conjunto de los filamentos obtenidos se reúne formando una fibra. Las fibras de vidrio son sin lugar a duda el refuerzo más utilizado en la industria de los plásticos reforzados, de ahí viene el nombre de Plásticos Reforzados en Fibra de Vidrio (FRP). Las principales características que provocan estas preferencias son:

1. Alta resistencia a la tensión
2. Incombustible
3. Biológicamente inerte
4. Excelente resistencia a la intemperie y a gran cantidad de agentes químicos
5. Excelente estabilidad dimensional
6. Baja conductividad térmica.

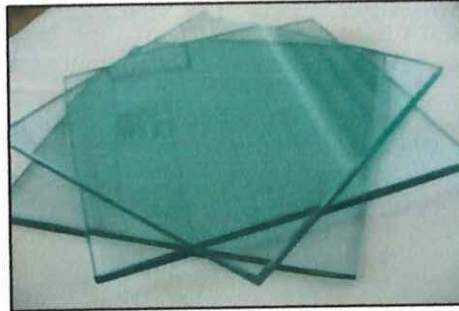
1.7.2.1 Vidrio Templado

AMEVEC (Asociación Mexicana de Ventanas y Cerramientos; Vidrio templado generalidades; www.amevec.com; consultado 12/07/2013; 15:45; pág. 2-3; 2008) dice que: “El vidrio templado es un vidrio de seguridad, al que mediante tratamiento térmico se le ha incrementado la resistencia estructural del mismo sin alterar sus propiedades”.

El vidrio se ha convertido en un elemento vital en la arquitectura de nuestros días, donde la búsqueda de máximas superficies vidriadas para obtener las mejores visuales y la mayor iluminación natural, se contrapone con la necesidad de lograr la mayor eficiencia energética y los más elevados estándares de seguridad. Esto ha derivado en una ampliación exponencial de la oferta de productos transparentes, y en una sofisticación cada vez mayor de sus tecnologías de producción, para dar respuesta a las más heterogéneas demandas de diseño y confort. Observe la siguiente figura 1.9:

FIGURA N° 1.9

VIDRIO TEMPLADO



FUENTE: Grupo de Investigación

Para la selección del vidrio templado se debe tomar en cuenta las siguientes características:

- **La Calidad del Vidrio templado.** La calidad de un vidrio templado, viene determinada por su rotura, que se produce en miles de fragmentos pequeños de aristas redondeadas, que no causan heridas cortantes o lacerantes de consideración. Se considera que un vidrio templado es de buena calidad, cuando el tamaño máximo de cada fragmento es inferior a cinco veces el espesor del vidrio, o cuando la masa de los diez fragmentos más grandes no supere la masa de 6.500 mm² del paño original (IRAM 12556).

Para tener una idea del incremento en la resistencia que adquiere un vidrio al ser templado, debemos saber que el módulo de rotura para un vidrio común es de 350 a 550 Kg/cm², mientras que en un vidrio templado es de 1.850 a 2.100 Kg/cm².

- **Proceso de templado.** El proceso de templado consiste en calentarlo uniformemente hasta una temperatura superior a 650° (punto de ablandamiento) y luego enfriarlo bruscamente soplando aire frío a presión controlado sobre sus caras.

- **Rotura de vidrio templado.**-El vidrio templado es muy difícil de romper, excepto que se golpee en los cantos, que hace que se desintegre fragmentándose en pequeños trozos con aristas redondeadas, que no causan heridas cortantes o lacerantes de consideración, evitando así riesgo de accidentes.
- **Rotura espontánea.** La rotura espontánea del vidrio, consiste en la desintegración de un vidrio en miles de trozos pequeños sin causa aparente. Esta situación ocurre en rarísimas ocasiones y se debe a que el vidrio contiene pequeñas oclusiones de sulfuro de níquel que ocasionalmente pueden originar tensiones que provocan la mencionada rotura espontánea. Los fabricantes de vidrio templado, tanto a nivel nacional como europeo, contemplan la rotura espontánea dentro de las normas de tolerancia.

1.7.1.3 Aceros Inoxidables

IBARRA ECHEVERRÍA MAURICIO, OTROS (Manual Aceros Inoxidables; pág. 12; 2000). Dicen que “El acero inoxidable es una aleación de hierro y carbono que contiene por definición un mínimo de 10,5% de cromo. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes”.

Su principal característica es su alta resistencia a la corrosión. Esta resistencia es debido a la formación espontánea de una capa de óxido de cromo en la superficie del acero. Aunque es extremadamente fina, esta película invisible está firmemente adherida al metal y es extremadamente protectora en una amplia gama de medios corrosivos. Dicha película es rápidamente restaurada en presencia del oxígeno, y así daños por abrasión, corte o mecanizados son reparados rápidamente.

Según la norma AISI-SAE que describe la clasificación de aceros y aleaciones de materiales no ferrosos. AISI es el acrónimo en inglés de American Iron and Steel

Institute (Instituto americano del hierro y el acero), mientras que SAE es el acrónimo en inglés de Society of Automotive Engineers (Sociedad Norteamericana de Ingenieros Automotores).

En este sistema los aceros se clasifican con cuatro dígitos. El primero especifica la aleación principal, el segundo la aleación secundaria y con los dos últimos dígitos se conoce la cantidad de carbono presente en la aleación.

1.7.1.3.1 Serie 300

CENDI (Centro Nacional para el Desarrollo de Acero Inoxidable, A.C; www.ingefilter.com/pdf/Manual%20Acero%20Inoxidable. Consultado 18/07/2013; 10:05; pág. 10; 2008) señalan que “Es la más extensa y son aleaciones Cr-Ni. El níquel es un elemento estabilizador o formador sustitucional de austenita, y se emplea con este propósito en un porcentaje de 4 a 37%. La serie 300 AISI mantiene alto contenido de níquel y hasta 2% de manganeso. También pueden contener molibdeno, cobre, silicio, aluminio, titanio y niobio, elementos que son utilizados para conferir ciertas características, como podría ser el prevenir en las estructuras soldadas la corrosión en la región cercana a la soldadura. En ciertos tipos se usa azufre o selenio para mejorar su habilidad de ser maquinados”.

Aceros Inoxidables Austeníticos. Son los más utilizados por su amplia variedad de propiedades, se obtienen agregando Níquel a la aleación, por lo que la estructura cristalina del material se transforma en austenita y de aquí adquieren el nombre. El contenido de Cromo varía de 16 a 28%, el de Níquel de 3.5 a 22% y el de Molibdeno 1.5 a 6%.

Los tipos más comunes es el AISI 304, Observar características **ANEXO 1**. Las propiedades básicas son: Excelente resistencia a la corrosión, excelente factor de higiene - limpieza, fáciles de transformar, excelente soldabilidad, no se endurecen

por tratamiento térmico, se pueden utilizar tanto a temperaturas criogénicas como a elevadas temperaturas.

1.7.1.3.2. Serie 400

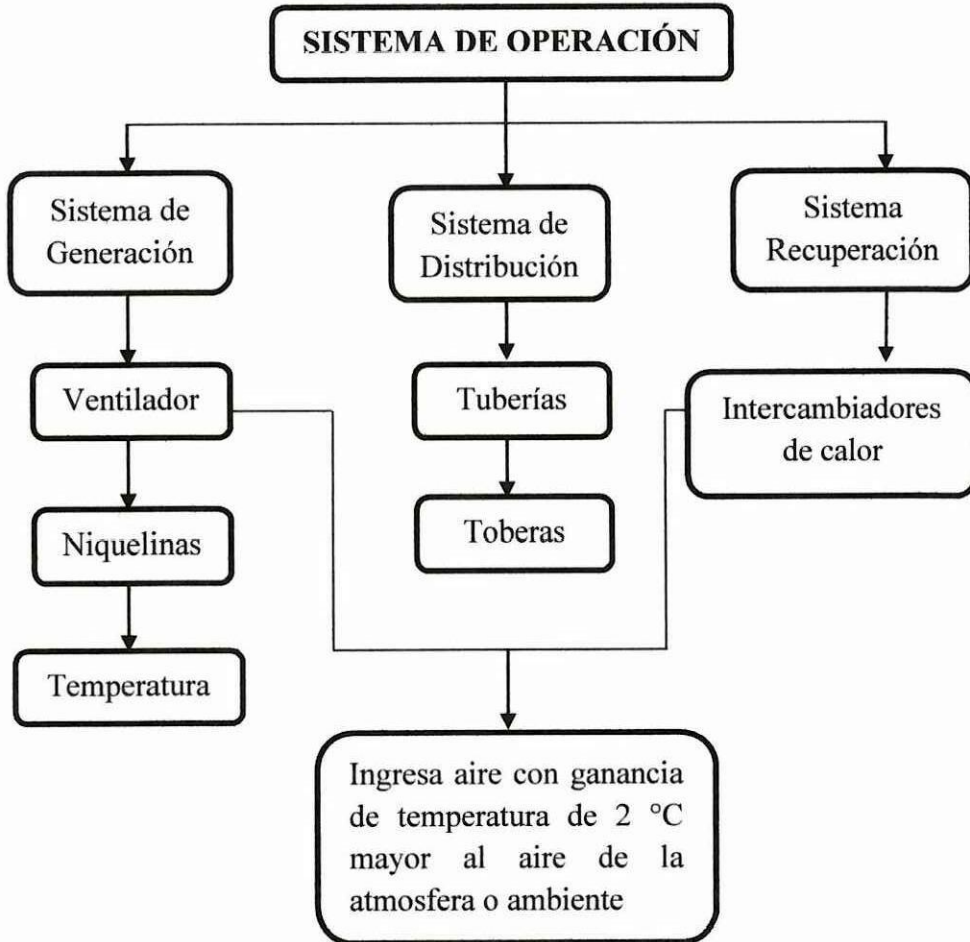
Aceros Inoxidables Ferríticos. También se consideran simplemente al Cromo, su contenido varia de 12 a 18%, pero el contenido de Carbono es bajo $< 0.2\%$. Los tipos más comunes es el AISI 430, 409 y 434 verificar en el **ANEXO 2**. Las propiedades básicas son: Buena resistencia a la corrosión. La dureza no es muy alta y no pueden incrementarla por tratamiento térmico. Principales aplicaciones: Equipo y utensilios domésticos y en aplicaciones arquitectónicas y decorativas. Los Aceros Inoxidables Ferríticos pueden a veces , ya sea por segregación del Cr, o por estar muy cerca del bucle Gamma, no ser totalmente Ferríticos generando en el calentamiento a más de 900°C algo de Austenita en borde de grano Ferrítico. Si luego de esta transformación se los enfría rápidamente la Austenita formada se transformará en Martensita disminuyendo algo la plasticidad pero por sobre todo disminuyendo la resistencia a la corrosión del borde de grano, por ello a estos aceros, para mejorarles su resistencia a la corrosión se los debe enfriar lentamente (al contrario de los Austeníticos) desde una temperatura de aproximadamente 1000°C .

1.8. SISTEMA DE OPERACIÓN.

Un sistema de operación ayuda a interpretar con claridad y de forma sencilla un proceso técnico que sirva relacionar cada uno de los factores que forman parte de un sistema de trabajo que en este caso será la deshidratación de diferentes alimentos. Observe el siguiente diagrama que muestra cada parámetro de operación.

DIAGRAMA N° 1.3

SISTEMA DE OPERACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN.



FUENTE: Grupo de Investigación.

1.8.1. SISTEMA DE GENERACIÓN.

PEDELABORDE Carlos Luis (Curso de Ventilación Industrial; pág. 3; 2007) menciona que: “El sistema de generación consiste en el ingreso al local de un caudal de aire limpio exterior, calculado para diluir los contaminantes y reducir sus concentraciones a valores inferiores a los límites admisibles, o bien suficiente para una adecuada transferencia de calor al exterior”.

1.8.1.1. Ventilador de Aire.

PITA G. Edward. (Acondicionamientos de Air; principios y sistemas; segunda edición; pág. 279; 2004) dice que:” Los ventiladores son dispositivos para distribuir aire por el equipo a través de la ductería hasta los recintos que deben tener aire acondicionado”.

1.8.1.1.1. Selección del Ventilador de Aire.

Pues además para la selección del ventilador que ayudará a distribuir el flujo de aire a través de la tubería hacia el interior de la máquina deshidratadora se utiliza la ecuación detallada a continuación:

Ecuación del Flujo Másico

$$m_{aire} = \frac{mw * (Cpw * \Delta T_{agua} + hfg)}{\eta s * Cpa * \Delta T_{aire}} \quad \text{Ec. 1.6}$$

Dónde:

m_{aire} =Flujo másico del aire [Kg/s].

m = Masa del producto [Kg].

w = Humedad del producto [%].

Cpw =Calor específico del agua [KJ/Kg. °K].

ΔT_{agua} =Variación de temperatura del agua [°C].

hfg =Diferencia de Entalpías [KJ/Kg].

ηs =Eficiencia que tiene la máquina [%].

C_{pa} =Calor específico del aire [KJ/Kg. °K].

ΔT_{aire} = Variación de temperatura del aire [°C].

Ecuación del Flujo Volumétrico

$$Q = A * V \quad \text{Ec. 1.7}$$

Dónde:

Q =Flujo Volumétrico en m³/s.

A = Área que circula el aire en m².

V = Velocidad por la que circula el aire en m/s.

$$m_{aire} = \rho V + A \quad \text{Ec. 1.8}$$

Pues bien:

m_{aire} =Flujo másico del aire [Kg/s]

ρ = Densidad del aire [Kg/m³]

V = Velocidad del flujo del aire [m/s].

A = Area por donde circula el aire [m²]

1.8.1.2. Tipos de Ventiladores.

PITA G. Edward. (Acondicionamientos de Air; principios y sistemas; segunda edición; pág.280; 2004) menciona que: Los ventiladores según sus funciones que generen se pueden clasificar en:

- Ventiladores Centrífugos.

- Ventiladores Axiales.

1.8.1.2.1. Ventiladores Centrífugos.

Son aquellos en los cuales el flujo de aire cambia su dirección, en un ángulo de 90°, entre la entrada y salida. La transmisión para el funcionamiento de un ventilador axial o centrífugo puede ser a través de bandas o directa. Los ventiladores que emplean transmisión directa son aquellos en que el eje del motor se encuentra conectado directamente a la rueda o aspa del ventilador, generalmente en ventiladores de tamaño no muy grandes. Ventilador de este tipo es de caudal o cantidad de aire por razones de que nosotros necesitamos enfriar la película y por tal razón ocupamos cantidad y calidad”. Observe la figura 1.10:

FIGURA N° 1.10

VENTILADOR BLOWER.



FUENTE: Grupo de Investigación.

1.8.1.2.2. Ventiladores Axiales.

Son aquellos en los cuales el flujo de aire sigue la dirección del eje del mismo. Se suelen llamar helicoidales, pues el flujo a la salida tiene una trayectoria con esa

forma. En líneas generales son aptos para mover grandes caudales a bajas presiones. Con velocidades periféricas medianamente altas son en general ruidosas.

1.8.1.3. Niquelina.

PÁEZ Marcelo y CONDOLO Hugo (Construcción de un reservorio y calentador de agua en la planta lata de un domicilio, para el suministro de agua temperada hacia un conjunto de tres lavadoras de ropa semi-industriales, controlado automáticamente mediante PICS; www.epn.edu.ec; consultado 12/06/2013 15:00; pág. 31; 2012). Dicen que: “Un sistema que se basa en la generación de calor mediante niquelinas o resistencias que se fundamenta en el principio de que para un material pueda conducir la corriente eléctrica debe existir en su interior cargas móviles capaces de conducir la electricidad. En los metales las cargas móviles son los electrones. El movimiento de estas cargas es al azar y en todas las direcciones, generándose múltiples choques con los iones pero no hay flujo de carga en ninguna dirección salvo que se aplique un campo eléctrico. Para evitar la pérdida de calor se reviste todo el cuerpo con lana de vidrio. Además consta de un orificio de carga y otro de descarga, con accesorios como un termómetro de bulbo y un manómetro de precisión.

1.8.1.3.1. Selección de las niquelinas.

Además las niquelinas al ser elementos que proporcionan calor por medio de electricidad en diferentes aplicaciones.- por lo que las niquelinas se eligen de acuerdo a la potencia que ellas trabajen, por lo cual se toman en cuenta la siguiente ecuación:

Ec. 1.9

$$Q_{\text{Conducción}} = K * A * \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Así mismo:

$Q_{\text{Conducción}}$ = Calor transmitido por conducción [W].

K = Constante de conductividad térmica del material [W/mK].

A = El área por el cual circula el calor transmitido [m^2].

ΔT = Variación de la temperatura inicial y final [°C].

Δx = La variación de la posición [m].

$$P = Q * \Delta h$$

Ec. 1.10

Dónde:

P = Potencia requerida en W.

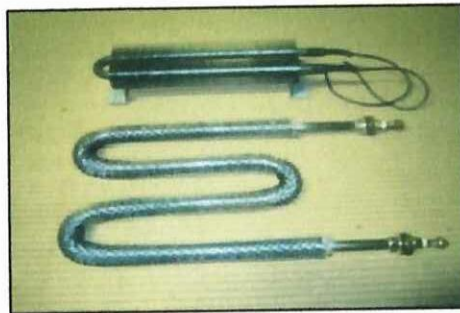
Q = Calor transmitido por un cuerpo en kg/s

Δh = Variación de entalpías Kg aire seco.

Observe la siguiente figura 1.11 que muestra la representación de una niquelina eléctrica:

FIGURA N° 1.11

NIQUELINAS ELÉCTRICAS



FUENTE: F. Jesús Cembranos Nistal (Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos)

1.8.2. SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CALOR

OSORIO Yolistli (Accesorios para sistema de calefacción; pág. 4; 2005) expresa que: “Los sistemas de transferencia de calor parecen estar compuestos por artefactos simples, y aunque es cierto que la mayoría de ellos posee la única función de climatizar una dependencia, no podemos asegurar que actualmente sean equipos sencillos”.

1.8.2.1. Intercambiador de Calor

INCROPERA FRANK. P Y DE WITT DAVID P. (Fundamentos de Transferencia de Calor; pág. 582; 2006) mencionan que: “El intercambiador de calor es aquel en que los fluidos caliente y frío se mueve en la misma dirección o direcciones opuestas en una construcción de tubos concéntricos (o doble tubo)”.

Además se dice que un intercambiador de calor se engloba a todos aquellos dispositivos utilizados para transferir energía de un medio a otro, sin embargo, en lo que sigue se hará referencia única y exclusivamente a la transferencia de energía entre fluidos por conducción y convección, debido a que el intercambio térmico entre fluidos es uno de los procesos más frecuente e importante en la ingeniería.

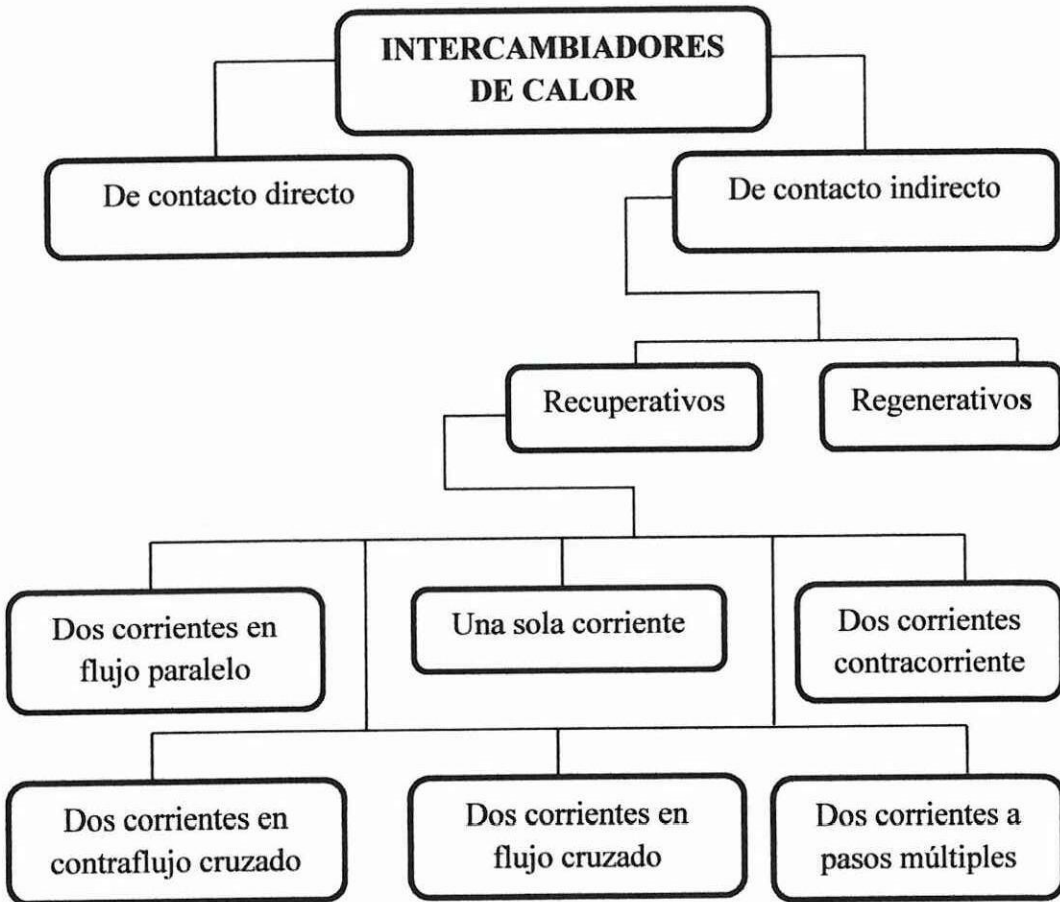
También se menciona que un intercambiador de calor es una pieza de equipo construido para una eficiente transferencia de calor de un medio a otro.- Los medios pueden estar separados por una pared sólida, de modo que nunca se mezclan, o pueden estar en contacto directo.

Se utilizan mucho en calefacción, refrigeración, aire acondicionado, centrales eléctricas.

1.8.2.1.1. TIPOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

DIAGRAMA N° 1.4

TIPOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR.

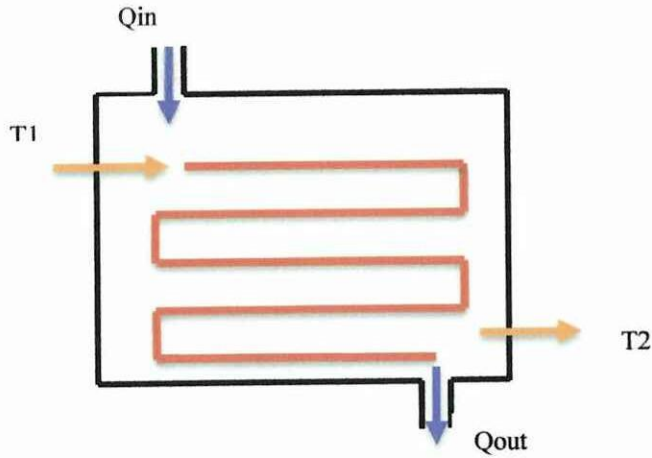


FUENTE: Grupo de Investigación

El cuadro anterior especifica los diversos tipos de intercambiadores de calor que existe en el medio comercial, pues bien para elegir el intercambiador idóneo en algunos textos de transferencia de calor utilizan diferentes métodos de ecuaciones que son de ayuda para la correcta elección de un intercambiador de calor.

Observe el grafico 1.3:

GRÁFICO N° 1.3
SISTEMA DE CICLO DE CALOR TRANSMITIDO.



FUENTE: Grupo de Investigación.

En el grafico se muestra la forma en el cual se transmite el calor por medio del intercambiador, en donde el calor que se genera en la entrada **Q in** llegara a tener una cierta temperatura inicial **T1**, después de haber cumplido su recorrido.

El calor de salida **Q out** mayor, debido al aumento de temperatura **T2** en el final del ciclo.

$$E_{Entrada} - E_{Salida} = dE_{Sistema}/dt$$

$$Q_{out} = mCp(T1 - T2) \quad \text{Ec. 1.11}$$

Dónde:

Q_{out}= Calor de Salida del Intercambiador de Calor en *KJ/s*.

m= masa en Kg.

Cp= Calor especifico del aire en *K*

$T1$ = Temperatura Inicial en °C

$T2$ = Temperatura Final en °C

1.9. ESTRUCTURA DEL BASTIDOR.

AROCA Hernández Ricardo (Cuadernos Del Instituto Juan De Herrera De La Escuela De Arquitectura De Madrid; pág. 2; 2000) señala que: “La estructura de un objeto se define como el conjunto de elementos unidos entre sí que le permiten mantener su forma y tamaño sin deformarse, cuando sobre el objeto actúan una serie de fuerzas externas”. Una estructura debe ser:

- ❖ Debe ser resistente, es decir debe soportar las cargas a las que está sometida sin romperse.
- ❖ Debe ser estable, es decir, no se debe volcar con facilidad.
- ❖ Debe ser rígida: No se puede deformar o debe deformarse poco: Es decir, que su forma básica no cambia o cambia poco dentro de unos límites.
- ❖ Debe ser lo más ligera posible: Así se ahorra material y tenemos menos cargas fijas.

1.9.1. Perfiles Estructurales de Acero.

MOTT Robert L. (Diseño de Elementos de Máquinas 4ta Edición; pág.18; 2006). Dice que “Los fabricantes estructurales de acero se suministran un gran conjunto de perfiles estructurales estandarizados, eficientes en el uso del material

y fáciles de especificar e instalar en estructuras de construcción o de armazones de maquinarias”.

1.9.1.1. Perfiles Estructurales Huecos Cuadrados

MOTT Robert L. (Diseño de Elementos de Máquinas 4ta Edición; pág. 19; 2006). Menciona que “Estos perfiles suelen conformarse a partir de la lámina plana y soldada longitudinalmente. Las propiedades de las secciones consideran los radios de las esquinas”.

Este tipo de tubos son muy utilizados en las estructuras de maquinaria porque tiene buenas propiedades transversales para elementos cargados a la flexión como vigas, y para la carga de torsión, porque la sección transversal es cerrada ver **ANEXO 3**.

Observe la siguiente figura 1.12 de los perfiles cuadrados utilizados para la construcción de la máquina.

FIGURA N° 1.12

PERFILES CUADRADOS.



FUENTE: Grupo de Investigación.

1.9.2. Flexión de Vigas

Los bastidores de vehículos, máquinas formadoras de metal, aparatos automáticos y equipos de proceso también deben poseer suficiente rigidez para garantizar el funcionamiento adecuado del equipo soportado por el bastidor. Las oscilaciones de una pieza de una estructura o máquina provocan vibración. La tendencia avivara cierta frecuencia y la severidad de las vibraciones son funciones de la flexibilidad de la pieza.

1.9.3. Soldadura.

EYHERALDE Miguel (Inspección Especializada de Mecánica General junto al Coordinador Técnico de la Tecnicatura de Soldadura UTU CETP; pág. 1; 2012) expresa que. “La soldadura puede definirse como un proceso de unión de partes, principalmente implicando la cohesión localizada de ellas por fusión y/o presión, generalmente con un elemento o material de aporte.

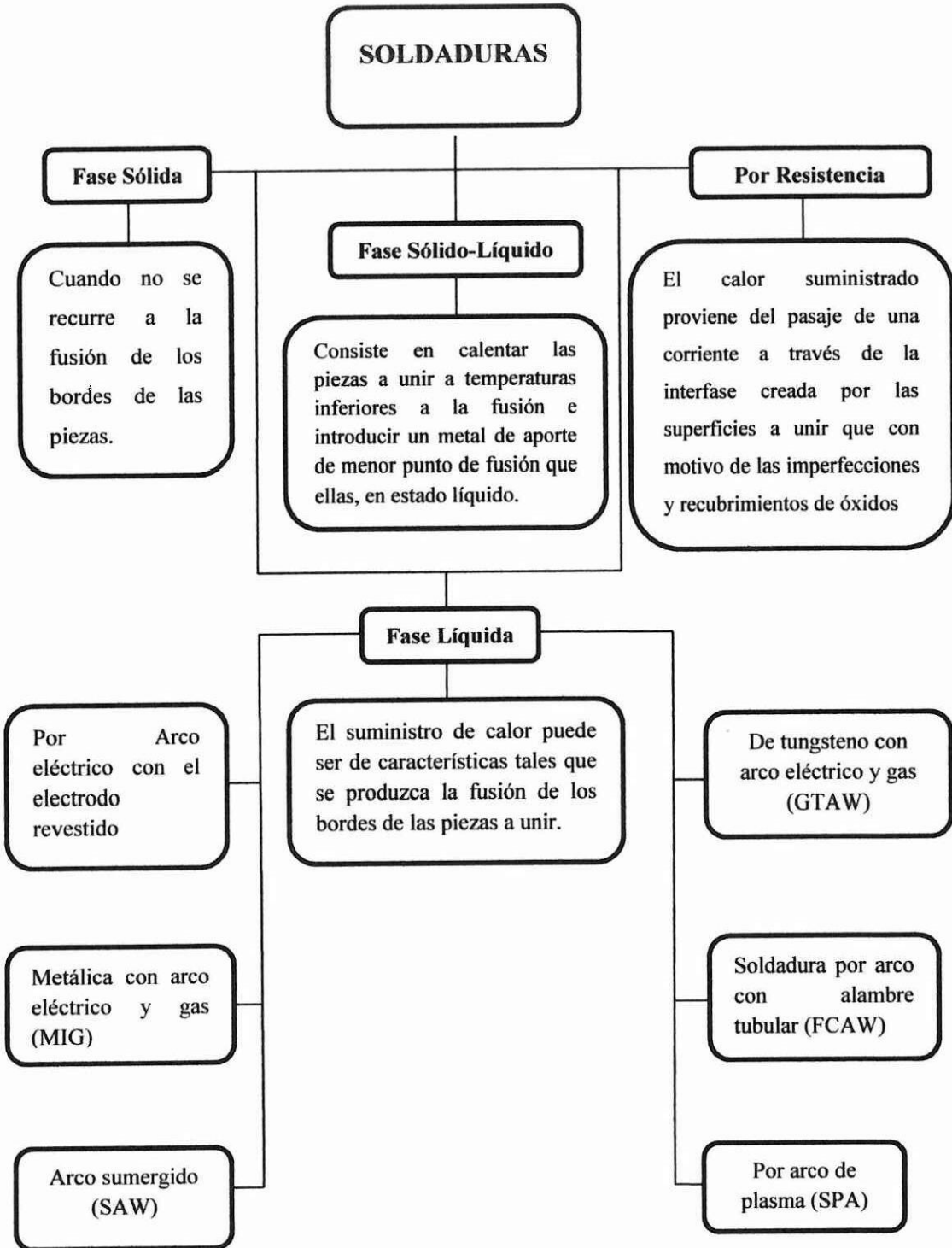
Las piezas a unir se conocen como material base y el proceso conlleva a la formación de cristales comunes por difusión en la frontera de unión”.

1.9.3.1 Clasificación de la soldadura.

Los procesos de soldadura más conocidos en el ámbito industrial, se basan de acuerdo a las partes que se desea unir en lugares de cohesión localizadas, por lo cual en el siguiente diagrama se especifica cada uno de los métodos de soldadura que se utiliza en los diferentes procesos industriales y se dividen de la siguiente manera:

DIAGRAMA N° 1.5

CLASIFICACIÓN DE SOLDADURAS.



FUENTE: Grupo de Investigación.

1.9.3.1.1 Soldadura por Arco Eléctrico con Electrodo Revestido (SMAW).

FLORES Carlos Eliseo (Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar; Soldadura al arco eléctrico; Pág. 3; 2004) menciona que: “Consiste en la utilización de un electrodo con un determinado recubrimiento, según sea las características específicas, y que describiremos brevemente enseguida”.

A través del mismo se hace circular un determinado tipo de corriente eléctrica, ya sea esta de tipo alterna o directa.

Se establece un corto circuito entre el electrodo y el material base que se desea soldar o unir, este arco eléctrico puede alcanzar temperaturas del orden de los 5500 °C, depositándose el núcleo del electrodo fundido al material que se está soldando, de paso se genera mediante la combustión del recubrimiento, una atmósfera que permite la protección del proceso, esta protección se circunscribe a evitar la penetración de humedad y posibles elementos contaminantes.

También se produce una escoria que recubre el cordón de soldadura generado. A continuación observe la figura 1.13 de la soldadura eléctrica:

FIGURA N° 1.13

SOLDADURA ELÉCTRICA SMAW.



FUENTE: Germán Hernández Riesco (Manual del Soldador)

1.9.3.1.2. Soldadura Metálica con Arco Eléctrico y Gas (MIG).

JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN (Guía de prevención de riesgos en los trabajos de soldadura; pág. 12; 2008) señala que: “Este tipo de procedimiento produce una soldadura bien penetrada y prácticamente no produce contaminación atmosférica. La mayor parte de los metales industriales (aluminio, magnesio, aceros débilmente aliados, aceros al carbón, aceros inoxidables, cobre, níquel, monel, inconel, titanio y otros) pueden soldarse fácilmente con este procedimiento”.

La soldadura MIG puede aplicarse de forma manual o automática. En la primera, el soldador controla la dirección y la velocidad de avance. En la segunda, la inclinación del Guía de prevención de riesgos en los trabajos de soldadura 13 cordón, el espesor de la aportación, la velocidad de avance, la dirección, etc., están controlados por el equipo.

En cuanto al material de aportación a utilizar, el tipo de soldadura MIG de espesores finos puede realizarse sin él (excepto cuando se quiere reforzarla junta), sin embargo al aumentar el espesor, sí es necesaria su utilización para rellenar la junta. Además, este material debe ser de la misma composición que el metal base. Así, para el soldeo de acero al carbón, se utilizan varillas de acero al carbón; para el soldeo de aluminio, varillas de aluminio; y así sucesivamente.

En algunos casos, puede utilizarse satisfactoriamente como material de aportación una tira obtenida de las propias chapas a soldar. Estas varillas deben ser fabricadas expresamente para este procedimiento. Las varillas de acero ordinarias de cobre, que se utilizan en la soldadura oxiacetilénica, no deben aplicarse a la soldadura TIG porque tienden a contaminar el electrodo de tungsteno. En general, el diámetro de la varilla debe ser aproximadamente igual al espesor de las piezas a soldar. Observe la siguiente figura 1.14:

FIGURA N° 1.14

SUELDA MIG.



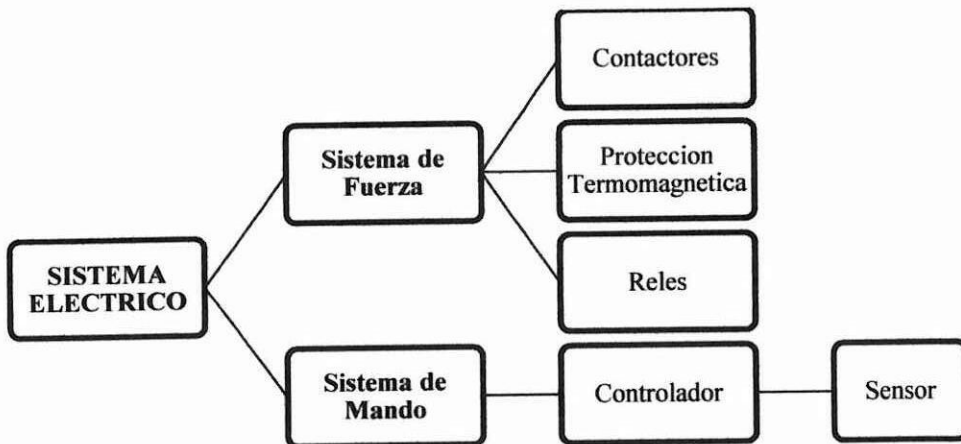
FUENTE: carlossaiz.blogspot.com

1.10. SISTEMA ELÉCTRICO.

El sistema eléctrico se basa en controlar los parámetros de mando y fuerza que genera la función de una máquina.

DIAGRAMA N° 1.6

SISTEMA ELÉCTRICO



FUENTE: Grupo de Investigación.

1.10.1. SISTEMA DE FUERZA

1.10.1.1. El disyuntor o Brecker Eléctrico.

Ingeniería de Sistema y Automáticas (Dispositivos de Protección; pág. 5, 2007) dice que “Un disyuntor es el que interrumpen el circuito abriendo los polos y que con un simple rearme se pueden volver a poner en servicio”.

Verifique la figura 1.15:

FIGURA N° 1.15

DISYUNTORES ELECTROMAGNÉTICOS



FUENTE: CEMBRANOS Nistal Jesús (Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos)

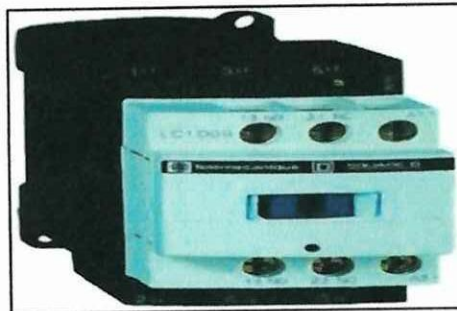
Los disyuntores también protegen los circuitos contra:

- Los cortocircuitos, dentro de los límites de su poder de corte a través de disparadores magnéticos (un disparador por fase).
- Los contactos indirectos, siguiendo las normas sobre regímenes de neutro, para los esquemas TN o IT. Los esquemas TT pueden necesitar una protección diferencial residual.

1.10.1.2. El Contactor.

ROLDAN Vitoria José (Manual del Electricista de Taller; Novena Edición; pág. 144 y 148; 2005) dice que: “El contactor es un interruptor gobernado a distancia por medio de un electroimán. A continuación se muestra la figura 1.16 representando la forma gráfica del contactor.

FIGURA N° 1.16
CONTACTOR ELÉCTRICO



FUENTE: CEMBRANOS Nistal Jesús (Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos).

1.10.1.2.1. Partes del Contactor.

En un contactor se puede dividir y considerar en tres partes fundamentales que se detalla de la siguiente manera:

- a) Contactos Principales:** Es por donde circula el paso de corriente que alimenta el circuito receptor.

- b) Contactos Auxiliares:** Tiene por finalidad el gobierno de la bobina u otros mandos auxiliares.

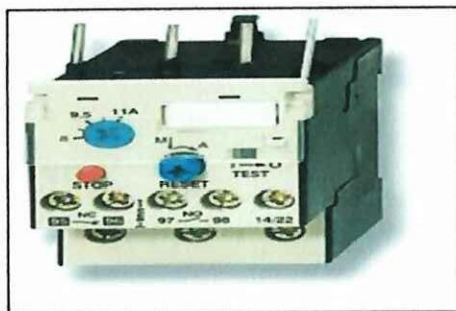
- c) **Circuito electromagnético:** Está formado por la bobina, un núcleo fijo y la armadura móvil, que es la encargada de realizar la apertura y cierre de los contactos principales y auxiliares del contactor.

1.10.1.3. Relé de Protección.

ROLDAN Vitoria José (Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada; pág. 35; 2002) menciona que: “Los de protección protegen el circuito de sobreintensidades originadas por consumo excesivo que se prolonga un tiempo y que puede resultar perjudicial para los elementos que forman parte del circuito. Observe el figura 1.17:

FIGURA N° 1.17

RELÉ DE PROTECCIÓN.



FUENTE: CEMBRANOS Nistal Jesús (Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos)

1.10.1.4. Fusible.

ROLDAN Vitoria José ((Manual del Electricista de Taller; Novena Edición; pág. 148; 2005) dice que: “La finalidad de un fusible es la de defender el circuito de intensidades elevadas, tales como las de corto circuito o similares, y que se

producen en un tiempo muy corto”. Dispositivo que abre el circuito en el que está instalado, cuando la corriente que circula por él provoca, por calentamiento, la fusión de uno o varios de sus elementos previstos para este fin.

FIGURA N° 1.18

FUSIBLES



FUENTE: ROLDÁN Viloría (Manual del Electricista de Taller)

1.10.2. SISTEMA DE MANDO

1.10.2.1. Controladores.

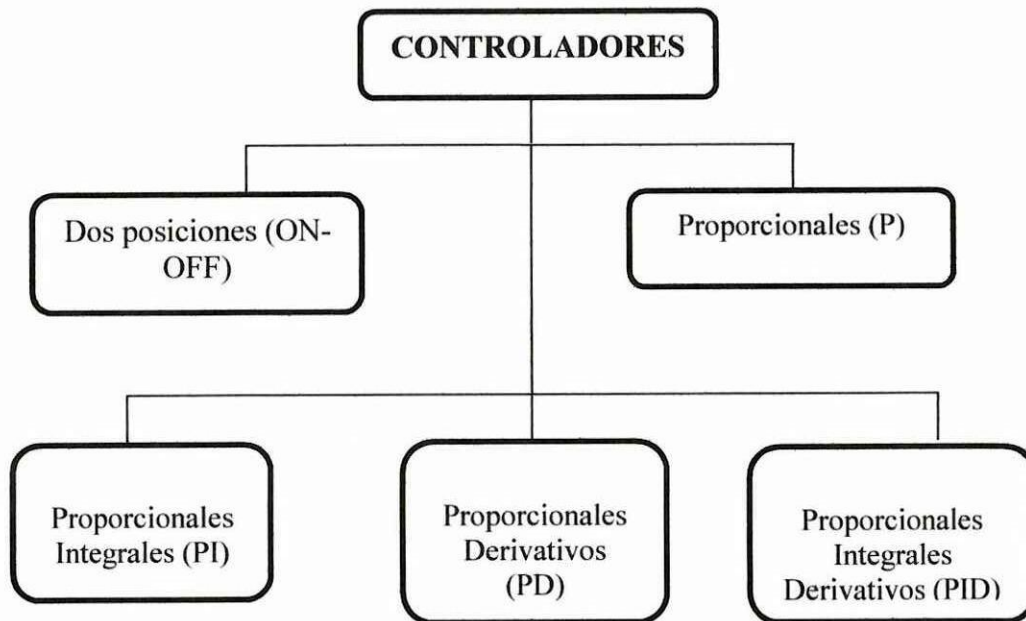
CORTES Ibarra María de Lourdes y Garibay Sánchez Rigoberto (Tipos de controladores; Academia de Bioinstrumentación; pág. 219; 2007) señala que: “El termino controlador es un sistema de control con realimentación, a menudo está asociado con los elementos de la trayectoria directa entre la señal actuante (error) e y la variable de control u. pero, algunos veces, incluye el punto de suma, los elementos de retroalimentación o ambos”.

Además los elementos de un controlador se basan en componentes primarios de medidas, los cuales miden magnitudes variables de un proceso. Esta medición es un requisito previo para el control automático del proceso, que generalmente consta de captadores de medida, el controlador y el elemento final de control. Los

controladores se puede clasificar por su modo de actuar, con los cuales se dividen en:

DIAGRAMA N° 1.7

TIPOS DE CONTROLADORES



FUENTE: Grupo de Investigación.

FIGURA N° 1.19

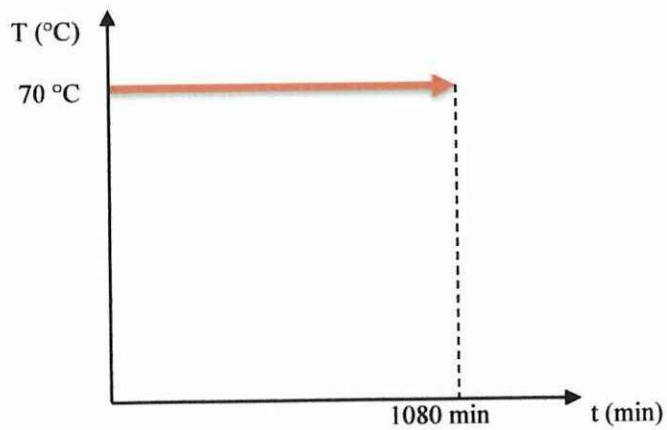
EJEMPLO DE CONTROLADOR.



FUENTE: CEMBRANOS Nistal Jesús (Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos; 2006)

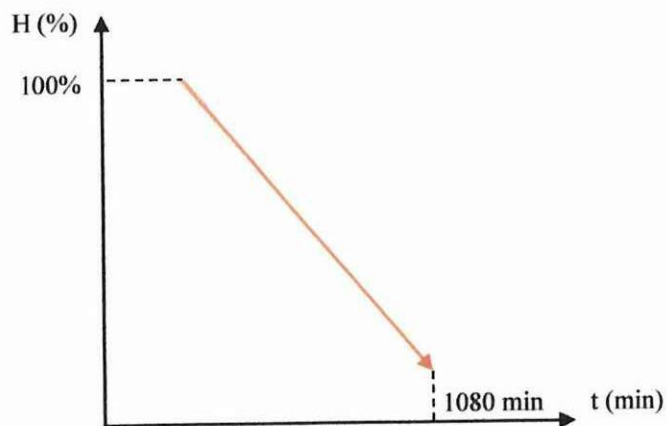
Según las pruebas realizadas en el proceso de deshidratación, se observe que es posible mantener T constante durante el proceso, lo cual no sucede con el factor humedad ya que durante este transcurso de operación pierde agua llegando a una humedad alcanzando a desarrollar el deshidratarse en su totalidad. Observe el grafico 1.4 y 1.5:

GRÁFICO N° 1.4
CURVA CARACTERÍSTICA DE TEMPERATURA



FUENTE: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 1.5
CURVA CARACTERÍSTICA DE HUMEDAD



FUENTE: Grupo de Investigación

1.10.2.2. Sensores.

PALLAS Areny Ramón (Sensores y Acondicionadores de Señal; pág. 29; 2007) indica que: “Los sensores son los dispositivos que permiten obtener una señal transducible a partir de la magnitud física a medir”.

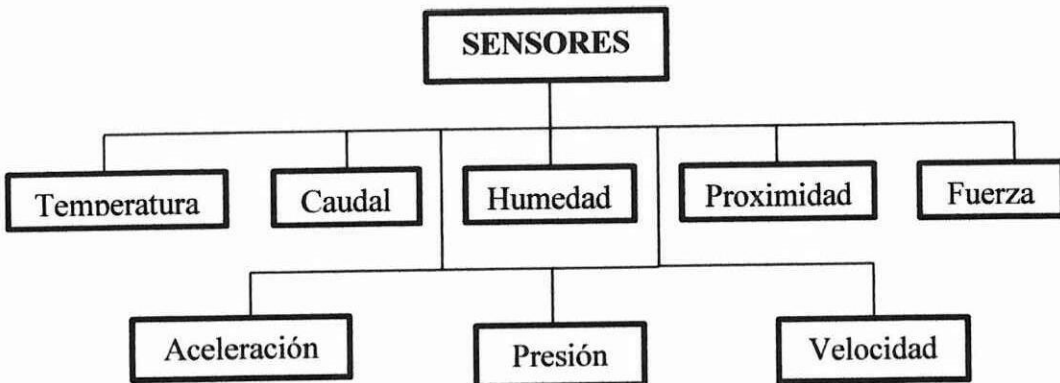
El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un conversor A/D, conectado a un PC. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continua en una señal discreta.

1.10.2.2.1. Clasificación de los Sensores.

Se suele clasificar a los sensores de acuerdo a la magnitud medida; se habla de sensores de:

DIAGRAMA N° 1.8

SENSORES DE CONTROL.



Fuente: Grupo de Investigación

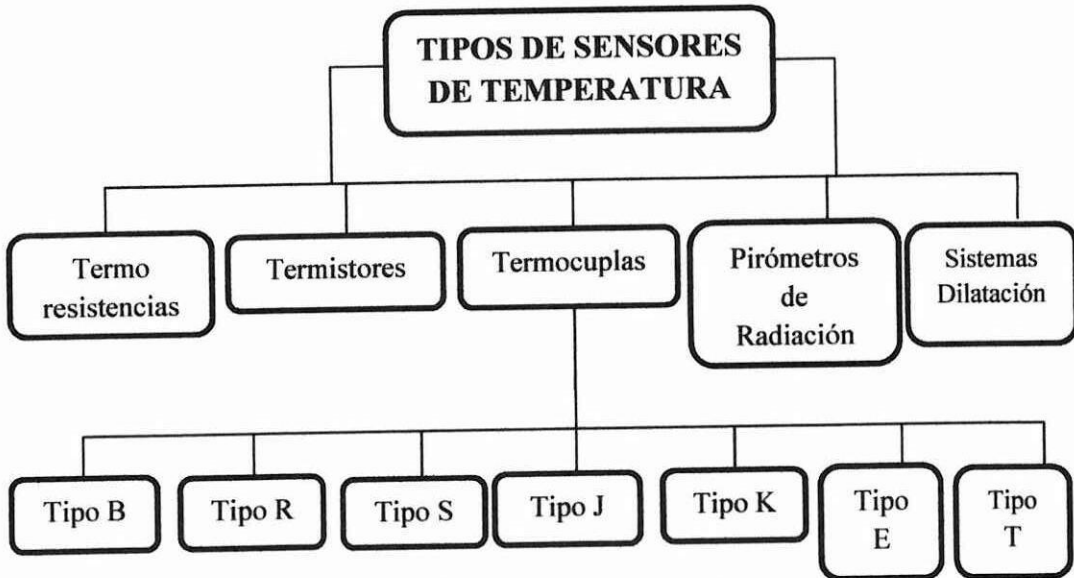
1.10.2.2.2. Sensores de temperatura.

PALLAS Areny Ramón (*Sensores y Acondicionadores de Señal*; pág. 31; 2007) expresa que: “Los sensores de temperatura se denomina a toda pieza formada por dos metales con distinto coeficiente de dilatación térmica unidos firmemente”.

Se emplean directamente como actuadores para abrir y cerrar contactos (termostatos, control (ON- OFF) y para protección en interruptores térmicos de circuitos eléctricos. La obtención de medias de temperatura, es de las más frecuentes y de mayor importancia en la automatización industrial, es por esto que se vuelve cada vez más importante tener una comprensión clara de las ventajas y desventajas de los distintos métodos de medida de esta variable, para lograr que sistema sea el óptimo.

DIAGRAMA N° 1.9

TIPOS DE SENSORES DE TEMPERATURA.



FUENTE: Grupo de Investigación.

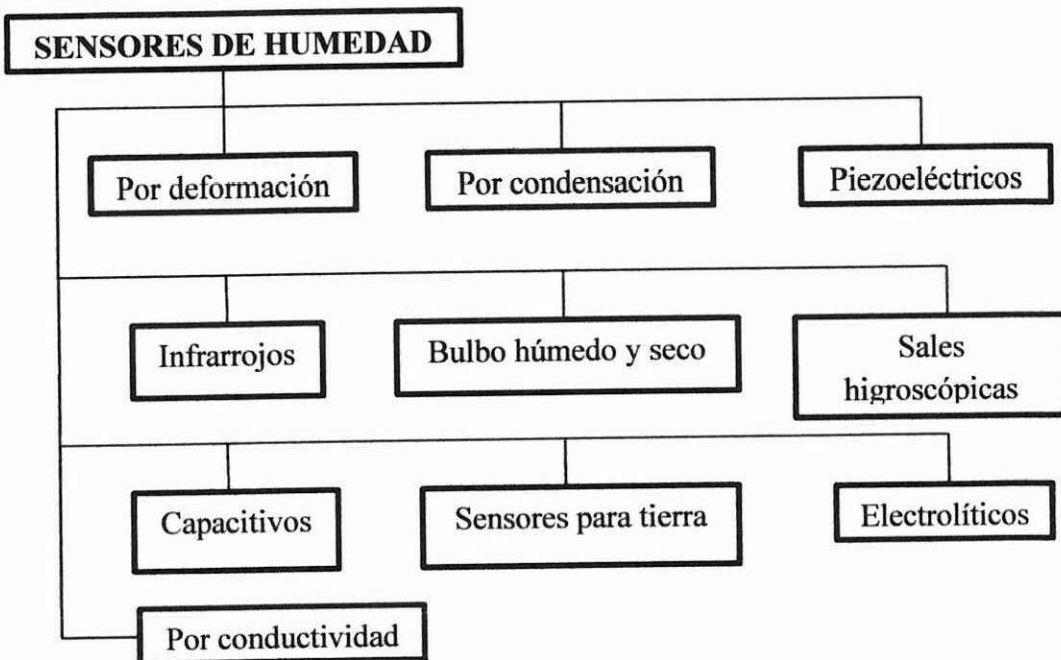
1.10.2.2.3. Sensores de Humedad.

Grupo de investigación sistemas Inteligentes, Robótica y Percepción SIRP- Pontificia Universidad Javeriana-Bogotá (Taller Sensor de Humedad; pág. 9; 2010) mencionan que: “El sensor de humedad mide o detecta variables químicas o físicas que determina el grado de humedad.

Existen diferentes métodos para medir el contenido de agua, uno de ellos consiste en tomar una muestra y remover el agua que posea, medir el cambio de peso en dicha muestra.

DIAGRAMA N° 1.10

TIPOS DE SENSORES DE HUMEDAD.



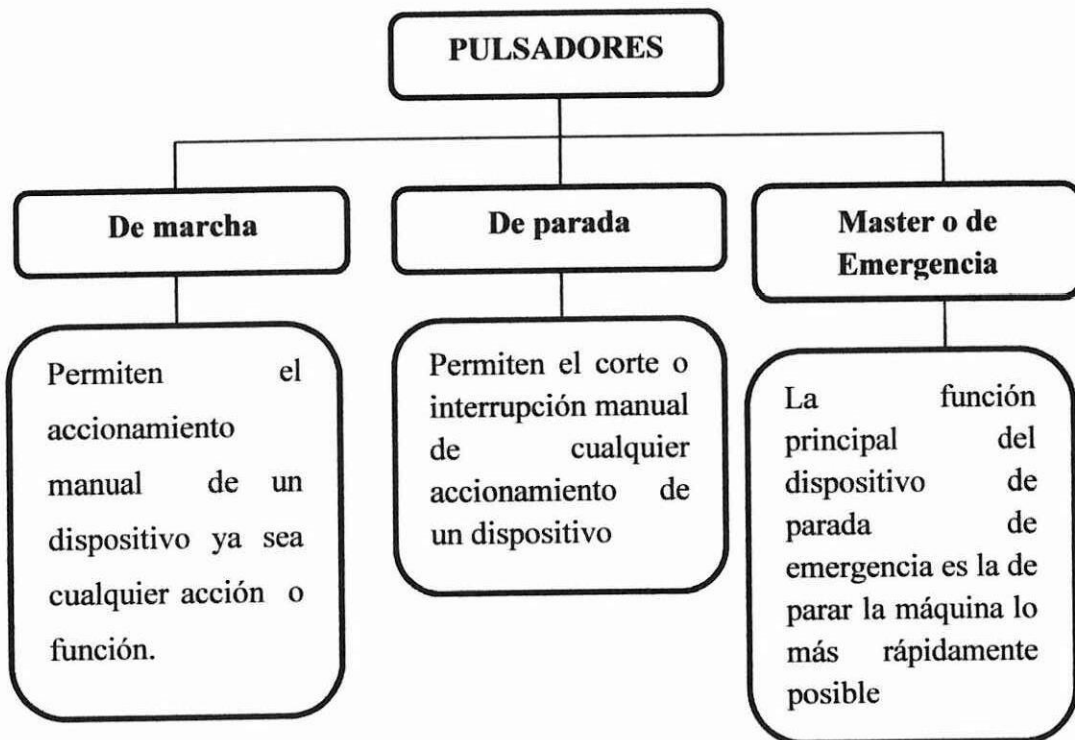
FUENTE: Grupo de Investigación.

1.10.2.3. Pulsadores.

ROLDAN Viloría José (Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada; pág. 36; 2002) aclara que: “Los pulsadores son elementos auxiliares utilizados en maniobras de marcha y parada de circuitos eléctricos”.

Existen una gran variedad de pulsadores dentro de los llamados de marcha y parada, pudiendo ser mixtos y múltiples.

DIAGRAMA N° 1.11
PULSADORES ELÉCTRICOS.



Fuente: Grupo de Investigación.

1.10.2.4. Pantalla o Display

ÁLVAREZ Valdivia Alfredo (Instituto Nacional de Higiene Laboral de España; NTP 678: Pantallas de visualización: tecnologías (I); pág. 1-2; 2001) dice que: “Las pantallas de visualización de datos son un elemento indispensable en la mayoría de trabajos actuales ya que actúa como interfaz entre el trabajador y el ordenador”.

El principio de funcionamiento de una pantalla de plasma consiste en iluminar pequeñas luces fluorescentes de colores para conformar una imagen. Las pantallas de plasma funcionan como las lámparas fluorescentes, en que cada píxel es semejante a un pequeño foco coloreado. Cada uno de los píxeles que integran la pantalla está formado por una pequeña celda estanca que contiene un gas inerte (generalmente neón o xenón). Observe la siguiente figura 1.20:

FIGURA N° 1.20

PANTALLA DISPLAYS



FUENTE: CEMBRANOS Nistal Jesús (Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulico).

CAPÍTULO II

2.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La presente investigación muestra el criterio del 60% de estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, además de los docentes que imparten cada una de las materias que se encuentran dentro de la malla curricular de la Carrera antes mencionada. Mostrando así la factibilidad para llevar a cabo el “Diseño y Construcción de una máquina de pruebas para el control de tiempo, temperatura y humedad en la experimentación del proceso de deshidratación para la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi”.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó la investigación descriptiva donde se pudo conocer el escenario que enfrentan los estudiantes de Ingeniería Agroindustrial al no poseer equipos apropiados para la ejecución de prácticas de laboratorio.

La investigación de campo porque fue desarrollado en la Universidad Técnica de Cotopaxi específicamente en la Carrera de Ingeniería Agroindustrial para hallar el tipo de inconveniente que ésta presenta y poder encontrar las posibles soluciones.

La técnica utilizada en la investigación fue la Encuesta, con el fin de recopilar información muy útil que proporcionarán los docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, la cual se encuentra en el **ANEXO 4**. Esta fue la base para establecer si la investigación era factible de realizarla.

2.2. ANÁLISIS, RESULTADOS Y COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

2.2.1. Análisis e interpretación de los resultados de las encuestas aplicadas a los docentes de la Especialidad de Ingeniería Agroindustrial.

1. ¿Existe maquinaria adecuada que permita a los estudiantes desarrollar destrezas en cuanto al proceso de deshidratación de alimentos?

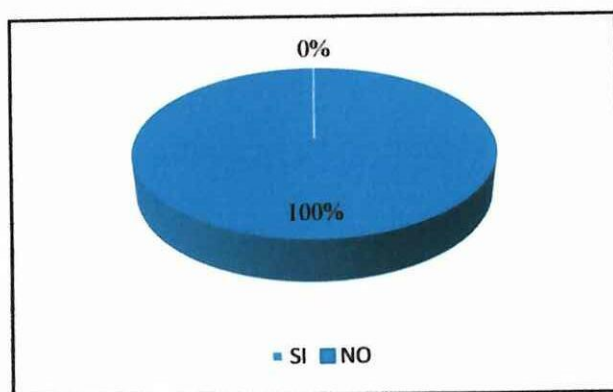
TABLA N° 2.1

PREGUNTA 1	CANTIDAD DOCENTES	PORCENTAJE
SI	0	0%
NO	10	100%
TOTAL	10	100%

ELABORADO POR: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 2.1

ANÁLISIS Y RESULTADOS, PREGUNTA N° 1



ELABORADO POR: Grupo de Investigación

Todos los docentes encuestados coinciden que la falta de maquinaria no permite desarrollar destrezas en los estudiantes, sobre el proceso de deshidratación.

2. ¿Sería de gran importancia la implementación de una máquina de pruebas para la deshidratación de productos alimenticios?

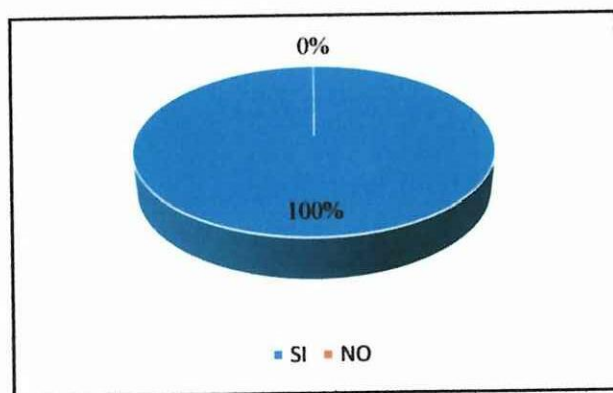
TABLA N° 2.2

PREGUNTA 2	CANTIDAD DOCENTES	PORCENTAJE
SI	10	100%
NO	0	0%
TOTAL	10	100%

ELABORADO POR: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 2.1

ANÁLISIS Y RESULTADOS, PREGUNTA N° 2



ELABORADO POR: Grupo de Investigación

Todos los docentes encuestados concuerdan que es de gran importancia implementar una máquina de pruebas para la deshidratación de productos alimenticios, así de ésta manera ayudará a incrementar sus conocimientos.

3. ¿Considera usted que al poseer una máquina deshidratadora de alimentos se agilice el modo de ejecución de las prácticas que realizan los estudiantes?

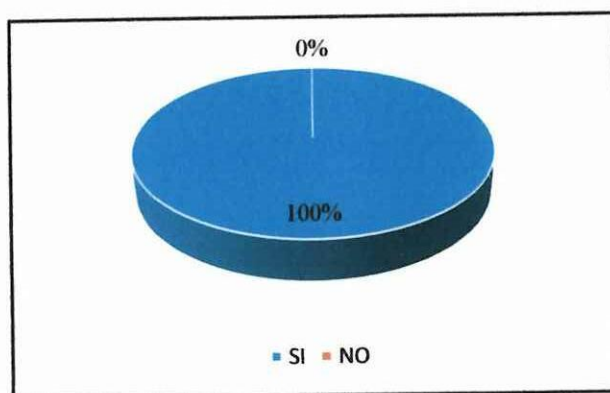
TABLA N° 2.3

PREGUNTA 3	CANTIDAD DOCENTES	PORCENTAJE
SI	10	100%
NO	0	0%
TOTAL	10	100%

ELABORADO POR: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 2.3

ANÁLISIS Y RESULTADOS, PREGUNTA N° 3



ELABORADO POR: Grupo de Investigación

En la pregunta planteada los docentes consideran que al poseer una máquina deshidratadora de alimentos se agiliza el modo de ejecución de las prácticas que realizan los estudiantes, por ende mejora su nivel académico.

4. ¿Según su opinión, al experimentar con variables de tiempo, temperatura y humedad el estudiante puede realizar un análisis del procedimiento más adecuado para un deshidratado más eficiente?

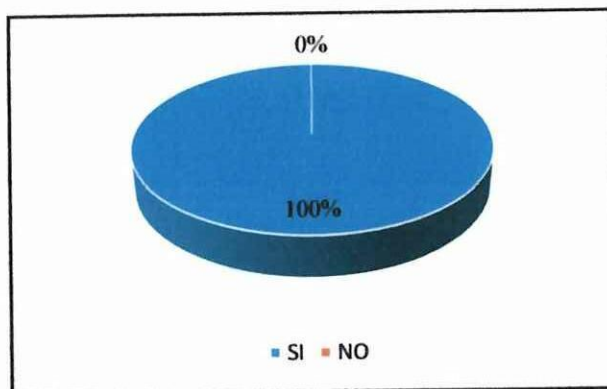
TABLA N° 2.4

PREGUNTA 4	CANTIDAD DOCENTES	PORCENTAJE
SI	10	100%
NO	0	0%
TOTAL	10	100%

ELABORADO POR: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 2.4

ANÁLISIS Y RESULTADOS, PREGUNTA N° 4



ELABORADO POR: Grupo de Investigación

La opinión de todos los docentes es favorable ya que al experimentar con variables de tiempo, temperatura y humedad el estudiante puede realizar un análisis del procedimiento más adecuado para un deshidratado más eficiente.

5. ¿Al desarrollar un mayor número de prácticas de deshidratación de alimentos los estudiantes incrementarán su conocimiento en dicho proceso?

TABLA N° 2.5

PREGUNTA 5	CANTIDAD DOCENTES	PORCENTAJE
SI	10	100%
NO	0	0%
TOTAL	10	100%

ELABORADO POR: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 2.5

ANÁLISIS Y RESULTADOS, PREGUNTA N° 5



ELABORADO POR: Grupo de Investigación

El criterio de los docentes se consolida, refiriéndose que al desarrollar un mayor número de prácticas de deshidratación los estudiantes incrementarán su conocimiento en dicho proceso.

2.2.2. Análisis e interpretación de los resultados de las encuestas aplicadas a los estudiantes de la especialidad de Ingeniería Agroindustrial.

1. ¿Le gustaría que se implemente un laboratorio dentro de la Universidad Técnica de Cotopaxi, donde los estudiantes puedan realizar prácticas de deshidratación de alimentos?

TABLA N° 2.6

PREGUNTA 1	CANTIDAD ALUMNOS	PORCENTAJE
SI	100	100%
NO	0	0%
TOTAL	100	100%

ELABORADO POR: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 2.6

ANÁLISIS Y RESULTADOS, PREGUNTA N°1



ELABORADO POR: Grupo de Investigación

Todos los estudiantes encuestados están de acuerdo que se implemente un laboratorio dentro de la UTC, donde puedan realizar prácticas de deshidratación de alimentos.

2. ¿La ejecución del deshidratado de alimentos le resultaría más eficiente en una máquina que ofrezca sin número de ventajas y sea amigable con el medio ambiente?

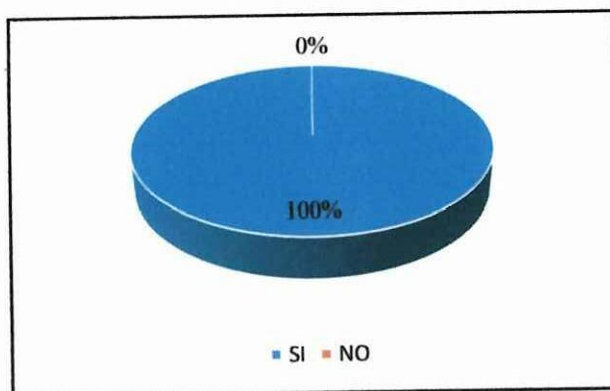
TABLA N° 2.7

PREGUNTA 2	CANTIDAD ALUMNOS	PORCENTAJE
SI	100	100%
NO	0	0%
TOTAL	100	100%

ELABORADO POR: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 2.7

ANÁLISIS Y RESULTADOS, PREGUNTA N° 2



ELABORADO POR: Grupo de Investigación

El total de los estudiantes concuerdan que la ejecución del deshidratado de alimentos si resultaría más eficiente en una máquina que ofrezca sin número de ventajas y sea amigable con el medio ambiente.

3. ¿Es necesario la implementación de una máquina de pruebas para la deshidratación de alimentos?

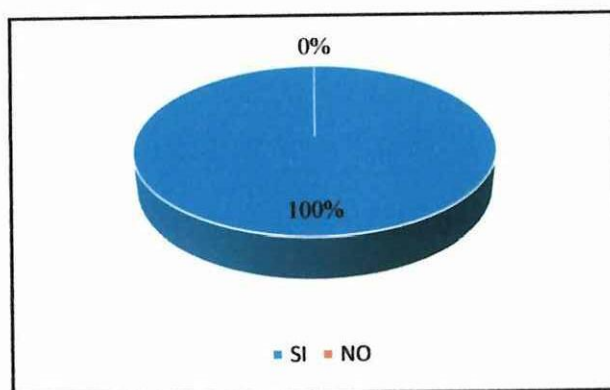
TABLA N° 2.8

PREGUNTA 3	CANTIDAD ALUMNOS	PORCENTAJE
SI	100	100%
NO	0	0%
TOTAL	100	100%

ELABORADO POR: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 2.8

ANÁLISIS Y RESULTADOS, PREGUNTA N° 3



ELABORADO POR: Grupo de Investigación

El 100 % de los alumnos contestan que si es necesario la implementación de una máquina de pruebas para la deshidratación de alimentos en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Unidad Académica CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi..

4. ¿Durante el proceso de deshidratación sería de gran utilidad controlar variables de temperatura y humedad, para una correcta experimentación?

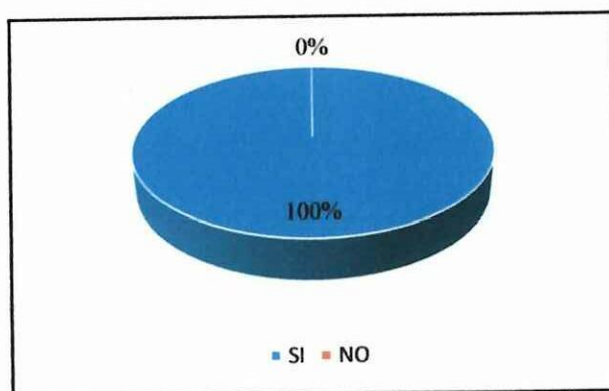
TABLA N° 2.9

PREGUNTA 4	CANTIDAD ALUMNOS	PORCENTAJE
SI	100	100%
NO	0	0%
TOTAL	100	100%

ELABORADO POR: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 2.9

ANÁLISIS Y RESULTADOS, PREGUNTA N° 4



ELABORADO POR: Grupo de Investigación

El total de los alumnos encuestados consideran que es de gran utilidad y necesario controlar variables de temperatura y humedad, para una correcta experimentación durante el proceso de deshidratación de cualquier producto alimenticio.

5. ¿Cree usted conveniente utilizar un sistema moderno de recirculación de aire caliente y rotación de bandejas para un deshidratado uniforme?

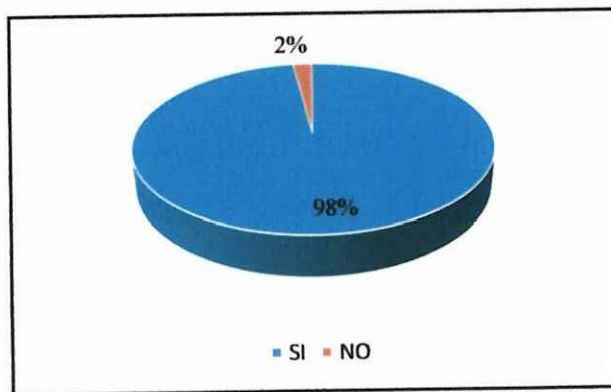
TABLA N° 2.10

PREGUNTA 5	CANTIDAD ALUMNOS	PORCENTAJE
SI	98	98%
NO	2	2%
TOTAL	100	100%

ELABORADO POR: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 2.10

ANÁLISIS Y RESULTADOS, PREGUNTA N° 5



ELABORADO POR: Grupo de Investigación

El 98% de los estudiantes encuestados creen conveniente utilizar un sistema moderno de recirculación de aire caliente y rotación de bandejas para un deshidratado uniforme, y el 2% afirman lo contrario.

6. ¿Piensa usted que al tener una enseñanza teórica - práctica permitirá a los estudiantes comprender de mejor manera el desarrollo en el proceso de deshidratación de alimentos?

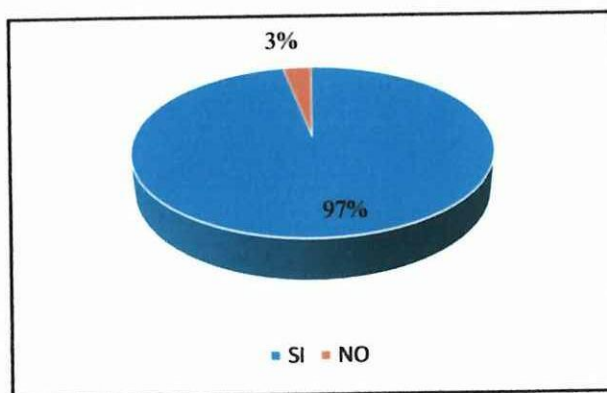
TABLA N° 2.11

PREGUNTA 6	CANTIDAD ALUMNOS	PORCENTAJE
SI	97	97%
NO	3	3%
TOTAL	100	100%

ELABORADO POR: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 2.11

ANÁLISIS Y RESULTADOS, PREGUNTA N° 6



ELABORADO POR: Grupo de Investigación

El 97% de los estudiantes encuestados piensan que al tener una enseñanza teórica – práctica mejorará el desarrollo en el proceso de deshidratación, y el 3% lo niegan.

7. ¿Considera usted necesario que la máquina de pruebas incluya un sistema de alerta sonora en caso de inadecuada operación y paro total automático en caso de avería?

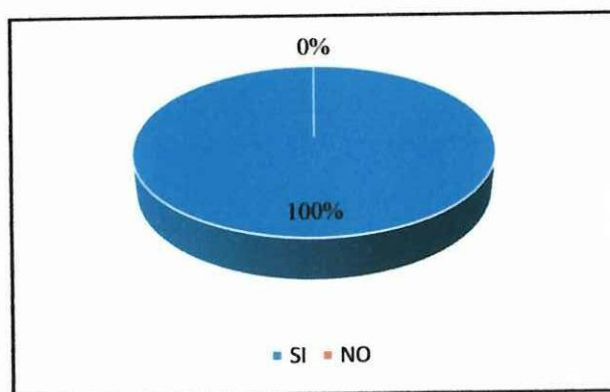
TABLA N° 2.12

PREGUNTA 7	CANTIDAD ALUMNOS	PORCENTAJE
SI	100	100%
NO	0	0%
TOTAL	100	100%

ELABORADO POR: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 2.12

ANÁLISIS Y RESULTADOS, PREGUNTA N° 7



ELABORADO POR: Grupo de Investigación

El total de los estudiantes encuestados concuerdan que la máquina incluya un sistema de alerta sonora en caso de inadecuada operación y paro total automático en caso de avería.

8. ¿Es necesario que la máquina de pruebas cumpla con la norma internacional NSF/ANSI 51 la cual menciona utilizar acero inoxidable de grado alimenticio para el proceso de alimentos?

TABLA N° 2.13

PREGUNTA 8	CANTIDAD ALUMNOS	PORCENTAJE
SI	100	100%
NO	0	0%
TOTAL	100	100%

ELABORADO POR: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 2.13

ANÁLISIS Y RESULTADOS, PREGUNTA N° 8



ELABORADO POR: Grupo de Investigación

El 100% de los estudiantes considera el cumplimiento de la norma internacional NSF/ANSI 51, que menciona utilizar acero INOX de grado alimenticio para el proceso de alimentos.

9. ¿Se considera necesario la visualización en forma digital de los datos de las variables que se controla durante el funcionamiento de la máquina de pruebas?

TABLA N° 2.14

PREGUNTA 9	CANTIDAD ALUMNOS	PORCENTAJE
SI	100	100%
NO	0	0%
TOTAL	100	100%

ELABORADO POR: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 2.14

ANÁLISIS Y RESULTADOS, PREGUNTA N° 9



ELABORADO POR: Grupo de Investigación

El total de los alumnos encuestados considera necesario la visualización en forma digital de los datos de las variables que se controla durante el funcionamiento de la máquina de pruebas.

10. ¿Considera de gran importancia que la máquina deberá poseer un completo manual de funcionamiento y mantenimiento preventivo?

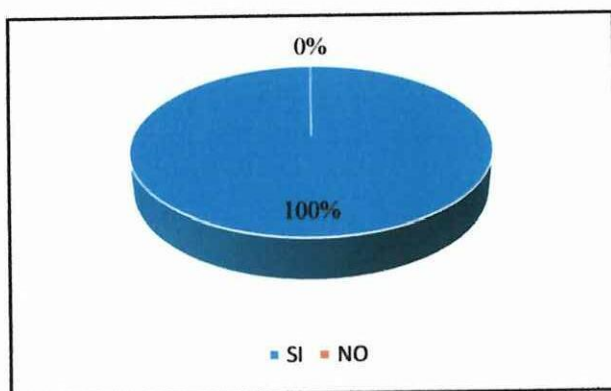
TABLA N° 2.15

PREGUNTA 10	CANTIDAD ALUMNOS	PORCENTAJE
SI	100	100%
NO	0	0%
TOTAL	100	100%

ELABORADO POR: Grupo de Investigación

GRÁFICO N° 2.15

ANÁLISIS Y RESULTADOS, PREGUNTA N° 10



ELABORADO POR: Grupo de Investigación

En general los alumnos encuestados consideran de gran importancia que la máquina deberá poseer un completo manual de funcionamiento y mantenimiento preventivo.

2.2.3. Comprobación de la hipótesis

HIPÓTESIS

¿El diseño y construcción de una máquina de pruebas para el control de tiempo, temperatura y humedad permitirá mejorar la experimentación del proceso de deshidratación de alimentos de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Técnica de Cotopaxi?

Categorías	Frecuencias observadas	Frecuencias esperadas
Afirmación Positiva	10	10
Afirmación Negativa	0	0

$$\text{Frecuencias observadas} \begin{cases} o_1 & = \text{Afirmación positiva} \\ o_2 & = \text{Afirmación negativa} \end{cases}$$

$$\text{Frecuencias esperadas} \begin{cases} e_1 & = \text{Afirmación positiva} \\ e_2 & = \text{Afirmación negativa} \end{cases}$$

Niveles de significancia:

- a) 0,05
- b) 0,01

Aplicando la fórmula del ji cuadrada (χ^2) dado por:

$$\chi^2 = \frac{(o_1 - e_1)^2}{e_1} + \frac{(o_2 - e_2)^2}{e_2}$$

$$x^2 = \frac{(10 - 10)^2}{0} + \frac{(0 - 0)^2}{0}$$

$$x^2 = 0$$

Sabiendo que $K=2$, por tener dos categorías afirmativa y positiva cálculos el número de grados de libertad que es igual a:

$$v - k - 1$$

$$v - 2 - 1$$

$$v - 1$$

- a) El valor crítico $x_{.95}^2$ para 1 grado de libertad es 3,84 (**VER ANEXO 17**). Por lo tanto, como $0 < 3,84$, al nivel de significancia 0,05 se acepta la hipótesis.
- b) El valor crítico $x_{.99}^2$ para 1 grado de libertad es 6,63 (**VER ANEXO 17**). Por lo tanto, $0 < 6,63$ como al nivel de significancia 0,01 se acepta la hipótesis.

Se concluye que al utilizar dos niveles de significancia diferentes y por la razón que los resultados fueron similares la hipótesis es aceptado.

CAPÍTULO III

3.1. TEMA: “CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE TIEMPO, TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA EXPERIMENTACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”.

3.2. DESCRIPCIÓN

La Universidad Técnica de Cotopaxi es una de las principales entidades educativas, formativas a nivel profesional más importantes de la provincia y del país, además se encarga de formar líderes profesionales acorde a las necesidades vigentes que requiere la sociedad. Para cumplir con las exigencias de una eficiente formación académica la universidad posee la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (U. A. CAREN), la cual se deriva en cinco carreras Ing. Agronómica, Ing. Agroindustrial, Ing. En Medio Ambiente, Ing. En Ecoturismo e Ing. Veterinaria.

Los predios universitarios de dicha Unidad Académica se encuentra ubicado actualmente en dos haciendas denominadas Florícola Salache Bajo y Santa Bárbara de Salache. La Carrera de Ingeniería Agroindustrial maneja adecuadamente procesos y técnicas de industrialización promoviendo el diseño, montaje y supervisión de equipos y plantas industriales. Por tal razón se plantea la implementación de una máquina deshidratadora de insumos alimenticios en el laboratorio de dicha carrera, obteniendo mejoras en prácticas de procesos industriales.

3.3 OBJETIVO GENERAL

Construir una máquina de pruebas para el control del tiempo, temperatura y humedad con el propósito de mejorar la experimentación del proceso de deshidratación de alimentos de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

3.3.1 .OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar cálculos de diseño mecánico, eléctrico y de control basados en las variables y necesidades planteadas para su construcción.
- Seleccionar materiales de acuerdo a cálculos obtenidos en el diseño, tomando en cuenta la disponibilidad de la materia prima en el mercado nacional.
- Ejecutar el ensamblaje de la máquina deshidratadora de acuerdo a planos de construcción obtenidos en el diseño.
- Cumplir con los parámetros planteados en las pruebas de funcionamiento

3.4 JUSTIFICACIÓN

Con el aporte investigativo que se realizará sobre el “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE TIEMPO, TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA EXPERIMENTACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, esto facilita al estudiante y al profesor operar, controlar, visualizar y entender que el uso de maquinaria en la actualidad permite experimentar

diferentes variables del proceso de deshidratación con el fin de obtener un producto adecuado rigiéndose a las exigencias de la sociedad moderna.

Durante todo el proceso universitario el estudiante se convertirá en participante activo de la generación del conocimiento, conjuntamente con la ayuda del docente identificarán y experimentaran los parámetros necesarios para una buena deshidratación, obteniendo una óptima eficiencia durante todo el proceso.

Es importante reiterar que todas las actividades que se puedan desempeñar con el uso de esta máquina favorecerán al desarrollo de nuevas formas, métodos de experimentación en el proceso de deshidratación de cualquier insumo alimenticio.

Con el cumplimiento del presente trabajo investigativo los beneficiarios directos serán los estudiantes de la Carrera de Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi ya que por la realización de dichos procedimientos prácticos se trasladan fuera de la institución, lo cual se convierte en pérdida de tiempo y costo económico, además se trata de un centro de producción en donde el estudiante no puede manipular herramientas ni experimentar con diferentes datos, solo se basa en lo que ya está hecho, por el contrario al disponer de una máquina deshidratadora de productos alimenticios en el laboratorio universitario, este podrá despejar sus inquietudes en un experimento manipulando las variables de tiempo, temperatura y humedad obteniendo así sus propias conclusiones.

El proyecto es factible porque se cuenta con los conocimientos adquiridos durante el trayecto estudiantil conjugando el apoyo científico por parte de docentes universitarios quienes pueden guiarnos en todo el proceso de investigación.

Además este proyecto se diseñará con parámetros de construcción debidamente estudiados con la finalidad de no provocar daños al medio ambiente y poder generar una cultura de cuidado al ecosistema.

3.5 REQUERIMIENTOS PARA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

La máquina al momento de ser construida debe detallar los requerimientos funcionales, donde se refiera el cumplimiento con satisfacción de los objetivos planteados para lo cual fue construida, a continuación se denota las siguientes:

TABLA N° 3.1

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.

<ul style="list-style-type: none">➤ La máquina debe deshidratar alimentos ya sea verduras o frutas.	<ul style="list-style-type: none">➤ La temperatura máxima de la máquina deshidratadora es de 70 °C, pues ira variando de acuerdo al producto a deshidratar.
<ul style="list-style-type: none">➤ La máquina tendrá por alcance máximo del producto hasta 50 kg, de acuerdo al peso y textura del alimento.	<ul style="list-style-type: none">➤ La máquina por tratarse de ser una herramienta netamente práctica, tiene que ser de fácil operación.
<ul style="list-style-type: none">➤ Esta máquina debe contar con un manual de operación y de mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none">➤ La máquina trabajara a 110V para evitar excesivo consumo energético.

FUENTE: Grupo de Investigación.

3.6 CÁLCULOS Y DISEÑO DE LA MÁQUINA DESHIDRATADORA DE ALIMENTOS

3.6.1 Selección del Ventilador de Aire.

Para seleccionar el tipo de ventilador que se requiere en la distribución del flujo de aire por medio de las tuberías que circulara por el interior de la máquina deshidratadora se procederá a tomar algunos factores importantes que tiene el ventilador de aire, pues se sabe bien que este elemento trabaja a pies cúbicos por minuto, es decir, CFM que mide la cantidad de un flujo ya sea de gas o líquido, y además se determinara este tipo de elemento ya que es uno de los componentes que tiene contacto directo con el alimento a deshidratar, para lo cual es necesario distinguir que tipo de ventilador se debe tomar en cuenta y utilizar en el proceso de deshidratación.

Con el propósito de determinar la cantidad de flujo de aire que va circular por la máquina deshidratadora se tomó como detalle principal a la zanahoria, por ser unos de los vegetales con mayor nivel de temperatura, humedad y tiempo en el proceso de secado.

Primero para saber el peso necesario de la zanahoria, se procedió de manera experimental, medir por medio de una balanza la cantidad de dicho alimento que va ser colocado en cada una de las bandejas, pues de acuerdo a las dimensiones de la máquina 747mm x 783mm x 1597mm a ser construida, se necesita 18 bandejas que va ser la capacidad total que tendrá la máquina deshidratadora.

Después de medir en la balanza, se denoto como resultado que se requiere de 2,0267 Kg por bandeja que nos da un peso total de 36,48Kg de zanahoria para deshidratar.

3.6.1.1 Cálculo Flujo Másico del Aire.

Pues como se mencionó anteriormente que se tomó en cuenta a la zanahoria para poder denotar el tipo de ventilador que se necesita para la circulación del aire, se considera en el ANEXO 5, donde se muestra la cantidad de humedad inicial (**W_o Zanahoria: 95%**) y además nos proporcionan la humedad final después de haber realizado el proceso de deshidratación (**W_f Zanahoria: 6%**), con el peso total ya medido que es (**m Zanahoria: 36,48Kg**).

También se analiza otros factores tales como la temperatura de entrada y salida del aire, la temperatura en la que se calienta el agua, al principio y final; estos datos se toman de acuerdo a la superficie donde está ubicado el lugar de construcción de la máquina, a continuación se presentan un tabla que muestra los datos mencionados:

Tabla N° 3.2

DATOS TEMPERATURAS DEL AIRE.

AIRE	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD °C
Temperatura Entrada	70 °C
Temperatura Salida	33 °C
Temperatura Promedio	52° C

FUENTE: Grupo de Investigación.

TABLA N° 3.3

DATOS TEMPERATURAS DEL AGUA.

AGUA	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD °C
Temperatura Entrada	17 °C
Temperatura Salida	50 °C
Temperatura Promedio	34 °C

FUENTE: Grupo de Investigación.

Ahora se considera el calor específico del agua (**C_p aire: 1,005 KJ/Kg aire seco**) y también el del aire (**C_p agua: 1,8723 KJ/Kg aire seco**) que se encuentra en el **ANEXO 6.**

Como para el cálculo del flujo másico existe un parámetro necesario para su desarrollo, se necesita la variación de la temperatura del agua y aire, por medio de la Ec. 1.1. Se determina la cantidad de temperatura.

$$\Delta T_{\text{aire}} = (70 - 33) \text{ °C}$$

$$\Delta T_{\text{aire}} = 37 \text{ °C}$$

Resp. 3.1

Por medio del cálculo realizado se pudo obtener la variación de temperatura del aire.

$$\Delta T_{\text{agua}} = (50 - 17) \text{ °C}$$

$$\Delta T_{\text{agua}} = 33 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Resp. 3.2

Aplicando la ecuación anterior se determinó la variación de temperatura del agua.

En el primer capítulo se mencionó que para la selección del ventilador se utilizara la Ec 1.6 que posteriormente será utilizado para el desarrollo del cálculo correspondiente.

Muy bien, se sabe que para tener un valor exacto de la humedad total de la zanahoria se debe restar los valores de la humedad inicial y final por medio de la Ec. 1.3.

$$w = 95\% - 6\%$$

$$w = 89\%$$

Resp. 3.3

Con la ecuación mencionada se adquirió la humedad total de la zanahoria.

Para encontrar el valor de hfg del agua debemos interpolar el valor que se tiene de acuerdo a la T promedio del agua que es 34°C siguiendo la tabla según el ANEXO 7. Al interpolar dicho valor, nos da como resultado **2420,28KJ/Kg** de acuerdo al ANEXO 13.

Entonces tenemos que:

$$m_{\text{aire}} = \frac{m_{\text{zanahoria}} * (0,9 - 0,06) * \left(\frac{1,87\text{KJ}}{\text{Kg}} \cdot \text{K} * 33^{\circ}\text{C}\right) + 2420,28\text{KJ/Kg}}{t * 0,9 * \frac{1,005\text{KJ}}{\text{Kg}} \cdot \text{K} * 37^{\circ}\text{C}}$$

$$m_{\text{aire}} = \frac{m_{\text{zanahoria}}}{t} * \frac{0,89 * \frac{61,786\text{KJ}}{\text{Kg}} \cdot \text{K}^{\circ}\text{C} + 2420,28\text{KJ/Kg}}{0,9 * \frac{1,005\text{KJ}}{\text{Kg}} \cdot \text{K} * 37^{\circ}\text{C}}$$

$$m_{\text{aire}} = \frac{m_{\text{zanahoria}}}{t} * \frac{\frac{2209,0387\text{KJ}}{\text{Kg}} \cdot \text{K}^{\circ}\text{C}}{\frac{33,4665\text{KJ}}{\text{Kg}} \cdot \text{K}^{\circ}\text{C}}$$

$$m_{\text{aire}} = \frac{\text{mzanahoria}}{t} * 66,0075$$

$$m_{\text{aire}} = \frac{36,48\text{Kg}}{64800\text{s}} * 66,0075$$

$$m_{\text{aire}} = 0,0372\text{g/s}$$

Resp. 3.4

3.6.1.2 Cálculo del Flujo Volumétrico

Un parámetro importante para la forma más sencilla y correcta de elegir un ventilador idóneo para la máquina deshidratadora se debe calcular el flujo volumétrico, ya después de haber calculado el valor del flujo másico se puede efectuar el cálculo por medio de los parámetros que se toma en cuenta para la definición del flujo másico.

Unos de los factores primordiales que se debe tomar en cuenta:

- La velocidad del ventilador
- La densidad del aire
- El área de la ubicación del ventilador.

La densidad del aire se encuentra especificado por tablas y se detalla en el ANEXO 8 y se verifica con el valor de ρ $1,2\text{Kg}/\text{m}^3$ y el área de la entrada d la tobera es $0,58\text{m}^2$. Pues bien no se sabe la velocidad que se requiere para la circulación del aire por medio de la tobera que será construida en la parte inferior de la máquina, se debe despejar de Ec. 1.8

$$0,0372\text{Kg/s} = 1,2\text{Kg}/\text{m}^3 V + 0,58\text{m}^2$$

$$V = \frac{0,0372\text{Kg/s}}{\frac{1,2\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0,58\text{m}^2}$$

$$V = \frac{0,037\text{Kg/s}}{0,702\text{Kg/m}}$$

$$V = 0,053\text{m/s}$$

Resp. 3.5

Después de obtenida la velocidad se procede a encontrar el valor del flujo volumétrico con la Ec. 1.7:

$$Q = 0,5849\text{m}^2 * 0,0530\text{m/s}$$

$$Q = 0,031\text{m}^3/\text{s}$$

Resp. 3.6

La distribución de aire por el interior de la máquina se dará por medio de un ventilador centrífugo tipo Blower que es de características excelentes para este tipo de procesos, pues ayuda mucho al desarrollo de la construcción de la máquina.

En el diseño de la máquina se determinó que la dimensión del ventilador blower será de Φ 0,073m, por las características de construcción de la máquina se toma esta medida descrita anteriormente.

Ya identificado la medida del diámetro del ventilador, por consiguiente se prosigue a calcular el área de entrada de la tobera, utilizando la siguiente ecuación:

$$A1 = \pi R^2$$

Como el diámetro del Blower es de Φ 0,073 m, entonces diremos que el radio es $R=0,0365\text{m}$:

$$A1 = \pi * (0,0365\text{m})^2$$

$$A1 = 0,0042\text{m}^2$$

Resp. 3.7

Una vez realizada la operación se procede a seguir buscando variables que nos proporcionen el valor exacto de la potencia a la que debe trabajar el ventilador. Se sabe que en termodinámica una tobera tiene como función principal de incrementar la velocidad de un fluido por medio de la presión, pues bien como nuestra máquina utiliza un sistema adiabático, es decir, la tasa de cambio de energía cinética, potencial es nula, pues entonces para poder encontrar la velocidad inicial al momento que el aire ingresa a la tobera se tiene que:

$$E_{Entrada} - E_{Salida} = dE_{Sistema}/dt$$

$$\dot{m} \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2} \right) = \dot{m} \left(h_2 + \frac{V_2^2}{2} \right)$$

Se considera que la máquina será construida en la ciudad de Latacunga, como nos dice que la presión de esta ciudad es de **101 Kpa** sobre el nivel del mar, y la temperatura es de **17°C**, pues en la ecuación se utiliza entalpías, el valor de la temperatura que está en grados centígrados se transforma a grados kelvin, entonces, queda **°K= 290**.

Ya obtenida la temperatura en grados kelvin, se procede a buscar los valores de la entalpia 1 y 2 que se encuentra denotado en tablas que nos indica el **ANEXO 9**, **$h_1=h@290,15=291,16\text{KJ/Kg}$** y **$h_2=h@300=300,19\text{KJ/Kg}$** . Se escogió estas entalpías porque la diferencia de cada entalpia sobre la otra no puede sobre pasar más del 10%.

Anteriormente se dedujo que la velocidad que circula por la tobera es de **0,0530m/s**, se necesita saber la velocidad con la que ingresa el aire en el interior, entonces se dice que:

$$\left(290,16\text{KJ/Kg} + \frac{V_1^2}{2} \right) = \left(300,19\text{KJ/Kg} + \frac{(0,0530^2\text{m}^2/\text{s}^2)}{2} \right)$$

$$V^2 = 2(300,19\text{KJ/Kg}) - 2(291,16\text{KJ/Kg}) + 0,0530^2\text{m}^2/\text{s}^2$$

$$V^2 = (600,38\text{KJ/Kg} - 580,32\text{KJ/Kg}) + 0,0028\text{m}^2/\text{s}^2$$

$$V^2 = 20,060\text{KJ/Kg} + 0,0028\text{m}^2/\text{s}^2$$

Transformando KJ/Kg a m²/s; tenemos que:

$$\frac{20,060\text{KJ}}{\text{Kg}} \left| \frac{\frac{1000\text{m}^2}{\text{s}^2}}{\frac{1\text{KJ}}{\text{Kg}}} \right| = \mathbf{20060\text{m}^2/\text{s}^2} \quad \text{Resp. 3.8}$$

Entonces:

$$V^2 = \frac{20060\text{m}^2}{\text{s}^2} + \frac{0,0028\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$V^2 = 20060,0028\text{m}^2/\text{s}^2$$

$$V = \sqrt{20060,0028\text{m}^2/\text{s}^2}$$

$$V = \mathbf{141,63\text{m/s}} \quad \text{Resp. 3.9}$$

Por ultimo ya encontrado el resultado de la velocidad, se determina que:

$$Q = 0,0042\text{m}^2 * 141,63\text{m/s}$$

$$Q = \mathbf{0,59\text{m}^3/\text{s}} \quad \text{Resp. 3.10}$$

Transformando de m³/s a CFM, tomando en cuenta que 1cfm es 35,31pies³/min, entonces nos queda que

$$Q = \frac{0,59\text{m}^3}{\text{s}} * \left| \frac{\frac{35,31\text{pies}^3}{\text{min}}}{1\text{m}^3} \right| * \frac{60\text{s}}{1\text{min}}$$

$$Q = \mathbf{1260,44CFM} \quad \text{Resp. 3.11}$$

Una vez obtenido el valor de la velocidad del ventilador que es de $Q = 1260,44CFM$, se realiza el debido análisis, y se llega a la conclusión de que si el ventilador trabaja a 110V con soporte de 4 Amp de corriente y el caudal de flujo

de aire anteriormente mencionado, es necesario trabajar con un ventilador de tipo blower que trabaje a velocidad de **3600 rpm** ver **ANEXO 14**.

3.6.2 Selección de las Niquelinas.

3.6.2.1 Cálculo del Balance de Energía

En el cálculo del balance de energía, debemos encontrar el consumo de energía que está provoca, pues los materiales de construcción de la máquina son netamente de acero INOX y para el recubrimiento de soporte de la temperatura es conveniente utilizar fibra de vidrio y en la puerta de la máquina para que se pueda observar el proceso de deshidratación tendremos como material al vidrio templado que en sus características primordiales es soportar temperaturas elevadas.

3.6.2.2 Perdida de energía calorífica por conducción del recubrimiento.

Primero empezaremos a calcular la energía calorífica de la fibra de vidrio, en el **ANEXO 10** se detalla que la conductividad térmica es: **K= 0,043W/mK**. Sin embargo, sabemos que la temperatura máxima será de **70 °C** y la temperatura ambiente es de **17 °C**, y el área de las paredes donde será ubicado la fibra de vidrio es **1,597m²**.

De acuerdo a la Ec. 1.9:

$$Q_{\text{Conducción}} = 0,043W/mK * 1,597m^2 * \frac{(70 - 17)^\circ C}{0,1m}$$

$$Q_{\text{Conducción}} = 0,043W/mK * 1,597m^2 * \frac{53^\circ C}{0,1m}$$

$$Q_{\text{Conducción}} = \frac{0,043W}{mK} * 1,597m^2 * 530K$$

$$Q_{\text{Conducción}} = 36,396W$$

Resp. 3.12

Por tener 4 paredes, tenemos que multiplicar:

$$Q_{\text{Conducción}} = 36,396W * 4$$

$$Q_{\text{Conducción}} = 145,58W \quad \text{Resp. 3.13}$$

Ahora, corresponde calcular la conductividad térmica del vidrio templado: $K=1,05W/mK$, este dato se encuentra en el ANEXO 11.

$$Q_{\text{Conducción}} = 1,05W/mK * 1,597m^2 * \frac{(70 - 17)^{\circ}C}{0,1m}$$

$$Q_{\text{Conducción}} = 1,05W/mK * 1,597m^2 * \frac{53^{\circ}C}{0,1m}$$

$$Q_{\text{Conducción}} = \frac{1,05W}{mK} * 1,597m^2 * 530K$$

$$Q_{\text{Conducción}} = 888,73W \quad \text{Resp. 3.14}$$

Entonces decimos que el consumo total de energía es sumando las pérdidas caloríficas de la fibra de vidrio y vidrio templado con la ecuación:

$$Q_{\text{Conducción total}} = \text{Fibra de vidrio} + \text{vidrio templado}$$

$$Q_{\text{Conducción total}} = 145,58W + 888,73W$$

$$Q_{\text{Conducción total}} = 1034,31W \quad \text{Resp. 3.15}$$

3.6.2.3 Cálculo de la potencia requerida en las niquelinas

El cálculo de la potencia requerida para la selección de las niquelinas que ayudaran a generar el calor necesario que fluya por los ductos internos, a temperaturas aplicadas para el proceso de deshidratación se dará de acuerdo a la siguiente Ec. 1.10:

Se considera que la temperatura 1 es de **T1: 17 °C** y la temperatura 2 es **T2: 70°C**, como **Q= 0,0372Kg/s**, necesitamos conocer Δh la variación de entalpías, pues solo se puede determinar por medio de la psicometría utilizando la carta psicométrica, donde tendremos que representar la humedad relativa, el coeficiente de la humedad absoluta y sin duda los valores de las temperaturas indicadas.

En el **ANEXO 12** se observa que al momento de graficar en la carta psicométrica se pudo hallar los siguientes valores.

TABLA N° 3.4

VALORES ESPECÍFICOS DEL DIAGRAMA PSICOMÉTRICO

T1: 17°C	HR: 90%	W: 0,012 Kg/Kg aireseco	h1: 47 KJ/Kg aireseco
T2: 70 °C	HR: 5%	W: 0,012 Kg/Kg aireseco	h1: 106 KJ/Kg aireseco

FUENTE: Grupo de Investigación.

Obtenidas los valores de la h_1 y h_2 , procedemos a desarrollar el cálculo, hay que tener como dato principal que Δh es igual a $(h_2 - h_1)$.

$$P = 0,0372Kg/s * (106KJ/Kgaireseco - 47KJ/Kg aire seco)$$

$$P = 0,0372Kg/s * 59KJ/Kg aire seco$$

$$P = 2,19KJ/s$$

Resp. 3.16

Después de encontrar el valor de P, se suman $Q_{Conducción total}$, para considerar la potencia total requerida a la que se necesite las niquelinas.

$$P = 1,688KJ/s + Q_{Conducción total}$$

$$P = 2,19KJ/s + 1,034KJ/s$$

$$P = 3,229KJ/s$$

Resp. 3.17

3.6.3 Selección del Intercambiador de Calor.

3.6.3.1 Cálculo del calor que se transmite por el radiador o intercambiador de calor.

Para determinar el calor que se genera por medio del intercambiador se define por medio de la ecuación:

$$\Delta E_{\text{Sistema}} = E_{in} - E_{out}$$

Donde utiliza un sistema adiabático es decir que la generación de energías es nulas, por ser un sistema estable $\Delta E_{\text{Sistema}} = 0$; Entonces decimos que:

$$E_{in} = E_{out}$$

Dónde:

$$mh1 = Q_{out} + mh2$$

Para saber el valor de Q utilizamos la Ec. 1.11:

$$Q_{out} = \frac{0,0372Kg}{s} * \frac{1,005KJ}{KG} * (70^{\circ}C - 17^{\circ}C)$$

$$Q_{out} = \frac{0,0372Kg}{s} * \frac{1,005KJ}{Kg} * (53^{\circ}C)$$

$$Q_{out} = 1,98KJ/s$$

Resp. 3.18

Después de haber realizado el cálculo del calor que pasa por la tubería del intercambiador del calor, se procede a desarrollar la deducción de la temperatura de salida en el radiador en la parte la tobera que se conecta en la parte inferior de la máquina de acuerdo a la siguiente ecuación

$$m = \frac{P * V}{R * T}$$

Por no tener la velocidad, se requiere calcular de acuerdo a la misma utilizando la siguiente ecuación:

$$m \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2} \right) = m \left(h_2 + \frac{V_2^2}{2} \right)$$

$$\left(290,16 \text{KJ/Kg} + \frac{V_1^2}{2} \right) = \left(300,19 \text{KJ/Kg} + \frac{(141,63^2 \text{m}^2/\text{s}^2)}{2} \right)$$

$$V^2 = 2(300,19 \text{KJ/Kg}) - 2(291,16 \text{KJ/Kg}) + 141,63^2 \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$V^2 = (600,38 \text{KJ/Kg} - 580,32 \text{KJ/Kg}) + 20059,056 \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$V^2 = 20,0600 \text{KJ/Kg} + 20059,056 \text{m}^2/\text{s}^2$$

Transformando KJ/Kg a m²/s, tenemos que:

$$\frac{20,0600 \text{KJ}}{\text{Kg}} \left| \frac{\frac{1000 \text{m}^2}{\text{s}^2}}{\frac{1 \text{KJ}}{\text{Kg}}} \right| = \mathbf{20060 \text{m}^2/\text{s}^2} \quad \text{Resp. 3.19}$$

Entonces:

$$V^2 = 20060 \text{m}^2/\text{s}^2 + 20059,056 \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$V^2 = 40119,056 \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$V = \sqrt{40119,056 \text{m}^2/\text{s}^2}$$

$$V = \mathbf{200,29 \text{m/s}}$$

Resp. 3.20

Ya obtenido el valor de la velocidad se procede a calcular el flujo volumétrico para denotar su valor:

$$Q = A * V$$

$$Q = 0,4m * 200,29m/s$$

$$Q = 80,119m^2/s \quad \text{Resp. 3.21}$$

Entonces procedemos a tomar en cuenta a $m = \frac{P*V}{R*T}$, sin antes recalcar que nuestra constante R equivale a $0,287KPa m^3/KgK$:

$$m = \frac{101KPa * 80,119m^2/s}{0,287KPa m^3/KgK * 290,15K}$$

$$m = 97,17Kg/s \quad \text{Resp. 3.22}$$

Finalmente para saber el valor de la temperatura se tiene que utilizar la Ec. 1.11 y despejar T_{out} :

$$T_{out} = 290,15K + \frac{1,98KJ/Kg}{97,17Kg/s * 1,005K}$$

$$T_{out} = 290,15K + 0,020K$$

$$T_{out} = 290,17K \quad \text{Resp. 3.23}$$

3.6.4 Cálculo del tiempo de deshidratado.

Por último para obtener un proceso de deshidratación eficaz, es necesario calcular el tiempo estimado para el desarrollo de secado del producto, por medio del siguiente análisis:

1. Pues bien si sabemos que el flujo másico es de $0,037\text{Kg/s}$ y le estimamos un tiempo de 3600s , pero para saber el resultado tenemos que obtener en Kg/h , entonces tenemos que:

$$m = \frac{0,037\text{Kg}}{\text{s}} * \left| \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} \right|$$

$$m = 133,92\text{Kg/h}$$

Resp. 3.24

2. Si realizamos el mismo análisis, utilizando en cambio el flujo volumétrico queda que:

$$m = \rho * V$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{0,0372\text{Kg/s}}{1,2\text{Kg/m}^3}$$

$$V = \frac{0,0310\text{m}^3}{\text{s}} \left| \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} \right|$$

$$V = 111,60\text{m}^3/\text{h}$$

Resp. 3.25

3. Al igual que los anteriores análisis, ahora si el aire de salida tiene 90% y cantidad de agua desalojada de $0,06\%$ tendríamos que: **W_o: 0,011Kgagua/Kg aire seco** y **W_f: 0,030Kg agua/Kg aire seco**, estos parámetros se encuentran en el **ANEXO 12** grafica de la carta psicométrica: Entonces disponemos a calcular:

$$133,92\text{Kg/h} * (0,030 - 0,011)\text{Kgagua/Kg aire seco}$$

$$133,92\text{Kg/h} * 0,019$$

$$2,12\text{kg/h}$$

Resp. 3.26

4. Además para sacar 30,48 Kg de agua contenido en 36,48 Kg de zanahoria se requiere el tiempo de:

$$\text{Si } 30,48 \text{ Kg} = 2,12 \text{Kg/h}$$

$$t = \frac{30,48 \text{ Kg}}{2,12 \text{Kg/h}}$$

$$t = 14,37 \text{ h}$$

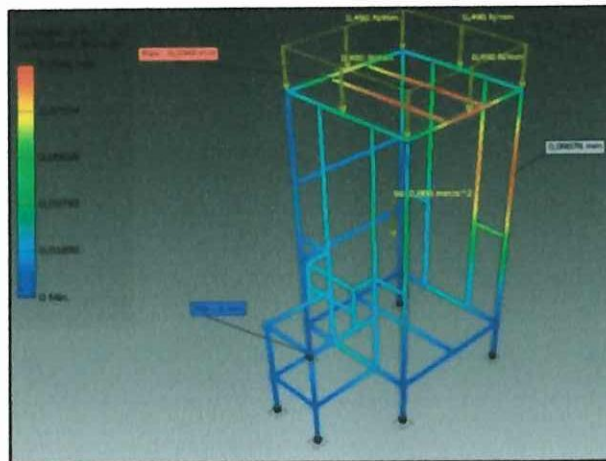
Resp. 3.27

Decimos que el producto a deshidratarse necesita $t = 14,37 \text{ h}$ que es el tiempo estimado.

3.7 Bastidores

Para el análisis de desplazamiento del bastidor se utilizó el software de simulación mecánica donde nos permitió conocer en qué punto la estructura de la máquina existe mayor flexión aplicando 50Kg., donde el desplazamiento en milímetros 0.0948 mm lo que aceptable para nuestra estructura y el ensamblaje de la máquina deshidratadora.

GRÁFICO N° 3.1



FUENTE: Grupo de Investigación

3.8 Conexión eléctrica

Para realizar la conexión eléctrica se realizar los esquemas de mando, el cual se identifica cada elemento que aportará en la protección del circuito, que en este caso el componente de protección, serán los disyuntores electromagnéticos, conjuntamente con los relés que ayudaran a desconectar o cortar el paso de corriente, al momento de que ocurra alguna anomalía, y los contactores que son elementos importantes en el circuito, ellos generan todo el trabajo en el sistema de mando de la máquina. El diagrama de control está conformado por el controlador de temperatura y humedad, también de los sensores, de los pulsadores de marcha, paro y de paro de emergencia, esto se muestra en el plano del **ANEXO 16**.

Conclusiones:

Después de terminar el diseño y construcción de la máquina de pruebas para el control de temperatura, humedad y tiempo para el proceso de deshidratación, ya realizadas las respectivas pruebas que demuestre el debido funcionamiento se considera las siguientes conclusiones.

- Durante el proceso de deshidratación se obtuvo un excelente flujo de aire forzado, distribuyéndose uniformemente a cada una de las bandejas y a la vez arrastra humedad hasta el punto de ser desecadas por capilaridad de las fibras del producto a deshidratar.
- Los sensores tanto de humedad y temperatura operan con total eficiencia manteniendo los parámetros definidos previamente por el operario durante el funcionamiento de la máquina deshidratadora.

- En el proceso de deshidratación de alimentos se llegó a comprobar que no existe contaminación de ninguna clase de la máquina hacia el alimento, de esta manera se comprobó la efectividad del acero inoxidable 304.
- El aislamiento térmico cumple correctamente con su función, evitando fugas de calor hacia el exterior gracias al espesor de sus paredes de 50mm.
- Se logró un ahorro de energía promedio del 5% de energía eléctrica al incorporar dos intercambiadores de calor en su entrada, los cuales elevan la temperatura en 2,3°C adicionales a la temperatura ambiente del aire.
- El sistema de control se lo realizó a través de un programador de fácil acceso a todas sus aplicaciones operacionales, lo cual lo hace muy didáctico al momento de poner en marcha el artefacto.
- La máquina deshidratadora cumple con la capacidad promedio de 32 kg obteniendo un excelente resultado de calidad de producto, cumpliendo de ésta manera cada uno de los objetivos requeridos para su funcionamiento.
- En la carrera de Ingeniería Agroindustrial con la implementación de la máquina deshidratadora de alimentos se pudo mejorar el proceso y producción de alimentos deshidratados para beneficio de dicha de carrera.

Recomendaciones:

Una vez realizadas las debidas conclusiones de la construcción de la máquina. Se procede a desarrollar las respectivas recomendaciones que se debe tomar en cuenta para el uso de la máquina de pruebas, y a la vez será de gran ayuda en el proceso de deshidratación, con las cuales se señalan las siguientes recomendaciones:

- Al momento de deshidratar, se debe tomar en cuenta la capacidad del producto a procesar, sin exceder el peso total que las bandejas pueden soportar, para no causar averías en los elementos de la máquina y defectos en el desarrollo del deshidratado del producto.
- Es recomendable difundirlas instrucciones del manual al usuario de la máquina deshidratadora de alimentos, para no tener ningún inconveniente en su funcionamiento y operación.
- Para deshidratar cualquier producto alimenticio, éste deberá estar lavado y picado uniformemente de acuerdo a las exigencias del usuario y además ayuda a obtener calidad al final del proceso de deshidratación.
- Deshidratar cada alimento a temperaturas no mayores de 50 °C a 70 °C, pues si se deshidrata a una temperatura elevada a la requerida, no obstante el producto se puede cocinar o quemar afectando todo el proceso de deshidratación.
- A futuro construir una máquina deshidratadora de alimentos de mayor capacidad, con similares características y parámetros técnicos de funcionamiento para producción en masa de grandes industria.

ANEXOS

ANEXO 1

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO INOXIDABLE 304

<http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20304.pdf>

ACERO INOXIDABLE 304 (UNS S30400)

1. Descripción: este es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidable de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolo y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.

2. Normas involucradas: ASTM A 276

3. Propiedades mecánicas: Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)
Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)
Elongación 30 % (en 50mm)
Reducción de área 40 %
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.8 g/cm³ (0.28 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.08 % C min
2.00 % Mn
1.00 % Si
18.0 - 20.0 % Cr
8.0 - 10.5 % Ni
0.045 % P
0.03 % S

6. Usos: sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

7. Tratamientos térmicos: este acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, caliente entre 1010 y 1120°C y enfríe rápidamente.

NOTA:

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se esperan cumplir el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores definitivamente exactos para su uso en el diseño.

ACERO INOXIDABLE - AISI 304

ANEXO 2

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO INOXIDABLE 430

<http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20430.pdf>

ACERO INOXIDABLE 430 (UNS S43000)

1. **Descripción:** es un acero inoxidable que no es tratable térmicamente que combina la buena resistencia a la corrosión y características de conformado con propiedades mecánicas útiles. Su habilidad de resistir el ataque del ácido nítrico permite usarlo en aplicaciones químicas específicas pero su mayor aplicación es la de fabricación de componentes de adorno. Tiene buena resistencia a una amplia variedad de medios corrosivos, incluyendo el ácido nítrico y otros ácidos orgánicos. Alcanza su máxima resistencia a la corrosión cuando está altamente pulido. Resiste a la oxidación en servicio intermitente hasta 870 °C y hasta 815°C en servicio continuo. Este grado es quebrado a temperatura ambiente luego de un calentamiento prolongado entre 400 y 595°C. Esto se puede eliminar con el recocido.

2. **Normas involucradas:** ASTM A 176 / A 240

3. **Propiedades mecánicas:** Resistencia a la fluencia 205 MPa (30 KSI)
Resistencia máxima 450 MPa (65 KSI)
Elongación 22 % (en 50mm)
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

4. **Propiedades físicas:** Densidad 7.8 g/cm³ (0.28 lb/in³)

5. **Propiedades químicas:** 0.12 % C
1.00 % Mn
1.00 % Si
16.0 – 18.0 % Cr
0.04 % P
0.03 % S

6. **Usos:** para adornos, herramientas para chimenea, tanques para ácido nítrico, lavaplatos oestis para recocido, equipos para restaurantes, cámaras de combustión, campanas de extractores de gases.

7. **Tratamientos térmicos:** el recocido se da con calentamiento entre 815 – 850 °C, mantenimiento de 30 minutos por cada 13mm de espesor, enfriamiento lento en el horno hasta 625 °C y luego enfriamiento rápido en aire. Este grado no es endurecible por tratamiento térmico.

NOTA:

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumplir el material. Tales valores son para orientar a quien desee que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores exactamente exactos para su uso en el diseño.

ACERO INOXIDABLE - AISI 430

ANEXO 3

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL TUBO MECÁNICO CUADRADO

http://www.dipacmanta.com/images/pdf/descargas/catalogo_tuberia.pdf



TUBO MECÁNICO CUADRADO

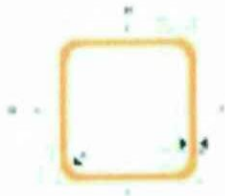
Especificaciones Generales

- Norma:** ASTM A 513
- Designación:** Negro o Galvanizado
- Indicaciones:** A 304
- Dimensiones:** Desde 1/2" a 2"
- Longitud:** Desde 10' hasta 20' en 5'.



CUADRADO

Dimensiones		Área		Peso (kg/m)		
A (mm)	Espesor (mm)	PCAO (kg/m)	ÁREA (cm ²)	W (mm)	W (mm)	W (mm)
12	0,8	0,29	0,37	0,06	0,14	0,40
12	1,0	0,27	0,30	0,11	0,18	0,47
14	0,8	0,36	0,44	0,14	0,20	0,54
14	1,0	0,44	0,47	0,20	0,26	0,61
20	0,8	0,49	0,47	0,28	0,34	0,70
20	1,0	0,60	0,60	0,35	0,41	0,77
20	1,2	0,72	0,60	0,43	0,49	0,77
25	1,0	0,69	1,04	0,38	0,44	0,74
25	1,2	0,81	0,77	0,46	0,51	0,80
25	1,4	0,76	1,04	0,54	0,60	0,80
25	1,6	0,90	1,04	0,62	0,67	0,87
30	1,0	1,02	1,33	0,71	0,77	0,90
30	1,2	0,74	0,60	0,79	0,84	1,01
30	1,4	0,80	1,27	0,87	1,04	1,09
30	1,6	1,04	1,28	0,95	1,23	1,30
30	1,8	1,23	1,03	1,14	1,47	1,35
40	1,0	0,69	1,25	0,71	1,01	1,30
40	1,2	1,23	1,71	0,82	1,16	1,39
40	1,4	1,47	1,96	0,94	1,34	1,59
40	1,6	1,60	2,23	1,04	1,54	1,84
50	1,0	0,84	2,04	0,70	1,12	1,59
50	1,2	2,23	2,85	1,10	1,60	2,07



CONDICIONES

- W: Área de la sección transversal del tubo (cm²)
- W: Área de la sección transversal del tubo (mm²)
- W: Área de la sección transversal del tubo (mm²)
- W: Área de la sección transversal del tubo (mm²)

ANEXO 4

GUÍAS DE ENCUESTAS PARA LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO

GRUPO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE TIEMPO, TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA EXPERIMENTACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”.

OBJETIVO: Recopilar información que permita conocer parámetros necesarios para el diseño y construcción de una máquina de pruebas, donde los estudiantes desarrollaran sus prácticas de deshidratación.

DIRIGIDO: A docentes

INSTRUCCIONES: Al llenar el cuestionario se pide contestar las preguntas con seriedad, puesto que de sus respuestas depende el buen desarrollo de la investigación.

Marque con una X la opción que usted ha elegido como la más adecuada.

CUESTIONARIO

1. ¿Existe maquinaria adecuada que permita a los estudiantes desarrollar destrezas en cuanto al proceso de deshidratación de alimentos?

Sí No

2. ¿Sería de gran importancia la implementación de una máquina de pruebas para la deshidratación de productos alimenticios?

Sí No

3. ¿Considera usted que al poseer una máquina deshidratadora de alimentos se agilice el modo de ejecución de las prácticas que realizan los estudiantes?

Sí No

4. ¿Según su opinión, al experimentar con variables de tiempo, temperatura y humedad el estudiante puede realizar un análisis del procedimiento más adecuado para un deshidratado más eficiente?

Sí No

5. ¿Al desarrollar un mayor número de prácticas de deshidratación de alimentos los estudiantes incrementarán su conocimiento en dicho proceso?

Sí No

6. Describa un factor importante con el que deberá contar la máquina de pruebas para mejorar el proceso de deshidratación.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE TIEMPO, TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA EXPERIMENTACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”.

OBJETIVO: Recopilar información que permita conocer parámetros necesarios para el diseño y construcción de una máquina de pruebas, donde los estudiantes desarrollaran sus prácticas de deshidratación.

DIRIGIDO: A estudiantes

INSTRUCCIONES: Al llenar el cuestionario se pide contestar las preguntas con seriedad, puesto que de sus respuestas depende el buen desarrollo de la investigación.

Marque con una X la opción que usted ha elegido como la más adecuada.

CUESTIONARIO

1. ¿Le gustaría que se implemente un laboratorio dentro de la Universidad Técnica de Cotopaxi, donde los estudiantes puedan realizar prácticas de deshidratación de alimentos?

Sí

No

2. ¿La ejecución del deshidratado de alimentos le resultaría más eficiente en una máquina que ofrezca sin número de ventajas y sea amigable con el medio ambiente?

Sí No

3. ¿Es necesario la implementación de una máquina de pruebas para la deshidratación de alimentos?

Sí No

4. ¿Durante el proceso de deshidratación sería de gran utilidad controlar variables de temperatura y humedad, para una correcta experimentación?

Sí No

5. ¿Cree usted conveniente utilizar un sistema moderno de recirculación de aire caliente y rotación de bandejas para un deshidratado uniforme?

Sí No

6. ¿Piensa usted que al tener una enseñanza teórica - práctica permitirá a los estudiantes comprender de mejor manera el desarrollo en el proceso de deshidratación de alimentos?

Sí No

7. ¿Considera usted necesario que la máquina de pruebas incluya un sistema de alerta sonoro en caso de inadecuada operación y paro total automático en caso de avería?

Sí No

8. ¿Es necesario que la máquina de pruebas cumpla con la norma internacional NSF/ANSI 51 la cual menciona utilizar acero inoxidable de grado alimenticio para el proceso de alimentos?

Sí No

9. ¿Se considera necesario la visualización en forma digital de los datos de las variables que se controla durante el funcionamiento de la máquina de pruebas?

Sí No

10. ¿Considera de gran importancia que la máquina deberá poseer un completo manual de funcionamiento y mantenimiento preventivo?

Sí No

ANEXO 5

RECOMENDACIONES DE TEMPERATURA HUMEDAD RELATIVA

<http://www.insacan.org/racvao/anales/1992/articulos/04-1993-09.pdf>

Recomendaciones de temperatura, humedad relativa y vida aproximada de transporte y almacenamiento para frutas y hortalizas

Producto	Temperatura		Humedad Relativa (por ciento)	Vida aproximada de almacenamiento
	°C	°F		
Amarnanto (<i>Amaranth</i>)	0-2	32-36	95-100	10-14 días
Anise (<i>Anis</i>)	0-2	32-36	90-95	2-3 semanas
Apples (<i>Manzanas</i>)	-1-4	30-40	90-95	1-12 meses
Apricots (<i>Albaricoques</i>)	-0.5-0	31-32	90-95	1-3 semanas
Artichokes, globe (<i>Alacachofa, globo</i>)	0	32	95-100	2-3 semanas
Asianpear (<i>Pera asiática</i>)	1	34	90-95	5-6 meses
Asparagus (<i>Espárrago</i>)	0-2	32-36	95-100	2-3 semanas
Atemoya (<i>Atemoya</i>)	1-3	55	85-90	4-6 semanas
Avocados, Fuerte, Hass (<i>Aguacate, Fuerte, Hass</i>)	7	45	85-90	2 semanas
Avocados, Lula, Booth-1 (<i>Aguacate, Lula, Booth-1</i>)	4	40	90-95	4-8 semanas
Avocados, Fuchs, Pollock (<i>Aguacate, Fuchs, Pollock</i>)	13	55	85-90	2 semanas
Babaco (<i>Babaco</i>)	7	45	85-90	1-3 semanas
Bananas, green (<i>Banano, verde</i>)	13-14	56-58	90-95	1-4 semanas
Barbados cherry (<i>Cereza de Barbados</i>)	0	32	85-90	7-8 semanas
Beansprouts (<i>Retonos de frijol</i>)	0	32	95-100	5-9 días
Beans, dry (<i>Frijol seco</i>)	4-10	40-50	40-50	6-10 meses
Beans, green or snap (<i>Ejotes</i>)	4-7	40-45	95	7-10 días
Beans, lima, in pods (<i>Frijol, lima, envainas</i>)	5-6	41-43	95	5 días
Beets, bunched (<i>Remolacha, manojos</i>)	0	32	98-100	10-14 días
Beets, topped (<i>Remolacha, deshojada</i>)	0	32	98-100	4-6 meses
Belgianendive (<i>Endivia belga</i>)	2-3	36-38	95-98	2-4 semanas

Bittermelon (<i>Melón amargo</i>)	12-13	53-55	85-90	2-3 semanas
Black sapote (<i>Zapote negro</i>)	13-15	55-60	85-90	2-3 semanas
Blackberries (<i>Mora</i>)	-0.5-0	31-32	90-95	2-3 días
Bloodorange (<i>Naranjas sanguina</i>)	4-7	40-44	90-95	3-8 semanas
Blueberries (<i>Arandano</i>)	-0.5-0	31-32	90-95	2 semanas
Bokchoy (<i>Bokchoy</i>)	0	32	95-100	3 semanas
Boniato (<i>Boniato</i>)	13-15	55-60	85-90	4-5 meses
Bread fruit (<i>Fruta del pan</i>)	13-15	55-60	85-90	2-6 semanas
Broccoli (<i>Brocoli</i>)	0	32	95-100	10-14 días
Brussels sprouts (<i>Col de bruselas</i>)	0	32	95-100	3-5 semanas
Cabbage, early (<i>Repollo, temprano</i>)	0	32	98-100	3-6 semanas
Cabbage, late (<i>Repollo, tardío</i>)	0	32	98-100	5-6 meses
Cactus leaves (<i>Hojas de cacto</i>)	2-4	36-40	90-9S	3 semanas
Cactus Pear (<i>Tuna</i>)	2-4	36-40	90-95	3 semanas
Caimito (<i>Caimito</i>)	3	38	90	3 semanas
Calabaza (<i>Calabaza</i>)	10-13	50-55	50-70	2-3 meses
Calamondin (<i>Calamondin</i>)	9-10	48-50	90	2 semanas
Canistel (<i>Canistel</i>)	13-15	55-60	85-90	3 semanas
Cantaloups [3/4-slip] (<i>Cantalupo [3/4 slip]</i>)	2-5	36-41	95	15 días
Cantaloups [full-slip] (<i>Cantalup [slip entero]</i>)	0-2	32-36	95	5-14 días
Carambola (<i>Carambola</i>)	9-10	48-50	85-90	3-4 semanas
Carrots, bunched (<i>Zanahoria, manojó</i>)	0	32	95-100	2 semanas
Carrots, mature (<i>Zanahoria, madura</i>)	0	32	98-100	7-9 meses
Carrots, immature (<i>Zanahoria, tierna</i>)	0	32	98-100	4-6 semanas
Cashewapple (<i>Marañón</i>)	0-2	32-36	85-90	5 semanas
Cauliflower (<i>Coliflor</i>)	0	32	95-98	3-4 semanas
Celeriac (<i>Celeriac</i>)	0	32	97-99	6-8 meses
Celery (<i>Apio</i>)	0	32	98-100	2-3 meses
Chard (<i>Acelga</i>)	0	32	95-100	10-14 días
Chayote squash (<i>Chayote</i>)	7	45	85-90	4-6 semanas
Cherimoya (<i>Chirimoya</i>)	13	55	90-95	2-4 semanas
Cherries, sour (<i>Cerezas, amargas</i>)	0	32	90-95	3-7 días
Cherries, sweet (<i>Cerezas, dulces</i>)	-1-0.5	30-	90-95	2-3 semanas

		31		
Chinesebroccoli (<i>Brocoli chino</i>)	0	32	95-100	10-14 días
Chinesecabbage (<i>Repollo chino</i>)	0	32	95-100	2-3 meses
Chineselongbean (<i>Ejote chino largo</i>)	4-7	40-45	90-95	7-10 días
Clementine (<i>Clementina</i>)	4	40	90-95	2-4 semanas
Coconuts (<i>Coco</i>)	0-15	32-35	80-85	1-2 meses
Collards (<i>Col rizada</i>)	0	32	95-100	10-14 días
Corn, sweet (<i>Maíz dulce</i>)	0	32	95-98	5-8 días
Cranberries (<i>Arándano</i>)	2-4	36-40	90-95	2-4 meses
Cucumbers (<i>Pepino</i>)	10-13	50-55	95	10-14 días
Currants (<i>Pasa</i>)	-0.5-0	31-32	90-95	1-4 semanas
Custardapples (<i>Anona</i>)	5-7	41-45	85-90	4-6 semanas
Daikon (<i>Daikon</i>)	0-1	32-34	95-100	4 meses
Dates (<i>Dátiles</i>)	-18-0	0-32	75	6-12 meses
Dewberries (<i>Zarzamora</i>)	-0.5-0	31-32	90-95	2-3 días
Durian (<i>Durión</i>)	4-6	39-42	85-90	6-8 semanas
Eggplants (<i>Benjerena</i>)	12	54	90-95	1 semana
Elderberries (<i>Sauco</i>)	-0.5-0	31-32	90-95	1-2 semanas
Endive and escarole (<i>Endivia y escarola</i>)	0	32	95-100	2-3 semanas
Feijoa (<i>Feijoa</i>)	5-10	41-50	90	2-3 semanas
Figs, fresh (<i>Higos, frescos</i>)	-0.5-0	31-32	85-90	7-10 días
Garlic (<i>Ajo</i>)	0	32	65-70	6-7 meses
Gingerroot (<i>Gangibre</i>)	13	55	65	6 meses
Gooseberries (<i>Grosella espinosa</i>)	-0.5-0	31-32	90-95	3-4 semanas
Granadilla (<i>Granadilla</i>)	10	50	85-90	3-4 semanas
Grapefruit, Calif. & Ariz. (<i>Toronja Calif. y Ariz.</i>)	14-15	58-60	85-90	6-8 semanas
Grapefruit, Fla. & Texas (<i>Toronja Fla. y Texas</i>)	10-15	50-60	85-90	6-8 semanas
Grapes, Vinifera (<i>Uva, vinifera</i>)	-1 a -0.5	30-31	90-95	1-6 meses
Grapes, American (<i>Uva, americana</i>)	-0.5-0	31-32	85	2-8 semanas
Greens, leafy (<i>Verduras hojosas</i>)	0	32	95-100	10-14 días
Guavas (<i>Guayaba</i>)	5-10	41-50	90	2-3 semanas
Haricotvert (<i>Haricotvert</i>)	4-7	40-	95	7-10 días

		45		
Horseradish (<i>Rábano picante</i>)	-1-0	30-32	98-100	10-12 meses
Jaboticaba (<i>Jaboticaba</i>)	13-15	55-60	90-95	2-3 días
Jackfruit (<i>Nanjea</i>)	13	55	85-90	2-6 semanas
Jaffaorange (<i>Naranja de Jaffa</i>)	8-10	46-50	85-90	8-12 semanas
Japaneseeggplant (<i>Berenjena japonesa</i>)	8-12	46-54	90-95	1 semana
JerusalemArtichoke (<i>Tupinambu</i>)	-0.5-0	31-32	90-95	4-5 meses
Jicama (<i>Jicama</i>)	13-18	55-65	65-70	1-2 meses
Kale (<i>Berza</i>)	0	32	95-100	2-3 semanas
Kiwano (<i>Kiwano</i>)	10-15	50-60	90	6 meses
Kiwifruit (<i>Kiwi</i>)	0	32	90-95	3-5 meses
Kohlrabi (<i>Colinabo</i>)	0	32	98-100	2-3 meses
Kumquats (<i>Kumquat</i>)	4	40	90-95	2-4 semanas
Langsat (<i>Langsat</i>)	11-14	52-58	85-90	2 semanas
Leeks (<i>Puerro</i>)	0	32	95-100	2-3 meses
Lemons (<i>Limones</i>)	10-13	50-55	85-90	1-6 meses
Lettuce (<i>Lechuga</i>)	0	32	98-100	2-3 semanas
Limes (<i>Limoncillo</i>)	9-10	48-50	85-90	6-8 semanas
Lo Bok (<i>Lo Bok</i>)	0-15	32-35	95-100	2-4 meses
Loganberries (<i>Frambuesa</i>)	-0.5-0	31-32	90-95	2-3 días
Longan (<i>Longan</i>)	1.5	35	90-95	3-5 semanas
Loquats (<i>Loquat</i>)	0	32	90	3 semanas
Lychees(<i>Litchi</i>)	1.5	35	90-95	3-5 semanas
Malanga (<i>Malanga</i>)	7	45	70-80	3 meses
Mamey (<i>Mamey</i>)	13-15	55-60	90-95	2-6 semanas
Mangoes (<i>Mango</i>)	13	55	85-90	2-3 semanas
Mangosteen (<i>Mangostan</i>)	13	55	85-90	2-4 semanas
Melons (<i>Melones</i>)				
Casaba	10	50	90-95	3 semanas
Crenshaw	7	45	90-95	2 semanas
Honeydew	7	45	90-95	3 semanas
Persian (<i>Persia</i>)	7	45	90-95	2 semanas
Mushrooms (<i>Hongos</i>)	0	32	95	3-4 días
Nectarines (<i>Melocotón</i>)	-0.5-0	31-32	90-95	2-4 semanas
Okra (<i>Okra [Quimbombo]</i>)	7-10	45-	90-95	7-10 días

		50		
Olives, fresh (<i>Aceitunas, frescas</i>)	5-10	41-50	85-90	4-6 semanas
Onions, green (<i>Cebollas, verdes</i>)	0	32	95-100	3-4 semanas
Onions, dry (<i>Cebollas, secas</i>)	0	32	65-70	1-8 meses
Onion sets (<i>Cebolla, plántula</i>)	0	32	65-70	6-8 meses
Oranges, Calif. & Ariz. (<i>Naranjas, Calif. y Ariz.</i>)	3-9	38-48	85-90	3-8 semanas
Oranges, Fla. & Texas (<i>Naranjas, Fla. y Texas</i>)	0-1	32-34	85-90	8-12 semanas
Papaya (<i>Papaya</i>)	7-13	45-55	85-90	1-3 semanas
Passionfruit (<i>Maracuyá</i>)	7-10	45-50	85-90	3-5 semanas
Parsley (<i>Perejil</i>)	0	32	95-100	2-2.5 meses
Parsnips (<i>Pestínaca</i>)	0	32	95-100	4-6 meses
Peaches (<i>Duraznos</i>)	-0.5-0	31-32	90-95	2-4 semanas
Pears (<i>Peras</i>)	-1.5 a -0.5	29-31	90-95	2-7 meses
Peas, green (<i>Arvejas</i>)	0	32	95-98	1-2 semanas
Peas, southern (<i>Arvejas del sur</i>)	4-5	40-41	95	6-8 días
Pepino (<i>Pepino [treemelon]</i>)	4	40	85-90	1 mes
Peppers, Chili [dry] (<i>Chiles picantes [seco]</i>)	0-10	32-50	60-70	6 meses
Pepperssweet (<i>Pimiento</i>)	7-13	45-55	90-95	2-3 semanas
PersimmonsJapanese (<i>Caqui</i>)	-1	30	90	3-4 meses
Pineapples (<i>Pina</i>)	7-13	45-55	85-90	2-4 semanas
Plantain (<i>Plátano</i>)	13-14	56-58	90-95	1-5 semanas
Plums and prunes (<i>Ciruelas y ciruela pasa</i>)	-0.5-0	31-32	90-95	2-5 semanas
Pomegranates (<i>Granada</i>)	5	41	90-95	2-3 meses
Potatoes, early crop (<i>Papas tempraneras</i>)	10-16	50-60	90-95	10-14 días
Potatoes, late crop (<i>Papas, tardías</i>)	4.5-13	40-55	90-95	5-10 meses
Pummelo (<i>Pomelo</i>)	7-9	45-48	85-90	12 semanas
Pumpkins (<i>Calabazas</i>)	10-13	50-55	50-70	2-3 meses
Quinces (<i>Membrillo</i>)	-0.5-0	31-32	90	2-3 meses
Raddichio (<i>Raddichio</i>)	0-1	32-34	95-100	2-3 semanas
Radishes, spring (<i>Rábano de primavera</i>)	0	32	95-100	3-4 semanas
Radishes, winter (<i>Rábano de invierno</i>)	0	32	95-100	2-4 meses

Rambutan (<i>Rambutan</i>)	12	54	90-95	1-3 semanas
Raspberries (<i>Frambuesa</i>)	-0.5-0	31-32	90-95	2-3 días
Rhubarb (<i>Ruibarbo</i>)	0	32	95-100	2-4 semanas
Rutabagas (<i>Rutabaga</i>)	0	32	98-100	4-6 meses
Salsify (<i>Salsifí</i>)		32	95-98	2-4 meses
Santol (<i>Santol</i>)	3-9	45-48	85-90	3 semanas
Sapodilla (<i>Chico Zapote</i>)	16-20	60-68	85-90	2-3 semanas
Scorzonera (<i>Salsidi negro</i>)	0-1	32-34	95-98	6 meses
Seedless cucumbers (<i>Pepinos sin semilla</i>)	10-13	50-55	85-90	10-14 días
Snow peas (<i>Arveja china</i>)	0-1	32-34	90-95	1-2 semanas
Soursop (<i>Guanábana</i>)	13	55	85-90	1-2 semanas
Spinach (<i>Espinaca</i>)	0	32	95-100	10-14 días
Squashes, summer (<i>Calabacita de veranos</i>)	5-10	41-50	95	1-2 semanas
Squashes, winter (<i>Calabacita de invierno</i>)	10-13	50-55	50-70	2-3 meses
Strawberries (<i>Fresa</i>)	0	32	90-95	5-7 días
Sugarapples (<i>Anona</i>)	7	45	85-90	4 semanas
Sweetpotatoes (<i>Camote</i>)	13-15	55-60	85-90	4-7 meses
Tamarillos (<i>Tamarilo</i>)	3-4	37-40	85-95	10 semanas
Tamarinds (<i>Tamarindo</i>)	7	45	90-95	3-4 semanas
Tangerines, mandarins, and related citrus fruits (<i>Tangerinas, mandarinas y frutas cítricas afines</i>)	4	40	90-95	2-4 semanas
Taro root (<i>Taro</i>)	7-10	45-50	85-90	4-5 meses
Tomatillos (<i>Tomatillo</i>)	13-15	55-60	85-90	3 semanas
Tomatoes, mature-green (<i>Tomate, sazón</i>)	18-22	65-72	90-95	1-3 semanas

ANEXO 6

TABLAS DE PROPIEDADES, FIGURAS Y DIAGRAMAS (UNIDADES SI)

YANUS. A CENGEL, MICHAEL A. BOLES TERMODINÁMICA
SÉPTIMA EDICIÓN

909

APPENDIX 1

TABLE A-2

Ideal-gas specific heats of various common gases

(a) At 300 K

Gas	Formula	Gas constant, R kJ/kg·K	c_p kJ/kg·K	c_v kJ/kg·K	k
Air		0.2870	1.005	0.718	1.400
Argon	Ar	0.2081	0.5203	0.3122	1.667
Butane	C_4H_{10}	0.1433	1.7164	1.5734	1.091
Carbon dioxide	CO_2	0.1889	0.846	0.657	1.289
Carbon monoxide	CO	0.2968	1.040	0.744	1.400
Ethane	C_2H_6	0.2765	1.7662	1.4897	1.186
Ethylene	C_2H_4	0.2964	1.5482	1.2518	1.237
Helium	He	2.0769	5.1926	3.1156	1.667
Hydrogen	H_2	4.1240	14.307	10.183	1.405
Methane	CH_4	0.5182	2.2537	1.7354	1.299
Neon	Ne	0.4119	1.0299	0.6179	1.667
Nitrogen	N_2	0.2968	1.039	0.743	1.400
Octane	C_8H_{18}	0.0729	1.7113	1.6385	1.044
Oxygen	O_2	0.2598	0.918	0.658	1.395
Propane	C_3H_8	0.1885	1.6794	1.4909	1.126
Steam	H_2O	0.4615	1.8723	1.4108	1.327

Note: The unit kJ/kg·K is equivalent to kJ/kg·°C.

Source: Chemical and Process Thermodynamics 3/E by Kyle, B. G., © 2000. Adapted by permission of Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ.

ANEXO 7

TABLAS DE TEMPERATURAS. AGUA SATURADA

**YANUS A. CENGEL, MICHAEL A BOLES TERMODINÁMICA
SÉPTIMA EDICIÓN.**

914
PROPERTY TABLES AND CHARTS

TABLE A-4

Saturated water—Temperature table

Temp., T °C	Sat. press., P _{sat} kPa	Specific volume, m ³ /kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg·K		
		Sat. liquid, v _f	Sat. vapor, v _g	Sat. liquid, u _f	Evap., u _{fg}	Sat. vapor, u _g	Sat. liquid, h _f	Evap., h _{fg}	Sat. vapor, h _g	Sat. liquid, s _f	Evap., s _{fg}	Sat. vapor, s _g
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.027	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.27	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

ANEXO 8

VALORES DE LA DENSIDAD DEL AIRE AMBIENTE PARA ALTURAS VARIAS

<http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/102/comentarios/tablasC102.pdf>

Tabla C-1. Valores de la Densidad del Aire Ambiente para Alturas Varias

Altitud (metros)	Valores de la densidad del aire ambiente		
	Mínimo (kg/m ³)	Promedio (kg/m ³)	Máximo (kg/m ³)
0	1,1405	1,2254	1,3167
305	1,1101	1,1886	1,2735
610	1,0812	1,1533	1,2302
914	1,0524	1,1197	1,2222
1000	1,0444	1,1101	1,1902
1219	1,0252	1,0861	1,1501
1524	0,9996	1,0556	1,1133
1829	0,9739	1,0236	1,0764
2000	0,9595	1,0076	1,0572
2134	0,9483	0,9931	1,0412
2438	0,9243	0,9643	1,0060
2743	0,8986	0,9355	0,9723
3000	0,8794	0,9115	0,9467
3048	0,8762	0,9082	0,9419

ANEXO 9

PROPIEDADES DE GAS IDEAL DEL AIRE

**YANUS A. CENGEL, MICHAEL A BOLES TERMODINÁMICA
SÉPTIMA EDICIÓN.**

B34
PROPERTY TABLES AND CHARTS

TABLE A-17

Ideal gas properties of air

<i>T</i> K	<i>h</i> kJ/kg	<i>P_r</i>	<i>u</i> kJ/kg	<i>v_r</i>	<i>s^o</i> kJ/kg·K	<i>T</i> K	<i>h</i> kJ/kg	<i>P_r</i>	<i>u</i> kJ/kg	<i>v_r</i>	<i>s^o</i> kJ/kg·K
200	199.97	0.3363	142.56	1707.0	1.29559	580	586.04	14.38	419.55	115.7	2.37348
210	209.97	0.3987	149.69	1512.0	1.34444	590	596.52	15.31	427.15	110.6	2.39140
220	219.97	0.4690	156.82	1346.0	1.39105	600	607.02	16.28	434.78	105.8	2.40902
230	230.02	0.5477	164.00	1205.0	1.43557	610	617.53	17.30	442.42	101.2	2.42644
240	240.02	0.6355	171.13	1084.0	1.47824	620	628.07	18.36	450.09	96.92	2.44356
250	250.05	0.7329	178.28	979.0	1.51917	630	638.63	19.44	457.78	92.84	2.46048
260	260.09	0.8405	185.45	887.8	1.55848	640	649.22	20.64	465.50	88.99	2.47716
270	270.11	0.9590	192.60	808.0	1.59634	650	659.84	21.86	473.25	85.34	2.49364
280	280.13	1.0889	199.75	738.0	1.63279	660	670.47	23.13	481.01	81.89	2.50985
285	285.14	1.1584	203.33	706.1	1.65055	670	681.14	24.46	488.81	78.61	2.52589
290	290.16	1.2311	206.91	676.1	1.66802	680	691.82	25.85	496.62	75.50	2.54175
295	295.17	1.3068	210.49	647.9	1.68515	690	702.52	27.29	504.45	72.56	2.55731
298	298.18	1.3543	212.64	631.9	1.69528	700	713.27	28.80	512.33	69.76	2.57277
300	300.19	1.3860	214.07	621.2	1.70203	710	724.04	30.38	520.23	67.07	2.58810
305	305.22	1.4686	217.67	596.0	1.71865	720	734.82	32.02	528.14	64.53	2.60319
310	310.24	1.5546	221.25	572.3	1.73498	730	745.62	33.72	536.07	62.13	2.61803
315	315.27	1.6442	224.85	549.8	1.75106	740	756.44	35.50	544.02	59.82	2.63280
320	320.29	1.7375	228.42	528.6	1.76690	750	767.29	37.35	551.99	57.63	2.64737
325	325.31	1.8345	232.02	508.4	1.78249	760	778.18	39.27	560.01	55.54	2.66176
330	330.34	1.9352	235.61	489.4	1.79783	780	800.03	43.35	576.12	51.64	2.69013
340	340.42	2.149	242.82	454.1	1.82790	800	821.95	47.75	592.30	48.08	2.71787
350	350.49	2.379	250.02	422.2	1.85708	820	843.98	52.59	608.59	44.84	2.74504
360	360.58	2.626	257.24	393.4	1.88543	840	866.08	57.60	624.95	41.85	2.77170
370	370.67	2.892	264.46	367.2	1.91313	860	888.27	63.09	641.40	39.12	2.79783
380	380.77	3.176	271.69	343.4	1.94001	880	910.56	68.98	657.95	36.61	2.82344
390	390.88	3.481	278.93	321.5	1.96633	900	932.93	75.29	674.58	34.31	2.84856
400	400.98	3.806	286.16	301.6	1.99194	920	955.38	82.05	691.28	32.18	2.87324
410	411.12	4.153	293.43	283.3	2.01699	940	977.92	89.28	708.08	30.22	2.89748
420	421.26	4.522	300.69	266.6	2.04142	960	1000.55	97.00	725.02	28.40	2.92128
430	431.43	4.915	307.99	251.1	2.06533	980	1023.25	105.2	741.98	26.73	2.94468
440	441.61	5.332	315.30	236.8	2.08870	1000	1046.04	114.0	758.94	25.17	2.96770
450	451.80	5.775	322.62	223.6	2.11161	1020	1068.89	123.4	776.10	23.72	2.99034
460	462.02	6.245	329.97	211.4	2.13407	1040	1091.85	133.3	793.36	23.29	3.01260
470	472.24	6.742	337.32	200.1	2.15604	1060	1114.86	143.9	810.62	21.14	3.03449
480	482.49	7.268	344.70	189.5	2.17760	1080	1137.89	155.2	827.88	19.98	3.05608
490	492.74	7.824	352.08	179.7	2.19876	1100	1161.07	167.1	845.33	18.896	3.07732
500	503.02	8.411	359.49	170.6	2.21952	1120	1184.28	179.7	862.79	17.886	3.09825
510	513.32	9.031	366.92	162.1	2.23993	1140	1207.57	193.1	880.35	16.946	3.11883
520	523.63	9.684	374.36	154.1	2.25997	1160	1230.92	207.2	897.91	16.064	3.13916
530	533.98	10.37	381.84	146.7	2.27967	1180	1254.34	222.2	915.57	15.241	3.15916
540	544.35	11.10	389.34	139.7	2.29906	1200	1277.79	238.0	933.33	14.470	3.17888
550	555.74	11.86	396.86	133.1	2.31809	1220	1301.31	254.7	951.09	13.747	3.19834
560	565.17	12.66	404.42	127.0	2.33685	1240	1324.93	272.3	968.95	13.069	3.21751
570	575.59	13.50	411.97	121.2	2.35531						

ANEXO 10

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA FIBRA DE VIDRIO

<http://didactica.fisica.uson.mx/tablas/conductermica.htm>

Conductividades Térmicas

Sustancia	k (W/mK)
Aluminio	205.0
Latón	109.0
Cobre	385.0
Plomo	34.7
Mercurio	8.3
Plata	406.0
Acero	50.2
Ladrillo aislante	0.15
Ladrillo rojo	0.6
Hormigón	0.8
Corcho	0.04
Fieltro	0.04
Fibra de vidrio	0.04
Vidrio	0.8
Hielo	1.6
Lana mineral	0.04
Espuma de poliestireno	0.01
Madera	0.12 - 0.04
Aire	0.024
Argón	0.016
Helio	0.14
Hidrógeno	0.14
Oxígeno	0.023

ANEXO 11

PROPIEDADES GENERALES DEL VIDRIO

<http://www.inti.gov.ar/cirsoc/pdf/102/comentarios/tablasC102.pdf>

PROPIEDADES GENERALES DEL VIDRIO

DENSIDAD

• 2500 Kg/m³ , es la densidad del vidrio, lo cual le otorga al vidrio plano un peso de 2,5 Kg/m² por cada milimetro de espesor.

PUNTO DE ABLANDAMIENTO

• 730° C, aproximadamente

CONDUCTIVIDAD TERMICA

• 1.05 W/mK

COEFICIENTE DE DILATACION LINEAL

Es el alargamiento experimentado por la unidad de longitud al variar 1°C su temperatura.

Para el vidrio entre 20 y 220°C de temperatura, dicho coeficiente es:

• $9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Por ejemplo un vidrio de 2000 mm de longitud que incremente su temperatura en 30°C, sufrirá un alargamiento de 2000 ($\times 10^{-6}$) 30 = 0.54 mm

Coefficientes de dilatación de otros materiales

Aluminio..... $23 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Acero..... $11 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Cobre..... $16 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Madera..... $5-8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Policarbonato..... $68 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

DUREZA

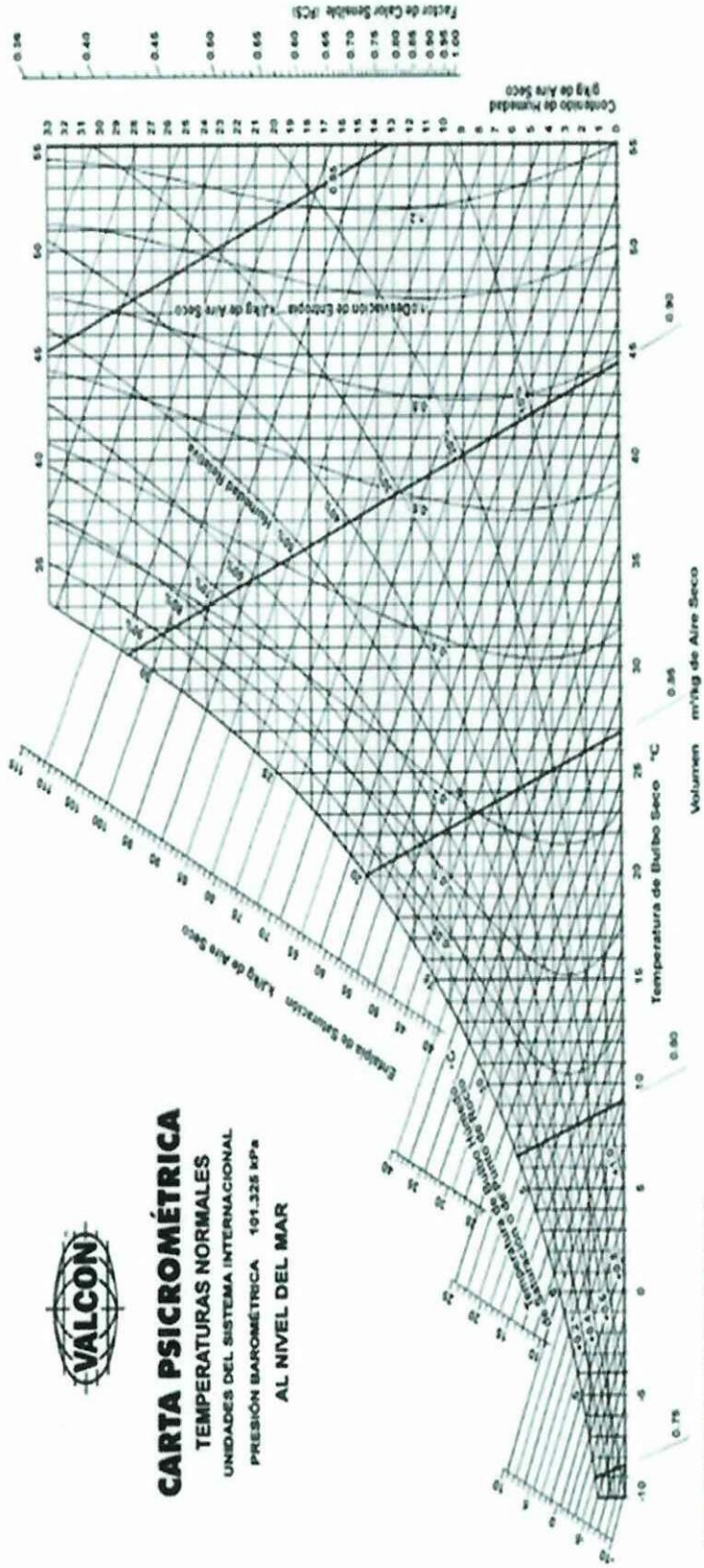
• 6 a 7 en la escala de Mohs.

El vidrio templado tiene la misma dureza superficial que el vidrio recocido o crudo.

ANEXO 12

DIAGRAMA PSICOMÉTRICO

GRUPO INVESTIGACIÓN



ANEXO 13

DATOS INTERPOLACIÓN ENTALPIAS

GRUPO DE INVESTIGACIÓN

x	y
$x_1 = 30$	$y_1 = 2429,8$
$x = 34$	
$x_0 = 35$	$y_0 = 2417,9$

$$y = y_0 + (x - x_0) * \frac{(y_1 - y_0)}{(x_1 - x_0)}$$

$$y = 2417,9 + (34 - 35) * \frac{(2429,8 - 2417,9)}{(30 - 35)}$$

$$y = 2417,9 + (-1) * \frac{(11,90)}{(-5)}$$

$$y = 2417,9 + (-1) * (-2,38)$$

$$y = 2417,9 + 2,38$$

$$y = 2420,28.$$

ANEXO 14

CARACTERÍSTICAS VENTILADOR BLOWER

<http://www.cccme.org.cn/products/detail-8064808.aspx>

Electric Blower 3"



- FOB Price: **Get Latest Price**
- Port:
- Minimum Order Quantity: 0
- Supply Ability: 0 per
- Payment Terms:

Quick Details Type:

Details products description

Product Description

3" blower / electric blower/ aluminum blower

Casing: Cast aluminum

Motor: Copper wires

Color: Green hammered, silver grey

High efficiency, energy saving, low noise

Light, very convenient to use

Perfect appearance

MODEL	VOLTAGE (V)	CYCLES (HZ)	POWER (W)	CURRENT (AMPS)	ROTATION (RPM)	FLOW RATE (M3/H)
2"	220/110	50/60	150	1.0	3000/3600	192
2-1/2"	220/110	50/60	260	1.6	3000/3600	390
3"	220/110	50/60	370	2.0	3000/3600	510/2150
4"	220/110	50/60	550	3.0	3000/3600	2150