



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“IMPLEMENTAR UNA MÁQUINA TERMOFORMADORA DE PLATOS
BIODEGRADABLES A BASE DE LA PLANTA DE ABACÁ”**

Autores:

Andagoya Chamorro Marlon Patricio

Guacan Yascual Anderson German

Tutores:

Ing. M.Sc. Cevallos Betún Segundo Ángel

Latacunga – Ecuador


Agosto - 2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

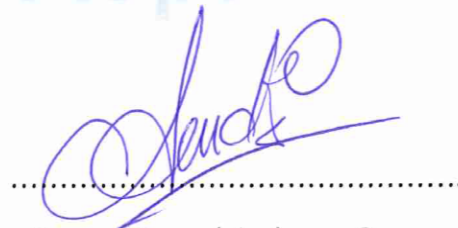
Yo, **ANDAGOYA CHAMORRO MARLON PATRICIO**, cédula N° 171869786-3 y **GUACAN YASCUAL ANDERSON GERMAN**, con cédula N° 172522226-7, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica **“IMPLEMENTAR UNA MÁQUINA TERMOFORMADORA DE PLATOS BIODEGRADABLES A BASE DE LA PLANTA DE ABACÁ”**, siendo los Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún y el Ing. Enrique Torres Tamayo tutores del presente proyecto; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



.....
Andagoya Chamorro Marlon Patricio

C.I.: 171869786-3



.....
Guacan Yascual Anderson German

C.I.: 172522226-7



AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de tutor de la propuesta tecnológica sobre el título:

“IMPLEMENTAR UNA MÁQUINA TERMOFORMADORA DE PLATOS BIODEGRADABLES A BASE DE LA PLANTA DE ABACÁ” de los señores Andagoya Chamorro Marlon Patricio y Guacan Yascual Anderson German, de la Carrera Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio 2018

Ing. Segundo Cevallos; M.Sc.

CI. 050178243-7

TUTOR



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE LECTORES

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de propuesta tecnológica 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, a los postulantes: **ANDAGOYA CHAMORRO MARLON PATRICIO**, con cédula N° **171869786-3** y **GUACAN YASCUAL ANDERSON GERMAN**, con cédula de ciudadanía N° **172522226-7**, con el Título de Proyecto de Titulación: **“IMPLEMENTAR UNA MÁQUINA TERMOFORMADORA DE PLATOS BIODEGRADABLES A BASE DE LA PLANTA DE ABACÁ”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, Agosto 2018

Para constancia firman;

.....
Ing. Mauro Darío Albarracín Álvarez; M.Sc

C.I.050311373-0

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

.....
Ing. Andrés German Arévalo Zabala; M.Sc

C.I. 171032684-2

LECTOR 2

.....
Ing. Yadira Araceli Herrera Martínez; M.B.A

C.I. 050290485-7

LECTOR 3



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Con el presente documento, hago constar que los estudiantes, **ANDAGOYA CHAMORRO MARLON PATRICIO**, cédula N° 171869786-3 y **GUACAN YASCUAL ANDERSON GERMAN**, con cédula N° 172522226-7, de la carrera de ingeniería electromecánica de la universidad técnica de Cotopaxi implementaron en mi propiedad un proyecto cuyo título versa **“IMPLEMENTAR UNA MÁQUINA TERMOFORMADORA DE PLATOS BIODEGRADABLES A BASE DE LA PLANTA DE ABACÁ”**, ubicado en la ciudad de Quito, sector la Villaflora – Barrio Santa Rita.

Los autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la universidad.

Latacunga, Julio 2018

Johana Estefanía Cepeda Guzmán

C.I.: 050329974-5

AGRADECIMIENTO

Sentimientos que invaden en mi ser, por cumplir una meta en mi vida profesional, sacrificios esfuerzos que ahora están plasmados en mis logros.

Agradezco a mis padres que me han brindado el apoyo incondicional durante el trayecto estudiantil y de vida.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme la oportunidad de prepararme y tener una nueva visión frente a la vida.

Como no agradecer a mis docentes y compañeros por su paciencia y amor que día me brindaban impartiendo sus conocimientos y ser cada día mejor

Marlon Andagoya

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco infinitamente a Dios, por haberme dado valor y fuerza para culminar esta etapa muy importante de mi vida.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo mantenido a través del tiempo.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por darme la oportunidad de prepararme en búsqueda de un futuro mejor.

Agradezco a mis docentes que guiaron mi formación profesional y orientaron para tener un futuro mejor.
Anderson Guacan

DEDICATORIA

Agradezco a todos los que me apoyaron desde el inicio de mi vida estudiantil a mi madre luz por su ternura, consejos, valores y por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mi padre Modesto que ha sido el pilar fundamental en todo lo que soy por su sacrificio y ejemplo en toda mi educación tanto académica como de la vida.

Marlon Andagoya

DEDICATORIA

A mis padres German y Laura quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir un sueño más, inculcando en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades y salir adelante siempre.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A mis amigos con todos quienes compartí dentro y fuera de las aulas. Aquellos amigos de aula que se convierten en amigos de vida

Anderson Guacan

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA..	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE LECTORES.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
1. INFORMACIÓN BÁSICA.....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.1. Título de la propuesta tecnológica	2
2.2. Tipo de alcance	2
2.3. Área del conocimiento	2
2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica	2
2.5. Objeto de estudio y campo de acción	2
2.5.1 Objeto de estudio	2
2.5.2 Campo de acción.....	2
2.6. Situación problemática y problema	3
2.6.1. Situación problemática	3
2.6.2. Problema	3
2.7. Hipótesis	3
2.8. Objetivos	3
2.8.1. Objetivo general.....	3
2.8.2. Objetivos específicos	3

2.9.	Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos	4
3.	MARCO TEÓRICO	7
3.1	Introducción	7
3.2	El termoformado en la industria	7
3.2.1	Industria del empaque	7
3.2.2	Industria alimenticia.....	7
3.2.3	Construcción y vivienda	7
3.3	Procesos de termoformado.....	8
3.3.1	Proceso de termoformado mecánico (macho – hembra).....	8
3.3.2	Formado a presión con ayuda de pistón, molde hembra.....	8
3.4.	Variables del termoformado	9
3.4.1.	Espesor de la lámina de plástico.....	9
3.4.2.	Pigmentación.....	9
3.4.3.	Temperatura	9
3.4.4.	Uniformidad en la temperatura	10
3.5.	Características técnicas de los materiales	10
3.5.1.	Acero ASTM A-36	10
3.6.	Tipos de transferencia de calor	10
3.6.1.	Transferencia de calor	10
3.6.1.1.	Transferencia de calor por conducción	11
3.6.1.2.	Transferencia de calor por radiación.....	11
3.7.	Leyes de la termodinámica	12
3.7.1.	Primera ley de la termodinámica	12
3.7.2.	Segunda ley de la termodinámica	12
3.8.	Sistemas necesarios para la máquina	12
3.8.1.	Sistema hidráulico.....	12

3.8.1.1.	Presión.....	13
3.8.1.2.	Caudal	13
3.8.1.3.	Fluido	13
3.8.1.3.1.	Viscosidad.....	13
3.8.1.4.	Bomba hidráulica	13
3.8.1.4.1.	Depósito	13
3.8.1.5.	Filtros	14
3.8.1.6.	Mangueras de comunicación.....	14
3.8.2.	Cilindros hidráulicos	14
3.8.2.1.	Fuerza del cilindro	15
3.8.2.2.	Velocidad del trabajo	15
3.8.2.3.	Cilindro simple efecto.....	15
3.8.2.4.	Cilindro doble efecto.....	16
3.9.	Elementos de regulación y control.....	17
3.9.1.	Válvulas	17
3.9.2.	Válvulas reguladoras de presión	17
3.9.3.	Válvulas Direccionales	18
3.9.4.	Electroválvula	18
3.10.	Prensa.....	18
3.10.1.	Tipos de prensas.....	18
3.10.1.1.	Prensas mecánicas.....	18
3.10.1.2.	Prensas hidráulicas.....	19
3.11.	Sistema estructural de la termoformadora	20
3.11.1.	Estructura	20
3.11.1.1.	Vigas	20
3.11.1.3.	Columnas	21
3.12.	Sistema de calentamiento.....	22

3.12.1.	Resistencias de calentamiento.....	22
3.12.2.	Tipo de material de las resistencias	22
3.13.	Tipos de resistencias de calentamiento	22
3.13.1.	Resistencia tipo placa.....	22
3.13.2.	Resistencia tipo cartucho	23
3.14.	Instrumentos de medida de presión.....	23
3.14.1.	Manómetro diferencial.....	23
3.15.	Instrumentos de medida de temperatura	24
3.15.1.	Termopares	24
3.15.2.	Tipos de termopares	25
3.16.	Sensores de posición	25
3.16.1.	Electromecánicos	25
3.16.2.	Magnéticos.....	25
3.16.3.	Ópticos	25
4.	METODOLOGÍA	25
4.1.	Bastidor de la máquina.....	25
4.1.1.	Vigas	26
4.1.1.1.	Factor de diseño de vigas.....	27
4.2.	Columna.....	27
4.2.4.	Carga crítica	30
4.3.	Diseño hidráulico	31
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
5.1.3.	Cálculo de reacciones	37
5.1.4.	Ecuación de la Elástica	39
5.1.5.	Resumen de resultados para la viga	40
5.1.6.	Diagramas de carga, fuerza cortante y momento flector	41
5.2.	Cálculo de la columna.....	43

5.2.1.	Relación de Esbeltez	43
5.2.3.	Esfuerzo crítico.	45
5.2.4.	Esfuerzo de compresión.....	45
5.3.	Calculo de cilindro hidráulico.....	46
5.4.	Construcción y montaje de la maquina termoformadora.....	46
5.5.	Diseño y construcción de las matrices de termoformado	46
5.6.	Características mecánicas del tallo de la planta de abacá.....	46
5.6.1.	Materiales.....	46
5.6.2.2.	Temperatura	50
6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	51
6.1.	PRESUPUESTO	51
6.1.1.	Costo de materiales	51
6.1.2.	Costos de la mano de obra	52
6.1.3.	Costos indirectos.....	52
6.1.4.	Costo total del proyecto	52
6.1.5.	Valor Actual Neto	53
6.2.	ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	54
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
7.1.	CONCLUSIONES	56
7.2.	RECOMENDACIONES.....	56
8.	REFERENCIAS	57
9.	ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1. Formado mecánico con molde hembra y macho.....	8
Figura 3. 2. Formado a presión con ayuda de pistón, molde hembra	9
Figura 3. 3. Espesor de láminas de plástico.....	9
Figura 3. 4. Modos de transferencia de calor por conducción, convección y radiación.....	11
Figura 3. 5. Actividad molecular en la transferencia de calor por conducción	11
Figura 3. 6. Radiación emitida por resistencia tipo cartucho	11
Figura 3. 7. Primera ley de la termodinámica.....	12
Figura 3. 8. Segunda ley de la termodinámica	12
Figura 3. 9. Tanque deposito hidráulico	14
Figura 3. 10. Cilindro hidráulico	15
Figura 3. 11. Áreas del cilindro	15
Figura 3. 12. Cilindro hidráulico de simple efecto	16
Figura 3. 13. Funcionamiento del cilindro de doble efecto	16
Figura 3. 14. Válvula reguladora de presión	17
Figura 3. 15. Electroválvula	18
Figura 3. 16. Prensa mecánica de simple efecto.....	19
Figura 3. 17. Prensa hidráulica	19
Figura 3. 18. Estructura general de la termoformadora.....	20
Figura 3. 19. Vigas	20
Figura 3. 20. Columna en compresión y deflexión.....	21
Figura 3. 21. Pandeo de la columna	22
Figura 3. 22. Resistencias tipo placa	23
Figura 3. 23. Resistencia tipo cartucho	23
Figura 3. 24. Manómetro diferencial	23
Figura 3. 25. Termopares formados por distintos metales	24
Figura 3. 26. Efectos Peltier y Thomson en un termopar	24
Figura 4. 1. Pandeo de una columna.....	28
Figura 4. 2. Coeficientes de pandeo	29

Figura 5. 1. Diagrama de cargas	37
Figura 5. 2. Diagrama de secciones	38
Figura 5. 3. Sección 1-1	38
Figura 5. 4. Sección 2-2.....	39
Figura 5. 5. Diagrama de carga.....	41
Figura 5. 6. Diagrama de esfuerzo cortante.....	41
Figura 5. 7. Diagrama de momento flector.....	41
Figura 5. 8. Constantes de deformación en la columna.....	43
Figura 5. 9. Planta de abacá o cáñamo de manila.....	47
Figura 5. 10. Balanza electrónica digital AE ADAM	47
Figura 5. 11. Moldes de: (a) tracción; (b) flexión	48
Figura 5. 12. Dimensiones de la probeta para ensayo de tracción, según norma ASTM D 3039-08.....	48
Figura 5. 13. Dimensiones de la probeta para ensayo de flexión, norma ASTM D 7264-07...	48
Figura 5. 14. Prensa hidráulica manual	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Tareas propuestas con los objetivos establecidos.....	4
Tabla 2. 2. Operacionalización de variables.....	5
Tabla 3. 1. Relación entre el factor de carga y la velocidad del pistón.....	16
Tabla 4. 1. Presiones nominales.....	32
Tabla 4. 2. Cilindros hidráulicos	33
Tabla 5.1. Resumen de resultados.....	40
Tabla 5.2. Ensayos de tracción según norma ASTM D 3039-08	49
Tabla 5.3. Características mecánicas y físicas del tallo de abacá.....	50
Tabla 5.4. Ensayos de temperatura.....	50

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TÍTULO: “IMPLEMENTAR UNA MÁQUINA TERMOFORMADORA DE PLATOS BIODEGRADABLES A BASE DE LA PLANTA DE ABACÁ”

Autores: Andagoya Chamorro Marlon Patricio
Guacan Yascual Anderson German

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo principal el diseño e implementación de una máquina termoformadora de platos biodegradables a base de la planta de abacá, equipo que se implementó en la CEVICHERIA “MAGUS”, ubicada en la provincia de pichincha – Quito – Sector la Villaflora - Barrios Santa Rita, este proyecto es una iniciativa para buscar soluciones medioambientales frente al exceso de basura existente en los alrededores del establecimiento. La máquina termoformadora es un equipo que permite la realización de platos por medio de un proceso que involucra la transferencia de calor y la fuerza a la cual es sometido el tallo del abacá. La máquina cuenta con partes mecánicas, hidráulicas y eléctricas, siendo las partes mecánicas, la estructura en general de la maquina como son: las vigas y columnas, las cuales están ligadas a la parte hidráulica que consta de mangueras, cilindro y la central hidráulica. Al igual que la parte hidráulica, la parte eléctrica se encuentra ubicada en la estructura de la máquina y consta de pulsadores, contactores, interruptores, resistencias eléctricas de tipo cartucho y sensores de temperatura. El proceso de termoformado se da a través de un proceso de transferencia de calor de las resistencias tipo cartucho hacia las matrices de conformado (ACERO ASTM A45), esta temperatura será controlada por medio de un pirómetro ubicado en las matrices, posteriormente se aplica la fuerza necesaria para conformar el material por medio de un pistón hidráulico, en este proceso la materia prima como es el tallo del abacá logra un termoformado igual a la forma de la matriz. Los resultados obtenidos a través de la práctica experimental fueron los esperados teniendo un proceso de termoformado controlado a una temperatura de 240° C y una presión de 100 PSI, Todo el sistema de mando se encuentra protegido por sensores e interruptores termomagnéticos, con el fin de precautelar el buen funcionamiento del equipo y la seguridad de las personas.

Palabras clave: termoformado, pirómetro, termomagnéticos, matriz, precautelar.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED

ELECTROMECHANICAL ENGINEERING CAREER

TITLE: "TO IMPLEMENT A THERMOFORMING MACHINE FOR BIODEGRADABLE DISHES BASED ON THE ABACA PLANT"

AUTHORS: Andagoya Chamorro Marlon Patricio

Guacan Yascual Anderson German

ABSTRACT

The main objective of this project was the design and implementation of a thermoforming machine for biodegradable dishes based on the abaca plant, a team that was implemented in the CEVICHERIA "MAGUS", located in the province of Pichincha - Quito - Sector la Villaflora - Barrios Santa Rita, this project is an initiative to seek environmental solutions in the face of the excess of waste existing in the surroundings of the establishment. The thermoforming machine is a device that allows the realization of plates by means of a process that involves the transfer of heat and the force to which the abaca stem is subjected. The machine has mechanical, hydraulic and electrical parts, being the mechanical parts, the structure in general of the machine such as: beams and columns, which are linked to the hydraulic part that consists of hoses, cylinder and hydraulic power plant. Like the hydraulic part, the electrical part is located in the structure of the machine and consists of pushbuttons, contactors, switches, cartridge-type electrical resistances and temperature sensors. The thermoforming process takes place through a process of heat transfer from the cartridge-type resistors to the forming dies (STEEL ASTM A45), this temperature will be controlled by means of a pyrometer located in the dies, subsequently the force is applied necessary to shape the material by means of a hydraulic piston, in this process the raw material such as the abaca stem achieves a thermoforming equal to the shape of the matriz. The results obtained through the experimental practice were the expected ones having a thermoforming process controlled at a temperature of 240 ° C and a pressure of 100 PSI. The whole control system is protected by sensors and thermomagnetic switches, in order to safeguard the good functioning of the equipment and the safety of the people.

Keywords: thermoformed, pyrometer, thermomagnetic, precautionary.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la tesis al Idioma Inglés presentado por los señores maestrantes: **ANDAGOYA CHAMORRO MARLON PATRICIO** y **GUACAN YASCUAL ANDERSON GERMAN**, cuyo título versa “**IMPLEMENTAR UNA MÁQUINA TERMOFORMADORA DE PLATOS BIODEGRADABLES A BASE DE LA PLANTA DE ABACÁ**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, 27 de julio del 2018

Atentamente,

.....
Lic.: Bolívar Maximiliano Cevallos Galarza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0910821669



CENTRO
DE IDIOMAS

1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR

Guacan Yascual Anderson German

Andagoya chamorro Marlon Patricio

TEMA APROBADO

Implementación de una máquina termoformadora de platos biodegradables a base de la planta de abacá

CARRERA

Ingeniería Electromecánica

DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún; M.Sc

EQUIPO DE TRABAJO

Tutor de la propuesta tecnológica, Asesor Técnico (1)

Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún; M.Sc

Tutor de la propuesta tecnológica, Asesor metodológico (2)

Ing. Enrique Torres Tamayo; PhD

LUGAR DE EJECUCIÓN

Zona 2, Provincia Pichincha, Cantón Quito, Sector la Villaflora, Barrio Santa Rita, Av.Cusubamba y Calle Chilla Oe 5c, Cevicheria "MAGUS"

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA

6 meses

FECHA DE ENTREGA

Agosto 2018

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Línea 4.- Procesos Industriales. - Promover el desarrollo de tecnologías y procesos que permitan mejorar el rendimiento productivo y la transformación de materias primas en productos de alto valor añadido.

SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Sub línea 1.- Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. Título de la propuesta tecnológica

Implementación de una máquina de termoformado de platos biodegradables a base de la planta de abacá en la Provincia de Pichincha-Cantón Quito- Sector la Villaflora- Barrio Santa Rita- Cevicheria “MAGUS”

2.2. Tipo de alcance

Productivo

2.3. Área del conocimiento

07 Ingeniería, Industria y Construcción

0712 Tecnología de protección del medio ambiente

2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica

La implementación de la máquina termoformadora de platos biodegradables a base de la planta de abacá se realiza con el objetivo de disminuir la contaminación originada por la utilización de platos de espuma de poliestireno y sus derivados en la venta de comida rápida en Quito, Sector de la Villaflora, Barrio Santa Rita, Cevicheria “MAGUS”

2.5. Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1 Objeto de estudio

El alto índice de contaminación debido al uso de materia prima no biodegradable en la industria alimenticia, representa un problema para el ambiente, por tal motivo la utilización de materia prima biodegradable como hojas naturales en la creación de platos por el método de termoformado representa una nueva iniciativa amigable con el ambiente al ser desechable fácilmente y además servir de abono para fertilizar los suelos cultivables.

2.5.2 Campo de acción

Realización de una máquina termoformadora de platos biodegradables a base de la planta de abacá, para disminuir la contaminación ambiental, causada por desechos inorgánicos derivados del plástico en los alrededores de la Cevicheria “MAGUS”

2.6. Situación problemática y problema

2.6.1. Situación problemática

En la ciudad de Quito Sector Villaflora, Barrios Santa Rita está ubicada la Cevichería “MAGUS” dedicada a la venta de comida rápida, se evidenció el alto índice de contaminación que existe en los alrededores del lugar por la utilización de platos desechables de plástico.

2.6.2. Problema

En la industria alimenticia existen gran variedad de máquinas que se utilizan para la fabricación de platos de espuma de poliestireno, un producto no biodegradable altamente comercial por su fácil fabricación, flexibilidad y resistencia. Su principal desventaja radica en la alta contaminación al degradarse en mucho tiempo.

El problema se origina en que la espuma de poliestireno es un producto desechable y se lo encuentra en todos lados y en grandes cantidades, su alta resistencia a la degradación representa un problema medioambiental en todo el mundo, como es el caso de los alrededores de la Cevichería “MAGUS” donde se evidencia la alta presencia de este tipo de residuos inorgánicos, provocando insalubridad, molestias e incomodidad entre las personas que viven en los alrededores.

2.7. Hipótesis

¿Contribuirá a reducir el uso de recipientes de espuma de poliestireno para alimentos, la implementación de una máquina de termoformado para platos elaborados a base de la planta de abacá?

2.8. Objetivos

2.8.1. Objetivo general

Implementar una máquina de termoformado de platos biodegradables a base de la planta de abacá.

2.8.2. Objetivos específicos

- Investigar el funcionamiento de los diferentes tipos de termoformados en la industria.
- Recopilar información técnica que aporte al diseño, construcción y funcionamiento óptimo de la máquina.
- Determinar los componentes tanto eléctricos y mecánicos en la construcción de la máquina

- Realizar el diseño mecánico de la máquina termoformadora mediante el uso de los softwares de diseño CAD.
- Implementar la máquina termoformadora en la Cevichería “MAGUS” para verificar el correcto funcionamiento de la misma.

2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

Tabla 2. 1.Tareas propuestas con los objetivos establecidos

OBJETIVO	TAREAS POR OBJETIVO	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
Investigar el funcionamiento de los diferentes tipos de termoformado	Revisar información relacionada con los diferentes tipos de termoformado	Los diferentes tipos de termoformado son acorde a la necesidad del material a termoformar	Investigación bibliográfica y documental
	Analizar de una manera detallada el principio de funcionamiento de la máquina termoformadora	Entendimiento acerca de las maquinas termoformadoras y su funcionamiento.	Investigación documental y de campo
	Determinar el sistema de ecuaciones que se utilizaran al momento del diseño de la máquina.	Establecer las aplicaciones que se les da a las principales ecuaciones en el diseño y construcción de la máquina.	Investigación documental y de campo
Recopilar información técnica que aporte al diseño, construcción y funcionamiento óptimo de la máquina.	Investigar acerca de los parámetros técnicos que se emplearan para la máquina de termoformado	Los parámetros técnicos va en función de los materiales existentes en el mercado	Investigación de campo y documental
	Compilación de información de fuentes adecuadas de las medidas empleadas para el dimensionamiento de las diferentes partes de la máquina termoformadora.	Correcto dimensionamiento de los diferentes elementos de la máquina.	Investigación documental y de campo
	Realizar los diferentes esquemas tanto mecánico, eléctrico y electrónico teniendo en cuenta requerimientos necesarios de la maquina	Dimensiones reales de los componentes de la máquina esquematizados en planos.	Investigación experimental y de campo para obtención de datos reales.

Determinar los componentes tanto eléctricos, mecánicos, electrónicos que permitan la construcción de la máquina	Analizar el funcionamiento de los diferentes componentes que integran los diferentes sistemas de la máquina de termoformado	Dimensionamiento correcto de los diferentes elementos de los sistemas eléctricos, mecánicos, electrónicos	Investigación experimental
Realizar el diseño eléctrico, mecánico de la máquina termoformadora	Utilización de softwares para la simulación de circuitos eléctricos	Determinación de el correcto funcionamiento de los diferentes elementos eléctricos y su correcta solución a problemas que pueden encontrarse	Investigación experimental y de acción Método deductivo
	Utilización de herramientas CAD para el diseño de los elementos mecánicos	Determinar las posibles fallas y su posterior solución	Investigación experimental y de acción Método deductivo
	Realización de las diferentes pruebas a los diferentes materiales a utilizar	Obtención de datos para la construcción de la máquina para su óptimo funcionamiento	Investigación experimental y de campo

Tabla 2. 2. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Geometría del material	Es una magnitud física la cual nos permite obtener datos en función de su medida y forma.	[mm, cm]	- Flexómetro - Escuadra - Calibrador de pie de rey
Resistencia del material	La resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.	[kg/m ²]	-Máquina universal
Potencia	Es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo.	[W, Hp]	-Vatímetro -Dinamómetro

Conductividad térmica	Es una propiedad física que describe la capacidad de un material de transferir calor a otro.	[W/m.K]	-Uso de ecuaciones -Sensores de temperatura (Termocuplas tipo K)
Temperatura del proceso de termoformado	Es una magnitud que mide el nivel térmico o el calor que posee un cuerpo.	[K, °C]	- Termocuplas tipo K, (Sensores de temperatura)
Flujo de calor transferido	Es el proceso de propagación de calor en distintos medios cuando se produce un gradiente térmico o cuando dos sistemas con diferentes temperaturas se ponen en contacto.	[W]	- Uso de ecuaciones - Sensores de temperatura (Termocuplas tipo K)
Fuerza de termoformado	La fuerza es la capacidad para realizar un trabajo físico o un movimiento, así como también la potencia o esfuerzo para sostener un cuerpo o resistir un empuje.	[N]	- Máquina de pruebas universal multiparametros para materiales (TINIUS-OLSEN)
Tensión	La magnitud física que representa la fuerza por unidad de área en el entorno de un punto material sobre una superficie real o imaginaria de un medio continuo.	[Pa]	Máquina de pruebas universal multiparametros para materiales (TINIUS-OLSEN)
Presión	Fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie. "la unidad que mide la presión es el pascal	[Pa]	Máquina de pruebas universal multiparametros para materiales (TINIUS-OLSEN), prensa hidráulica manual
Humedad	Es la cantidad de agua presente en un cuerpo.	[%]	Método experimental estimado.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Introducción

En el presente capítulo se aborda de manera detallada los conceptos teóricos básicos sobre la construcción de la máquina termoformadora, así como los tipos de máquinas relacionadas con el termoformado, tomando en cuenta el principal beneficio de la utilización de materia prima biodegradable. De la misma forma se detalla el funcionamiento de los componentes de cada sistema, como son el sistema estructural, hidráulico y de calentamiento logrando así una fundamentación teórica necesaria para la realización de la máquina de termoformado, por lo tanto el objetivo del presente capítulo es establecer los aspectos teóricos necesarios para el diseño de la máquina termoformadora a partir de estudios anteriormente realizados referentes a termoformado en plástico.

3.2 El termoformado en la industria

3.2.1 Industria del empaque

Desde el inicio del proceso de termoformado, la industria del empaque ha sido la más beneficiada debido a la alta productividad y las bondades que ofrece por costo-beneficio. Actualmente, la mayor parte de los equipos de empackado son de alimentación automática de alta velocidad. [2]

En la creciente industria de la "comida para llevar", se utiliza una gran cantidad de productos termoformados, que abarca desde recipientes de comida completa (platos con divisiones) hasta los empaques para hamburguesas, sándwiches, refrescos, etc. Generalmente, la industria mencionada requiere una impresión en los paquetes termoformados. Esta impresión podría realizarse antes o después del termoformado; ejemplos de estos productos son charolas, vasos, platos de sándwiches, hamburguesas, etc. [2]

3.2.2 Industria alimenticia

El uso de charolas y otros accesorios tienen un alto potencial de consumo puesto que es ampliamente utilizado por hospitales, guarderías, escuelas, ferias, restaurantes, además del sector militar y organizaciones de ayuda internacional. Ejemplos: charolas, vasos y platos. [3]

3.2.3 Construcción y vivienda

La industria de la construcción ha empleado productos termoformados desde hace varios años, acelerándose rápidamente la popularidad de éstos. Hay una gran cantidad de productos que

fácilmente se han sustituido por piezas termoformadas; de hecho, hay productos que no se podrían fabricar de otra forma, como los domos o arcos cañón. El acrílico en este sector se ve ampliamente utilizado por su alta resistencia al factor climático y termoformabilidad, ejemplos de estos son: los domos, arcos cañón, tinas de hidromasaje, acuarios, etc. [2]

3.3 Procesos de termoformado

3.3.1 Proceso de termoformado mecánico (macho – hembra)

El moldeo macho-hembra es usado entre otras cosas, para el formado de piezas complicadas. En esta técnica de moldeo, una hoja calentada es formada entre dos moldes opuestos entre sí pero con contornos similares (macho-hembra). Cuando los moldes se unen entre sí, los contornos forzarán a la hoja a tomar idéntica forma en el espacio creado entre los dos moldes. Cualquier protuberancia en el molde macho, mecánicamente forzará al plástico en la contraparte (molde hembra). Para una mediana o alta producción se utilizan equipos mecánicos para el cierre de los moldes; en estos casos, el movimiento de los moldes es producido por servomotores. Si ambos moldes, tienen una temperatura controlada, se puede lograr una reducción en el tiempo de enfriamiento. Para tener un buen desempeño en el termoformado mediante esta técnica, consiste en que la fuerza aplicada, cualquiera que sea la fuente (neumática, hidráulica o mecánica) deberá tener la capacidad suficiente para inducir al plástico o cualquier material a deformarse, naturalmente una superficie muy grande o un molde muy intrincado requerirá una mayor fuerza de presión. [4]

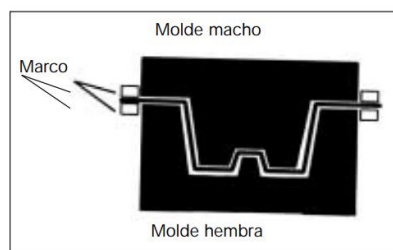


Figura 3.1. Formado mecánico con molde hembra y macho

Fuente: [1]

3.3.2 Formado a presión con ayuda de pistón, molde hembra

La técnica de la ayuda de pistón se utiliza para reducir el adelgazamiento en el fondo de las piezas formadas. El pistón estira el material antes de que la presión sea aplicada. Se requiere de una velocidad del pistón adecuada para realizar la conformación del material, así como la presión, ya que si no se controla estos parámetros, puede dañar el material en su contacto inicial. [1]

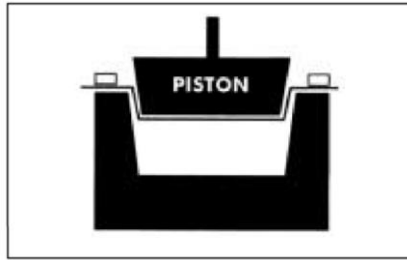


Figura 3.2. Formado a presión con ayuda de pistón, molde hembra

Fuente: [1]

3.4. Variables del termoformado

Existen variables en el proceso de termoformado que define varios parámetros como son: la apariencia, calidad, dimensiones y distribución del material en el proceso de termoformado de una pieza, los cuales se enlistan a continuación.

3.4.1. Espesor de la lámina de plástico

Cuando se utiliza un calentamiento a base de resistencias eléctricas o radiación infrarroja, la no calibración en el espesor del material puede provocar un calentamiento desigual que da como resultado variaciones en la parte a ser conformada. Si la temperatura de la hoja es homogénea, aún con zonas delgadas es muy probable lograr una pieza satisfactoria. [1]

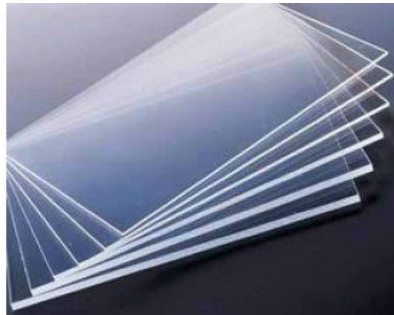


Figura 3.3. Espesor de láminas de plástico

Fuente: [5]

3.4.2. Pigmentación

En el caso de calentamiento por radiación (resistencias eléctricas), la diferente composición del material pueden hacer variar la temperatura y los ciclos de calentamiento, esto se refiere a que de acuerdo al tipo de material la absorción o la transmisión de calor es más efectiva. En un horno por convección (recirculación de aire caliente) no aplica esta variable. [1]

3.4.3. Temperatura

Existen varias consideraciones fundamentales que deben tomarse en cuenta:

- El calentamiento se produce generalmente mediante radiación.
- La temperatura no debe ser excesiva para no superar la meseta elastómera y para que no se degrade. [1]

3.4.4. Uniformidad en la temperatura

Cuando la temperatura de cualquier material es incrementada, la fuerza de tensión se reduce y por lo tanto la hoja se vuelve más maleable. Los mejores resultados en el termoformado son obtenidos con formados simples o profundos realizados al rango inferior de la temperatura de revenido. [1]

3.5. Características técnicas de los materiales

A continuación se explican las características de los materiales que se usaran para la construcción del sistema estructural de la máquina.

3.5.1. Acero ASTM A-36

Acero estructural de buena soldabilidad, adecuado para la fabricación de vigas soldadas para edificios, estructuras remachadas, y atornilladas, bases de columnas, piezas para puentes y depósitos de combustibles. [6]

Propiedades mecánicas:

- Esfuerzo de fluencia: 250 MPa (36 psi)
- Resistencia a la tracción: 58 – 80 Kpsi
- Elongación en 2 plg: 23% (en 50 mm)

3.6. Tipos de transferencia de calor

3.6.1. Transferencia de calor

Cuando hay un gradiente de temperatura en un sistema o cuando se ponen en contacto dos sistemas a diferentes temperaturas, se transfiere energía. El proceso por el cual tiene lugar el transporte de la energía se conoce como transferencia de calor. Lo que está en tránsito, llamado calor no puede ser medido u observado directamente, pero los efectos que produce son posibles de observar y medir. La Transferencia de Calor puede ser por Conducción, por Convección y por Radiación. [7]

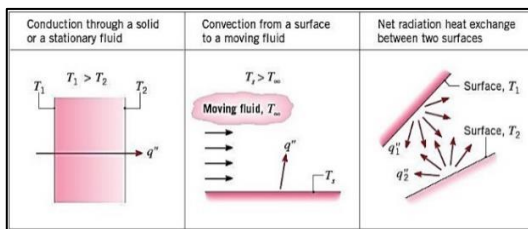


Figura 3.4. Modos de transferencia de calor por conducción, convección y radiación

Fuente: [7]

3.6.1.1. Transferencia de calor por conducción

La conducción se considera como la transferencia de energía de las partículas más energéticas a las menos energéticas de una sustancia debido a las interacciones entre las mismas. [8]

Al haber un gradiente de temperatura en el medio, la segunda ley de la termodinámica establece que la transferencia de calor se lleva a cabo de la región de mayor temperatura a la de menor. [8]

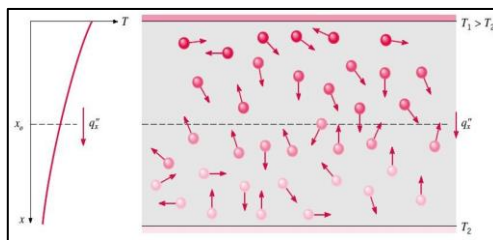


Figura 3.5. Actividad molecular en la transferencia de calor por conducción

Fuente: [7]

3.6.1.2. Transferencia de calor por radiación

Por radiación la energía se transporta en forma de ondas electromagnéticas que se propagan a la velocidad de la luz. La radiación electromagnética que se considera aquí es la radiación térmica. La cantidad de energía que sale de una superficie como calor radiante depende la temperatura absoluta y de la naturaleza de la superficie. [9]

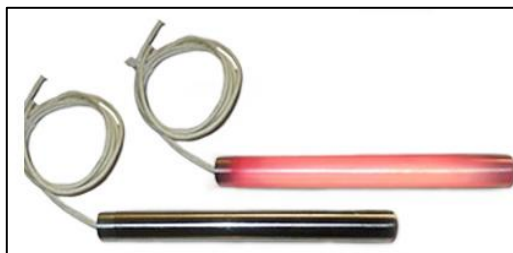


Figura 3.6. Radiación emitida por resistencia tipo cartucho

Fuente: [10]

3.7. Leyes de la termodinámica

3.7.1. Primera ley de la termodinámica

La primera ley de la termodinámica también conocida como principio de conservación de la energía expresa que, en el curso de un proceso la energía no se puede crear ni destruir sólo puede cambiar las formas. Por lo tanto, toda pequeña cantidad de energía debe tomarse en cuenta en el curso de un proceso. [11]

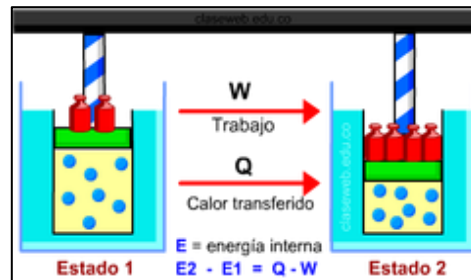


Figura 3.7. Primera ley de la termodinámica

Fuente: [11]

3.7.2. Segunda ley de la termodinámica

La primera ley no restringe la dirección de un proceso, pero satisfacerla no asegura que el proceso ocurrirá realmente. Cuando los procesos no se pueden dar, esto se puede detectar con la ayuda de una propiedad llamada entropía. Un proceso no sucede a menos que satisfaga la primera y la segunda ley de la Termodinámica. El empleo de la segunda ley de la termodinámica no se limita a identificar la dirección de los procesos. La segunda ley también afirma que la energía tiene calidad, así como cantidad.

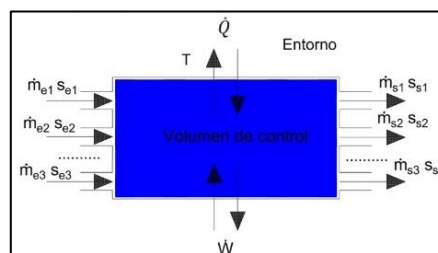


Figura 3.8. Segunda ley de la termodinámica

Fuente: [12]

3.8. Sistemas necesarios para la máquina

3.8.1. Sistema hidráulico

La hidráulica es una rama de la mecánica de fluidos que comprende la transmisión y regulación de fuerzas y movimientos por medio de los líquidos. Este estudio se trata de la hidrodinámica

donde se consideran que el fluido es un líquido incompresible, es decir, que su densidad no varía con el cambio de presión, a diferencia de lo que ocurre con los gases. [13]

3.8.1.1. Presión

La presión es la relación entre una fuerza aplicada y el área sobre la cual actúa. En cualquier caso en que exista presión, una fuerza actuará en forma perpendicular sobre una superficie. [13]

3.8.1.2. Caudal

Es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo [l/min]. [13]

3.8.1.3. Fluido

Es un líquido transmisor de potencia que se utiliza para transformar, controlar y transmitir los esfuerzos mecánicos a través de una variación de flujo.

Características del fluido

Las características que presentan los fluidos son:

- Transmitir presiones.
- Refrigerar, evacuar el calor producido en el circuito.
- Proteger contra corrosión. [13]

3.8.1.3.1. Viscosidad

La viscosidad se puede definir como la resistencia de los fluidos a fluir. A mayor viscosidad, menor flujo. En términos microscópicos se relaciona con las fuerzas intermoleculares, y con el tamaño y forma de las moléculas que constituyen el líquido. La viscosidad de la mayoría de los líquidos disminuye al aumentar la temperatura. [11]

3.8.1.4. Bomba hidráulica

En el sentido más amplio del término, una bomba hidráulica es una máquina generadora que trabaja con un fluido incompresible en la que se produce una transformación de energía mecánica en hidráulica. [14]

3.8.1.4.1. Depósito

La función del tanque hidráulico o depósito es almacenar aceite, aunque no es la única. El tanque también debe eliminar el calor y separar el aire del aceite.

Los tanques deben tener resistencia y capacidad adecuadas, no permite que ingrese suciedad externa. Su misión es recuperar el fluido después de usarlo y mantener un nivel adecuado al uso de la instalación.

Los tanques hidráulicos generalmente son herméticos.



Figura 3.9. Tanque deposito hidráulico

Fuente: [15]

3.8.1.5. Filtros

Los filtros se emplean para el control de la contaminación por partículas sólidas (trozos de metal, plásticos, etc.) de origen externo y las generadas internamente por procesos de desgaste de las superficies de la maquinaria, permitiendo preservar la vida útil tanto de los componentes del equipo como del fluido hidráulico. [16]

3.8.1.6. Mangueras de comunicación

Son conductos que constan de un tubo hueco flexible diseñado para transportar fluidos de un lugar a otro. Las mangueras hidráulicas están sometidas a condiciones extremas como diferencias de presión durante el funcionamiento y exposición al clima, agentes químicos, condiciones de operación en alta temperatura o manipulación inapropiada durante el funcionamiento o mantenimiento.

La selección de los conductos es según material, diámetro, y presión de trabajo. [16]

3.8.2. Cilindros hidráulicos

Los cilindros hidráulicos son actuadores mecánicos donde su fuerza de salida o movimiento se produce en línea recta. Su función es convertir la potencia hidráulica en potencia lineal mecánica. Entre sus aplicaciones de trabajo se incluyen empujar, arrastrar, inclinar y ejercer presión. El tipo y el diseño del cilindro dependen de las aplicaciones específicas. Los cilindros hidráulicos obtienen la energía de un fluido hidráulico presurizado, que es aceite. Consta básicamente en dos piezas: un cilindro barril y un pistón o émbolo móvil conectado a un vástago. [17]



Figura 3.10. Cilindro hidráulico
Fuente: [18]

3.8.2.1. Fuerza del cilindro

La fuerza que realizar el cilindro va en función del área efectiva, tal como se muestra la figura 3.11, [19]

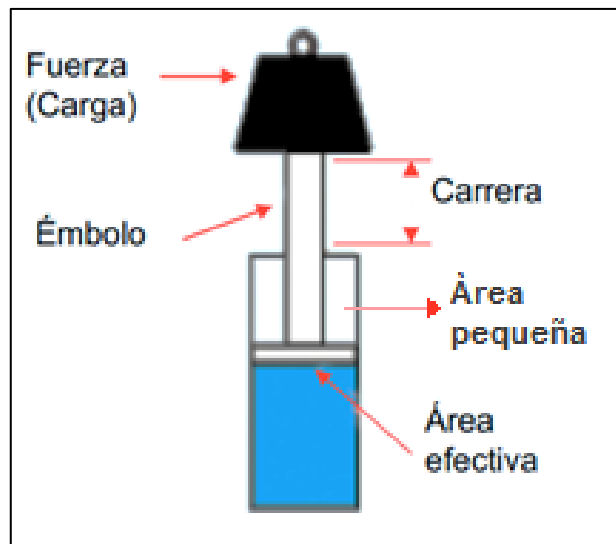


Figura 3.11. Áreas del cilindro
Fuente: [19]

3.8.2.2. Velocidad del trabajo

La velocidad del embolo indicara el caudal necesario de la bomba y el diámetro de las conducciones. [19]

3.8.2.3. Cilindro simple efecto

Este tipo de cilindro puede ser de empuje o tracción. El retorno del vástago se realiza mediante la fuerza de la gravedad, el peso de una carga o por medio de un resorte.

Este cilindro tiene un orificio, para que la cámara no se llene de aire como se observa en la (figura 3.12).

El cilindro de simple efecto ingresa el aceite por un lado del émbolo, por lo que solo puede transmitir esfuerzo en una dirección. [19]

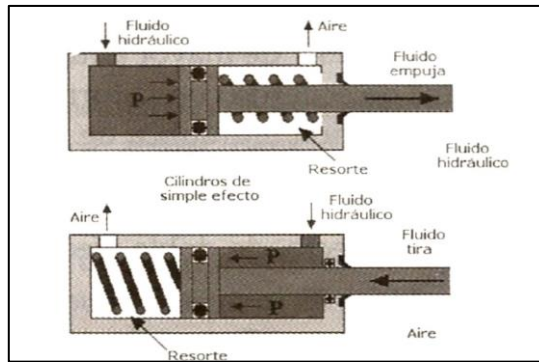


Figura 3. 12. Cilindro hidráulico de simple efecto
Fuente: [19]

3.8.2.4. Cilindro doble efecto

El cilindro hidráulico de doble efecto tiene la capacidad de extenderse como al retraerse, consta de dos orificios que hacen de entrada y salida de fluido, de manera indistinta. Incluso se puede regular la velocidad de desplazamiento del vástago. Tiene dos cámaras, una a cada lado del émbolo. En el émbolo es donde va sujeto el vástago o pistón; y es el que hace que se desplace el vástago de un lado a otro según le llegue el fluido por una cámara u otra.

El cilindro de doble efecto puede estar montado en cualquier posición o dirección ya que el retorno del mismo no se debe a ninguna acción ajena al mismo. [20]

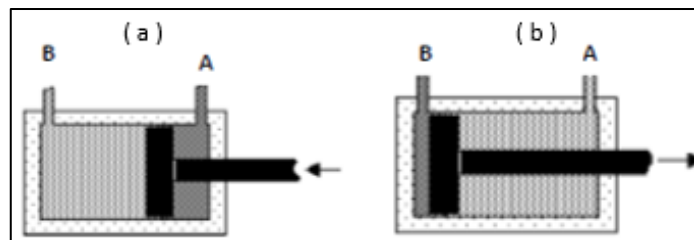


Figura 3. 13. Funcionamiento del cilindro de doble efecto
Fuente: [21]

La tabla 3.1, indica la relación entre el factor de carga y la velocidad del pistón.

Tabla 3. 1. Relación entre el factor de carga y la velocidad del pistón

Velocidad del pistón (mm/s)	Factor máximo de carga
8 a 100	70%
101 a 200	30%
201 a 300	10%

Fuente: [22]

3.9. Elementos de regulación y control

Los elementos encargados principalmente de regular el paso del aceite desde las bombas a los elementos actuadores y demás componentes, se denominan válvulas, electroválvulas, sensores y que pueden ser activados de diferentes formas: manualmente, por circuitos electrónicos, PLC's, neumáticos, hidráulicos o mecánicos.

3.9.1. Válvulas

Es un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

La válvula es uno de los instrumentos de control más esenciales en las máquinas que presentan fluidos. [22]

3.9.2. Válvulas reguladoras de presión

Las válvulas de control de presión o de seguridad realizan funciones tales como limitar la presión máxima de un sistema o regular la presión reducida en ciertas partes del circuito u aquellas actividades que implican cambios en la presión de trabajo. Su funcionamiento se basa en un equilibrio entre presión y la fuerza. [23]

La válvula reguladora de la presión tiene dos circuitos:

- Un circuito regulador eléctrico más lento, para ajustar un valor de presión.
- Un circuito regulador mecánico-hidráulico más rápido, que compensa las oscilaciones de presión de alta frecuencia.

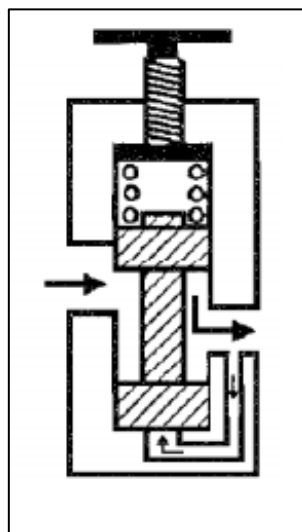


Figura 3. 14. Válvula reguladora de presión

Fuente: [23]

3.9.3. Válvulas Direccionales

El fluido que circula por el sistema hidráulico debe ser dirigido convenientemente a los diversos cilindros, actuadores, o motores, de acuerdo a las exigencias y secuencias del trabajo que se tenga que realizar.

Las válvulas direccionales más convencionales son las de dos, tres y cuatro vías, estas pueden accionarse manualmente, mecánicamente o hidráulicamente y por señal eléctrica (electroválvulas). [23]

3.9.4. Electroválvula

Una electroválvula está diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado, o todo y nada. Las electroválvulas se usan en multitud de aplicaciones para controlar el flujo de todo tipo de fluidos. [24]

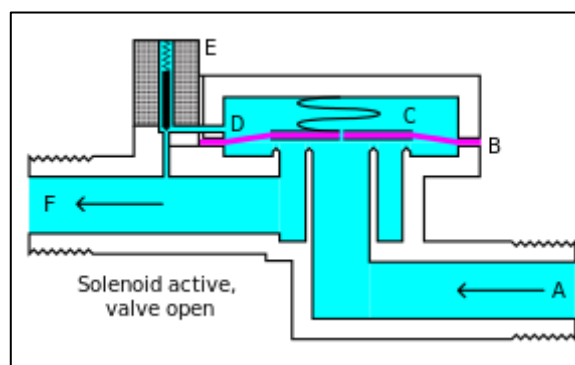


Figura 3. 15. Electroválvula

Fuente: [24]

3.10. Prensa

La prensa es una máquina que se utiliza generalmente para comprimir distintos materiales, por medio de la acción ya sea manual o automatizada, los materiales pueden ser prensados o comprimidos ya sea en caliente o frío, generalmente las prensas son utilizadas donde se requiera de gran presión o gran fuerza. [25]

3.10.1. Tipos de prensas

3.10.1.1. Prensas mecánicas

Constan de un motor eléctrico que hace girar un volante de inercia que sirve de acumulador de energía. La energía se entrega a la parte móvil de la prensa (carro) mediante un embrague o acoplamiento. La entrega de la energía es rápida y total gastando en cada golpe una fracción de

la capacidad de trabajo acumulada. Se usan para trabajos de corte, estampación, forja y pequeñas embuticiones. (Ver figura 3.16). [25]



Figura 3. 16. Prensa mecánica de simple efecto

Fuente: [25]

3.10.1.2. prensas hidráulicas

Se basan en el conocido principio de Pascal (ver figura 3.17), alimentándose un pistón de gran diámetro con fluido a alta presión y bajo caudal consiguiendo altísimas fuerzas resultantes. La entrega de energía es controlada en cada momento tanto en fuerza como en velocidad por lo que mantenemos el control constante del proceso. Se usan en operaciones de embutición profunda y en procesos de altas sollicitaciones como acuñado. [25]

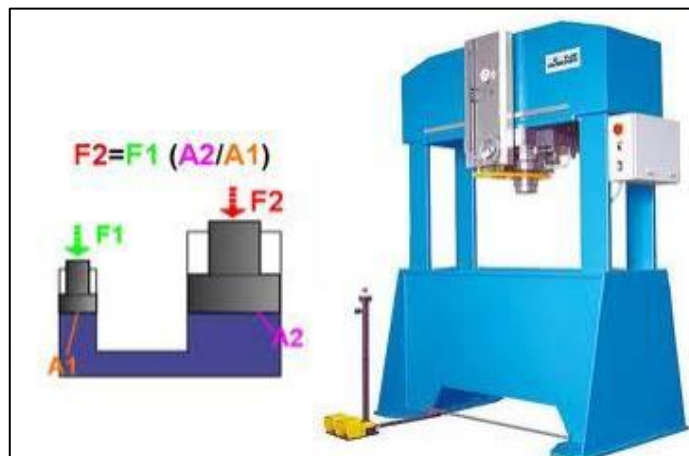


Figura 3. 17. Prensa hidráulica

Fuente: [25]

3.11. Sistema estructural de la termoformadora

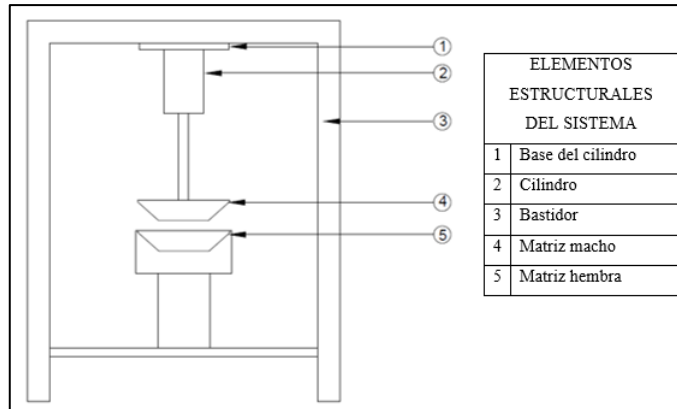


Figura 3. 18. Estructura general de la termoformadora

3.11.1. Estructura

Se define a estructura a los cuerpos que son capaces de resistir cargas sin que exista una deformación excesiva de una de las partes con respecto a la otra. [26]

3.11.1.1. Vigas

Es un elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión. En las vigas, la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal. El esfuerzo de flexión provoca tensiones de tracción y compresión, produciéndose las máximas en el cordón inferior y en el cordón superior respectivamente, las cuales se calculan relacionando el momento flector y el segundo momento de inercia. En las zonas cercanas a los apoyos se producen esfuerzos cortantes. También pueden producirse tensiones por torsión, sobre todo en las vigas que forman el perímetro exterior de un forjado. [26]

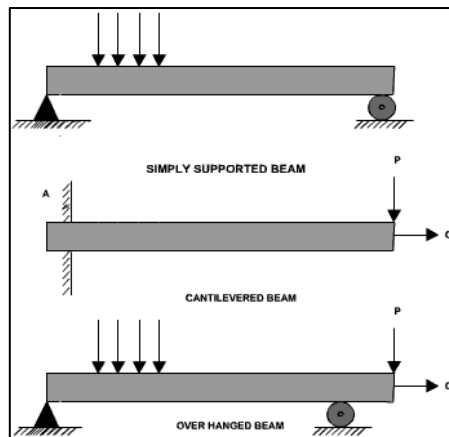


Figura 3. 19. Vigas

Fuente: [27]

3.11.1.2. Deflexión en vigas

Las cargas aplicadas en las vigas también producen deflexión o desplazamiento en dirección perpendicular al eje neutro, la viga se deforma ligeramente en el lugar más crítico a lo largo de la longitud. Pero al igual que se someten restricciones de diseño en los esfuerzos de flexión que está sometida la viga, también se recomienda estimar limitaciones a las deflexiones.

- Las deflexiones de las vigas se limitan generalmente a ciertos valores máximos.
- Las deflexiones excesivas pueden dañar los materiales unidos o soportados por las vigas consideradas. Las grietas en los cielos rasos ocasionadas por grandes deflexiones en los largueros que los soportan, son un ejemplo. [28]

3.11.1.3. Columnas

Una columna es un miembro estructural que soporta una carga axial de compresión, que tiende a fallar por inestabilidad elástica o pandeo, más que por aplastamiento del material. La inestabilidad elástica es la condición de falla donde la forma de una columna no tiene la rigidez necesaria para mantenerla erguida bajo la carga. Entonces, si no se reduce la carga, la columna se colapsará. Es obvio que este tipo de falla catastrófica debe evitarse en estructuras y en elementos de máquinas. [26]

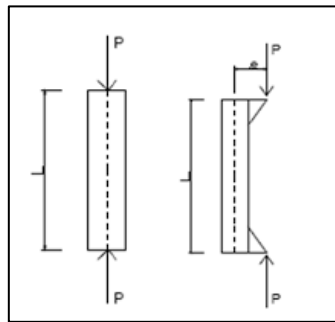


Figura 3. 20. Columna en compresión y deflexión

Fuente: [26]

Cuando se incrementa la longitud de una columna, disminuye su capacidad de soportar carga. Cuando la excentricidad es pequeña y la columna es corta, la flexión lateral es despreciable, comparada con el efecto de la compresión; por el contrario al aumentar la longitud, una pequeña excentricidad puede producir un gran esfuerzo de flexión.

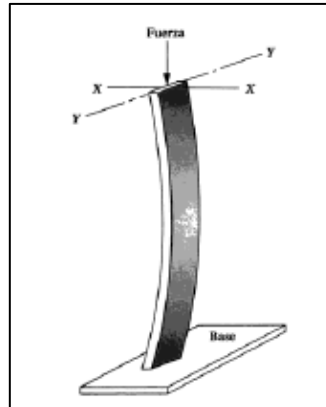


Figura 3. 21. Pandeo de la columna

Fuente: [26]

3.12. Sistema de calentamiento

En este sistema se considera los elementos necesarios para calentar las matrices de la maquina termoformadora, como son las resistencias tipo cartucho.

3.12.1. Resistencias de calentamiento

Son elementos que se fabrican a base de níquel, donde la energía eléctrica se transforma en calor. Mediante la ley de joule podemos determinar la cantidad de calor que es capaz de entregar una resistencia. Esta cantidad de calor dependerá de la intensidad de tiempo que esté conectada. [29]

3.12.2. Tipo de material de las resistencias

- Tubing de acero inoxidable tipo 304,316, incoloy 800, titanio y cobre.
- Alambre nicromel tipo 8020.
- Terminales níquel - cromo, con fibra de vidrio para alta temperatura, malla de acero inoxidable y /o tubo plica. Óxido de magnesio (este material hace el compactado de las resistencias). [29]

3.13. Tipos de resistencias de calentamiento

3.13.1. Resistencia tipo placa

Esta resistencia es utilizada para transmitir calor directamente a las planchas de metal que permiten obtener, láminas de polipropileno para poder realizar el termo formado de la misma. Las resistencias planas son elementos calefactores con un espesor débil, rígido o flexible, particularmente adaptadas para las instalaciones que tienen un volumen débil. La mayoría de las resistencias intercambia su calor con la pieza a calentar por conducción. [30]



Figura 3. 22. Resistencias tipo placa

Fuente: [30]

3.13.2. Resistencia tipo cartucho

Este tipo de resistencia es utilizada para el área de termo formación propiamente dicha, donde se ubica a manera de hornos que, provocan una temperatura óptima para la termoformación.

[31]

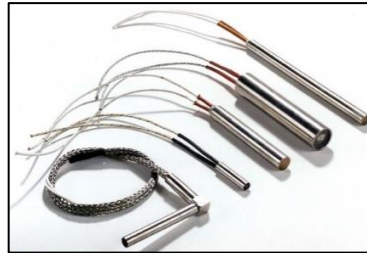


Figura 3. 23. Resistencia tipo cartucho

Fuente: [32]

3.14. Instrumentos de medida de presión

3.14.1. Manómetro diferencial

También se le conoce con el nombre de manómetro de dos ramas abiertas. Este es un aparato que sirve para medir la diferencia de presión entre dos lugares.

El fluido que utiliza el manómetro diferencial para indicar los valores puede ser cualquier líquido: agua, queroseno, alcohol, entre otros. La condición esencial es que no se mezcle con el fluido que está a presión. [33]



Figura 3. 24. Manómetro diferencial

Fuente: [34]

3.15. Instrumentos de medida de temperatura

Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en señales eléctricas, que son procesados por equipo eléctrico o electrónico, típicamente suele estar formado por el elemento sensor, la vaina que lo envuelve y que está rellena de un material muy conductor de la temperatura, para que los cambios se transmitan rápidamente al elemento sensor y del cable al que se conectarán el equipo electrónico. [35]

3.15.1. Termopares

El termopar es por mucho el sensor de temperatura más usado en la industria por diferentes razones, podemos mencionar entre otras el amplio intervalo de temperatura de uso, su robustez, la relativa buena exactitud, rápida respuesta a cambios de temperatura, versatilidad de uso y bajo costo. Los termopares se basan en el efecto descubierto por Sir Thomas Seebeck: en un circuito formado por dos metales distintos, A y B, con dos uniones a diferente temperatura en la figura, aparece una corriente eléctrica. [36]

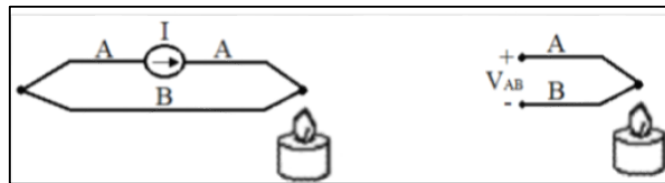


Figura 3. 25. Termopares formados por distintos metales

Fuente: [36]

Se produce una conversión de energía térmica en energía eléctrica, o bien, si se abre el circuito, en una fuerza termo-electromotriz (f.t.e.m) que depende de los metales y de la diferencia de temperatura entre las uniones

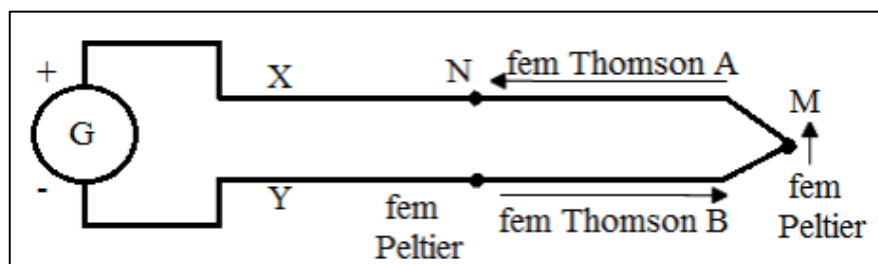


Figura 3. 26. Efectos Peltier y Thomson en un termopar

Fuente: [36]

3.15.2. Tipos de termopares

Con objeto de protegerlos, los termopares suelen estar encapsulados en un tubo de material apropiado al entorno donde se va a efectuar la medida, normalmente acero inoxidable. Así mismo, la unión caliente puede estar unida al extremo de la funda de protección o aislada de la misma, para que no exista comunicación a masa o tierra de la planta.

Dependiendo de los materiales utilizados (metales puros o aleación de metales), se han configurado varios tipos de termopares a los cuales se les ha asignado una letra característica. [37]

3.16. Sensores de posición

Los sensores de posición pueden dar según su construcción o montaje, una posición lineal o angular. Estos pueden ser de varios tipos:

3.16.1. Electromecánicos

Lo forman los finales de carrera o micro interruptores. Se sitúan en puntos estratégicos a detectar, en sistemas industriales y máquinas en general. Conmutan directamente cualquier señal eléctrica. Tienen una vida limitada. Solo pueden detectar posiciones determinadas, debido a su tamaño.

3.16.2. Magnéticos

Lo forman los detectores de proximidad magnéticos, que pueden ser los de efecto Hall y los resistivos, típicos en aplicaciones industriales.

3.16.3. Ópticos

Lo forman las Células fotoeléctricas y los Encoders.

4. METODOLOGÍA

4.1. Bastidor de la máquina

El bastidor de la máquina es la estructura o esqueleto completo de la máquina, la cual tiene como principal función soportar los mecanismos esenciales, tanto en su interior como su exterior, para un correcto funcionamiento sin que se produzcan fallos, el bastidor debe ser diseñado de una manera que resista diferentes tipos de cargas ya sean: estáticas o dinámicas. Estas cargas a sus ves deben ser transmitidas a lo largo de sus apoyos, para conseguir el equilibrio estático en la estructura. [38]

Para un correcto diseño se debe tener en cuenta varios parámetros:

- Resistencia

- Peso

Para el cálculo del diseño de los componentes del bastidor como vigas y columnas, se especifican las diferentes fórmulas de cálculo.

4.1.1. Vigas

Las vigas son elementos estructurales de diferente composición, que están sometidos a diversas cargas transversales a su eje. Debido a estas cargas se producen momentos flectores o de flexión en la viga. [38]

Para el cálculo del esfuerzo de flexión, se utilizó la siguiente fórmula.

$$\sigma = \frac{M * c}{I} \quad (4.1)$$

Donde:

σ = Esfuerzo de flexión; [N/m²]

M = Momento de flexión; [N.m]

I = Inercia del área transversal; [kg. m²]

C = distancia del eje neutro a la fibra más alejada de la sección transversal; [mm], [cm]

Existen condiciones para la deducción de la fórmula de cálculo del esfuerzo por flexión, las más importantes se mencionan a continuación. [38]

Para un diseño adecuado es importante definir el módulo de sección:

$$S = \frac{I}{c} \quad (4.2)$$

Donde:

S = Módulo de sección de la viga; [mm], [cm]

I = Inercia; [kg. m²]

c = distancia del eje neutro a la fibra más alejada de la sección transversal; [mm], [cm]

De donde la fórmula de esfuerzo a flexión se convierte en: [29]

$$\sigma = \frac{M}{S} \quad (4.3)$$

Donde:

σ = Esfuerzo de flexión; [N/m²]

M= Momento de flexión; [N.m]

S = sección transversal de la viga; [mm], [cm]

“Ya que I y c son propiedades geométricas del área transversal de la viga, entonces en diseño, se acostumbra a definir un esfuerzo de diseño σ_d , y se conoce como el momento de flexión, se despeja S”. [38]

$$S = \frac{M}{\sigma_d} \quad (4.4)$$

El resultado del cálculo del módulo de sección S determina las dimensiones adecuadas de las vigas para el diseño.

4.1.1.1. Factor de diseño de vigas

El esfuerzo admisible o de diseño se lo obtiene de la división del esfuerzo de límite de fluencia S_y , y el factor de seguridad N. El término factor de diseño N, es una medida de seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga. [38]

Para determinar el esfuerzo de fluencia se utilizó la siguiente formula:

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N} \quad (4.5)$$

Donde:

σ_d = esfuerzo de diseño; [N/m²]

S_y = límite de fluencia; [%] (porcentaje de deformación)

N = factor de diseño

4.2. Columna

Una columna estructural que soporta una carga axial de compresión, tiende a fallar por inestabilidad elástica o pandeo más que por aplastamiento del material. La inestabilidad elástica

es la condición de falla donde la forma de una columna no tiene la rigidez necesaria para mantenerse erguida bajo la carga. Entonces si no se reduce la carga la columna colapsará. [38]

4.2.1. Radio de giro

La tendencia de una columna a pandearse depende de la sección transversal, la longitud y de la forma de fijación en sus extremos. Dentro de la sección transversal se destacan:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (4.6)$$

Donde:

A= El área de la sección; [mm^2], [cm^2], [m^2]

I= La inercia I con respecto al eje para que la inercia sea menor; [$kg \cdot m^2$]

r= El radio de giro menor r; [mm], [cm]

En la figura 4.1, se muestra los tipos de pandeo que existen en una columna sometida a una fuerza.

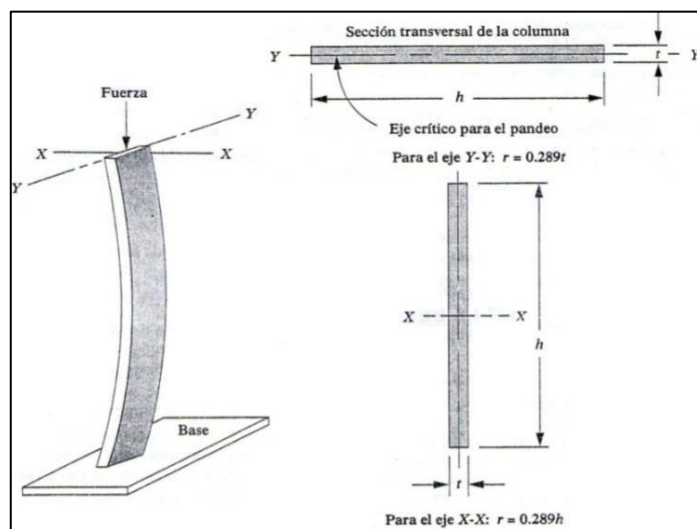


Figura 4. 1. Pandeo de una columna

Fuente: [38]

La columna tiene mayor facilidad de pandeo respecto al eje que menor radio de giro e inercia posea.

“La longitud efectiva de una columna se definió como la distancia entre dos puntos nulo de una columna, o sea, la distancia entre sus puntos de inflexión”. [28]

La fórmula para el cálculo de la longitud efectiva de una columna es:

$$L_e = K * L \quad (4.7)$$

Donde:

L_e = Longitud efectiva; [mm], [cm]

L = Longitud real de la columna; [mm], [cm]

K = Constante de fijación de los extremos.

La figura 4.2. Determina los coeficientes de pandeo para las columnas

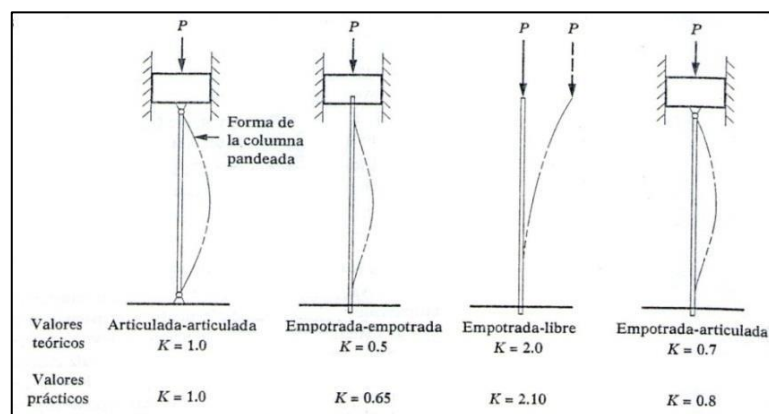


Figura 4. 2. Coeficientes de pandeo

Fuente: [38]

4.2.2. Relación de esbeltez

La relación de esbeltez λ se considera como la relación de la longitud efectiva y el radio de giro.

$$\lambda = \frac{K * L}{r} \quad (4.8)$$

Donde:

λ = relación de esbeltez

K = coeficiente de pandeo

L = longitud efectiva; [mm], [cm]

r = radio de giro; [mm], [cm]

Dentro del diseño de una columna, es importante definir si ese elemento se lo considera columna larga o columna corta. Si la columna es larga se utiliza el método de Euler, y si la columna es corta se utiliza el método de Johnson. Es por esta razón que es importante hacer una comparación entre la relación de esbeltez y la relación de esbeltez de transición o constante de columna, de donde se tiene: [38]

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2}{S_y}} \quad (4.9)$$

Donde:

Cc = Constante de columna.

E = Módulo de elasticidad.

S_y = Resistencia de fluencia del material; [porcentaje de deformación]

4.2.3. Factor de diseño de columnas

El análisis del diseño de las columnas mediante el uso de factor de seguridad, garantiza que una columna sea segura, evitando que la carga sea menor a la denominada carga crítica de pandeo.

En vez de aplicar el factor de diseño a la resistencia de fluencia o la resistencia última del material, se aplicará a la carga crítica. Para las aplicaciones típicas en el diseño de máquinas, se empleará un factor de diseño de 3. Para columnas con cargas estacionarias con cargas y extremos empotrados bien conocidos se podrá emplear un factor menor, tal como 2. [38]

$$F_c = F_p * N \quad (4.10)$$

Donde:

F_c = Carga critica de pandeo; [N]

F_p = Carga admisible o de diseño; [N]

N = Factor de seguridad

4.2.4. Carga critica

Para el cálculo de la sección necesaria en las columnas de la máquina se utilizó el método de Euler, la cual menciona lo siguiente: [38]

$$F_c = \frac{\pi^2 EA}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (4.11)$$

Remplazando el radio de giro:

$$F_c = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad (4.12)$$

Donde:

E= módulo de elasticidad

Fc= Carga critica de pandeo; [N]

I= Inercia; [kg. m²]

K= coeficiente de pandeo

L= longitud efectiva; [mm], [cm]

4.2.5. Esfuerzo critico

Para fines de cálculo y selección de una sección de un material para una columna, se utilizó la ecuación del esfuerzo crítico: [38]

$$\sigma_{cr} = \frac{Fc}{A} \quad (4.13)$$

Donde:

Fc = Carga critica; [N]

σ_{cr} = Esfuerzo critico; [$\frac{kgf}{cm^2}$]

A= área; [mm²], [cm²]

4.2.6. Esfuerzo de compresión

$$\sigma_c = \frac{RAy}{A} \quad (4.14)$$

Donde:

RAy= reacciones en el punto A del eje y

σ_{cr} = Esfuerzo de compresión; [$\frac{kgf}{cm^2}$]

A= área; [mm²], [cm²]

4.3. Diseño hidráulico

En los sistemas hidráulicos básicamente se convierte la energía ya sea mecánica o eléctrica en hidráulica para obtener beneficios en términos de energía mecánica al finalizar el proceso. [39]

Los parámetros a los que se rige un diseño hidráulico son:

- Presión del sistema
- Caudal
- Velocidad del pistón

4.3.1. Presión

En la tabla 4.1. Se presentan las presiones nominales. Las presiones de trabajo de los circuitos hidráulicos oscilan entre 25 Bar y 630 Bar, a continuación se observa la tabla con valores de presiones nominales, los valores subrayados son valores recomendados:

Tabla 4. 1. Presiones nominales

PRESIONES NOMINALES EN CIRCUITOS HIDRÁULICOS (Bar)									
25	40	63	100	160	200	250	315	500	630

Fuente: [40]

Para realizar el adecuado dimensionamiento del sistema hidráulico debemos considerar los siguientes parámetros, como son la presión y el área.

$$P = \frac{F}{A} \quad (4.15)$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (4.16)$$

Donde:

F = fuerza del cilindro; [N]

P = presión hidráulica de trabajo; [Pa].

A = área efectiva del cilindro; [mm²], [mm²]

D= Diámetro mayor del cilindro; [mm], [cm]

4.3.2. Caudal

El caudal se la conoce como la cantidad de fluido en una unidad de tiempo, la cual se puede expresar de la siguiente manera. [39]

$$Q = Ve * A \quad (4.17)$$

Dónde:

Q= Caudal; [Lt/min]

Ve= Velocidad efectiva; [m/s]

A = Área; [mm²], [cm²]

La velocidad está dada por la carrera del pistón en un tiempo determinado

$$V_e = \frac{L}{t} \tag{4.18}$$

Dónde:

L = Carrera o longitud de que recorre el pistón; [mm], [cm]

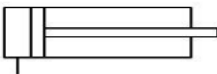
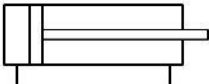
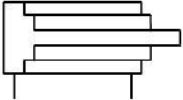
t = Tiempo; [s], [min]

4.3.3. Actuadores

Se clasifican en actuadores lineales (cilindros), y rotativos (motores hidráulicos), son los elementos del circuito hidráulico que transforman la energía hidráulica en energía mecánica. Los actuadores son alimentados con fluidos a presión, obteniéndose un movimiento con una determinada fuerza, velocidad, momento y velocidad angular tras la pérdida de presión del caudal del fluido. [39]

Los actuadores lineales se especifican en la siguiente tabla 4.2.

Tabla 4. 2. Cilindros hidráulicos

CILINDROS HIDRÁULICOS		
ACTUADOR	FUNCIONAMIENTO	SÍMBOLO
Cilindro simple efecto	Al cilindro se aplica presión solo por un extremo, el cual realiza trabajo solo en un sentido.	
Cilindro doble efecto	Los cilindros de doble efecto pueden realizar el trabajo en ambas direcciones porque se les aplica la presión en ambas caras del émbolo.	
Cilindro telescópico	Se caracterizan por tener grandes longitudes de trabajo. Este tipo de cilindros es utilizado cuando no se dispone del espacio suficiente para cilindros de dimensiones normales o estandarizadas.	

Fuente: [39]

Para el cálculo del diámetro del cilindro se utilizó la siguiente formula en la cual se debe tomar en cuenta un factor de rozamiento entre la camisa y el embolo de 0,9.

$$D = \sqrt{\frac{4 * F}{0,9 * \pi * P}} \tag{4.19}$$

Dónde:

D = Diámetro del émbolo o camisa interior; [mm], [cm]

F = Fuerza requerida; [N]

P = Presión de servicio; [Psi], [Bar]

0.9 = Coeficiente de rozamiento entre el pistón y la camisa

Un problema fundamental de los cilindros hidráulicos es el pandeo debido a los importantes esfuerzos a los que se ven sometidos; por tal motivo sus vástagos tienen un diámetro relativamente importante con relación al de su émbolo, siendo muy frecuente que sus respectivas áreas estén en la relación 1 a 2. [41]

Debido a esto se utiliza la ecuación de Euler y tomando en cuenta la forma de sujeción a la que está expuesto el vástago.

La ecuación de Euler manifiesta lo siguiente:

$$Fp = \frac{\pi^2 El}{Lp^2} \quad (4.20)$$

$$Fp = F * Fs \quad (4.21)$$

$$Lp = K * L \quad (4.22)$$

$$I = \frac{Lp^2 Fp}{\pi^2 E} \quad (4.23)$$

Donde:

Fp = Fuerza de pandeo; [N]

K = Coeficiente de pandeo

E = Módulo de elasticidad del material del vástago.

Lp = Longitud libre de pandeo; [mm], [cm]

I = Momento de Inercia para secciones transversales circulares; [kg. m²]

d = Diámetro del eje; [mm], [cm]

$$I = \frac{\pi * d^4}{64} \quad (4.24)$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{64I}{\pi}} \quad (4.25)$$

Es importante también revisar algunos aspectos y recomendaciones acerca del diseño de elementos y la selección del factor de seguridad para el diseño.

Es decir, el diseño de estos materiales se base en la resistencia de fluencia, y del tipo de carga a la que esté sometido el elemento. [42]

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el presente capítulo se presenta los diferentes parámetros considerados en el diseño de la máquina y los resultados obtenidos.

5.1. Dimensionamiento de las vigas

La altura, el ancho y la profundidad se dimensionaron en base al tamaño de las matrices y la carrera del pistón, llegando a deducir que las medidas más adecuadas son las siguientes:

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$l = 600 \text{ mm}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

5.1.1. Datos de carga

Por medio del método experimental se determinó que la presión requerida para conformar una hoja de Abacá de dimensiones 150 mm de largo por 150 mm de ancho es 95 psi.

Con base a éste valor se realizan los cálculos de la estructura de la termoformadora.

La estructura está compuesta de pórticos, por tanto la carga aplicada se distribuye simétricamente a las vigas.

5.1.2. Determinación de la carga sobre la viga.

De acuerdo a la fórmula de cálculo de la presión, se determina la fuerza que actúa sobre las vigas de la máquina.

$$F = P * A$$

Para el cálculo de la fuerza se tiene como datos

$$A = b \times h = 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$$

$$A = 22500 \text{ mm}^2 = 34.875 \text{ inch}^2$$

$$P = 95 \text{ psi}$$

Con los datos correctamente tomados, remplazamos en la fórmula de la fuerza y obtenemos el resultado.

$$F = 95 \frac{\text{lb}_f}{\text{inch}^2} * 34.875 \text{ inch}^2$$

$$F = 3315.125 \text{ lb}_f$$

$$F = 1503.594 \text{ kg}_f$$

La hoja a conformar tiene menor dimensión superficial que la empleada experimentalmente, por lo tanto, aplicando la relación de proporcionalidad referente a una relación de regla de tres se determina que la carga que se debe aplicar a una hoja de 170 mm de largo por 110 mm de ancho es 1249.654 lb_f .

$$F' = \frac{A'}{A} * F$$

$$L' = 170 \text{ mm}$$

$$a' = 110 \text{ mm}$$

$$A' = 18700 \text{ mm}^2 = 28.985 \text{ inch}^2$$

$$F' = \frac{28.985 \text{ inch}^2}{34.875 \text{ inch}^2} * 1503.594 \text{ kg}_f = 1249.654 \text{ kg}_f$$

La fuerza F' se distribuye en las vigas superiores de la estructura.

$$F'' = \frac{F'}{2}$$

$$F'' = \frac{1249.654 \text{ kg}_f}{2} = 624.828 \text{ kg}_f$$

Considerando un factor de sobre carga de 15%, la carga aplicada a la viga superior es 718.552 kg_f

$$F_a = F'' * f$$

$$F_a = 624.828kg_f * 1.15 = 718.552kg_f$$

5.1.3. Cálculo de reacciones

- La fuerza F_a se aplica en el punto medio de la viga;
- La viga es de acero A-36;
- Para cálculo previo no se considera el peso de la viga y,
- Los puntos extremos de la viga se encuentran perfectamente empotrados.

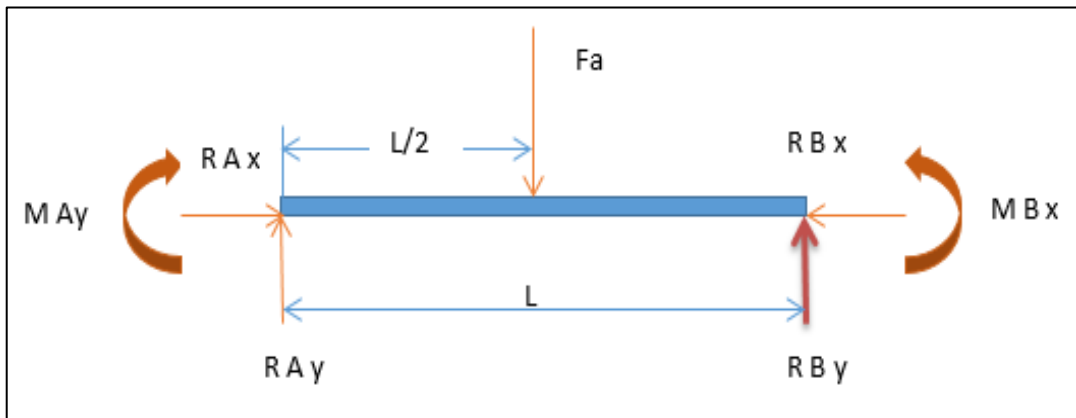


Figura 5. 1. Diagrama de cargas

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} = F_a$$

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{Ax} = R_{Bx}$$

$$\sum M = 0$$

$$M_A = M_B$$

Secciones

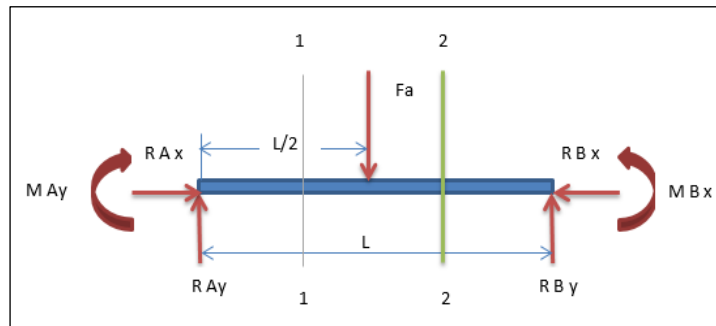


Figura 5. 2 Diagrama de secciones

Sección 1-1 ($0 \leq x \leq L/2$)

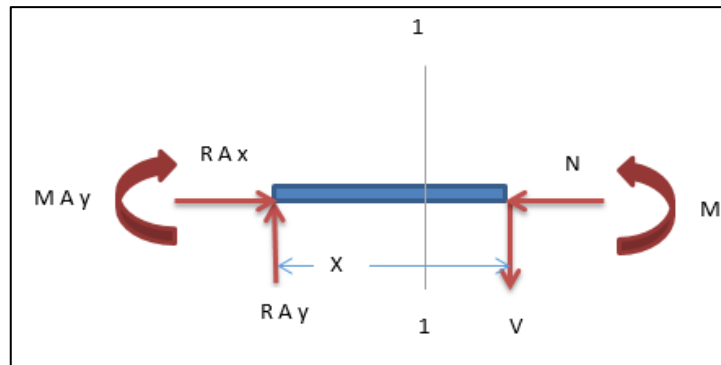


Figura 5. 3. Sección 1-1

$$\sum V = 0$$

$$V = R_{Ay}$$

$$\sum N = 0$$

$$N = R_{Ax}$$

$$\sum M = 0$$

$$M = M_A + R_{Ay} * x$$

$$x = 0$$

$$M = M_A$$

$$x = \frac{L}{2}$$

$$M = M_A + R_{Ay} * \frac{L}{2}$$

Sección 2-2 ($L/2 \leq x \leq L$)

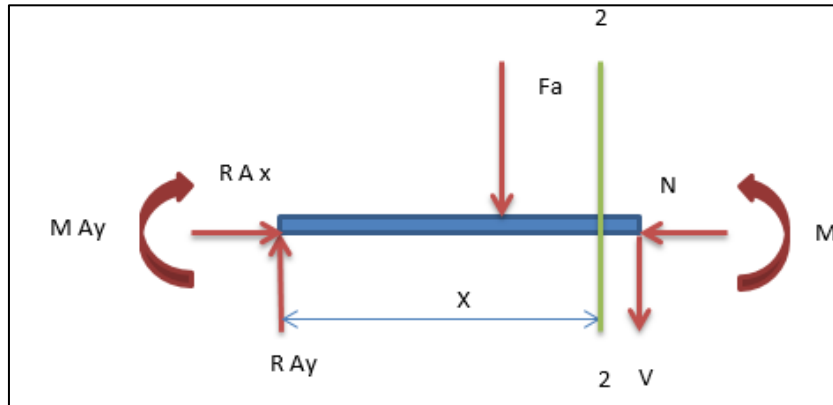


Figura 5. 4. Sección 2-2

$$\sum V = 0$$

$$N = R_{Ax}$$

$$V = R_{Ay} - F_a$$

$$\sum M = 0$$

$$\sum N = 0$$

$$M = M_A + R_{Ay} * x - F_a * \left(x - \frac{L}{2}\right)$$

$$x = \frac{L}{2}$$

$$M = M_A + R_{Ay} * x$$

$$x = L$$

$$M = M_A + R_{Ay} * L - F_a * \left(x - \frac{L}{2}\right)$$

5.1.4. Ecuación de la Elástica

La ecuación de la elástica se utilizó para determinar el momento final.

$$EI \frac{d^2y}{d^2x} = M_A + R_{Ay} * x - F_a * \left(x - \frac{L}{2}\right)$$

Se aplicó el método de doble integración.

$$EIy = M_A * \frac{x^2}{2} + R_{Ay} * \frac{x^3}{6} - F_a * \frac{(x - \frac{L}{2})^3}{6} + C_1 * x + C_2$$

En el punto A de la viga la pendiente y la deflexión son igual a cero, por tanto, las constantes C_1 y C_2 son nulas.

Para determinar los valores de R_{Ay} y M_A se considera el punto B en el que la pendiente y la deflexión son igual a cero.

$$L = 0,6 \text{ m}$$

$$F_a = 718.552 \text{ kgf.}$$

$$0 = 0.6M_A + 0.18R_{Ay} - 718.552 * \frac{(0.6 - 0.3)^2}{2}$$

$$Ec1: \quad 0 = 0.6M_A + 0.18R_{Ay} - 32.335$$

$$0 = 0.18M_A + 0.036R_{Ay} - 718.552 * \frac{(0.6 - 0.3)^3}{6}$$

$$Ec2. \quad 0 = 0.18M_A + 0.036R_{Ay} - 3.233$$

Resolviendo el sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, los resultados son:

$$R_{Ay} = 359,278 \text{ kgf}$$

$$M_A = -53.9 \text{ kgf} * \text{m}$$

$$M_A = 53.9 \text{ kgf} * \text{m} \text{ (giro antihorario)}$$

5.1.5. Resumen de resultados para la viga

Tabla 5.1. Resumen de resultados

CÁLCULOS REALIZADOS			
Reacciones			
Ecuación	Resultados		
$R_{Ay} + R_{By} = F_a$	$F_a = 718.556 \text{ kgf}$	$R_{Ay} = 359.278 \text{ kgf}$	$R_{By} = 359.278 \text{ kgf}$
Momentos			
$M_A = M_B$	$M_A = 53.9 \text{ kgf} * \text{m} \text{ (giro a. h)}$	$M_B = 53.9 \text{ kgf} * \text{m} \text{ (giro h)}$	
Sección 1-1 (0 ≤ x ≤ 0.3) m			
	$x = 0m$	$x = 0.3m$	

$V = R_{Ay}$	$V = 359.278 kg_f$	$V = 359.278 kg_f$
$M = M_A + R_{Ay} * x$	$M = 53.9 kg_f * m$	$M = 53.9 kg_f * m$
Sección 2-2 (0.3 ≤ x ≤ 0.6) m		
	$x = 0.3m$	$x = 0.6m$
$V = R_{Ay} - F_a$	$V = -359.278 kg_f$	$V = -359.278 kg_f$
$M = M_A + R_{Ay} * x - F_a * \left(x - \frac{L}{2}\right)$	$M = -53.9 kg_f * m$	$M = 53.9 kg_f * m$

5.1.6. Diagramas de carga, fuerza cortante y momento flector

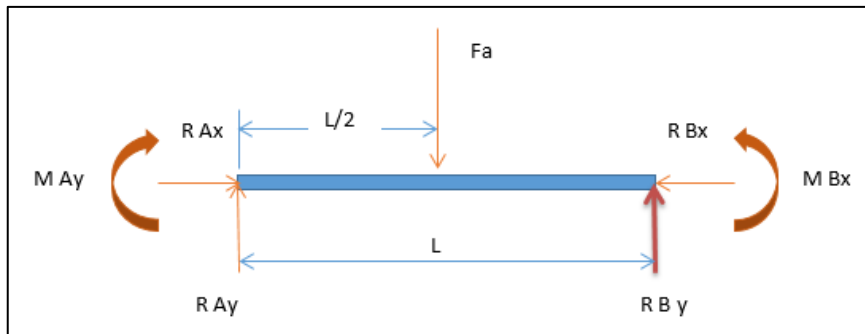


Figura 5. 5. Diagrama de carga

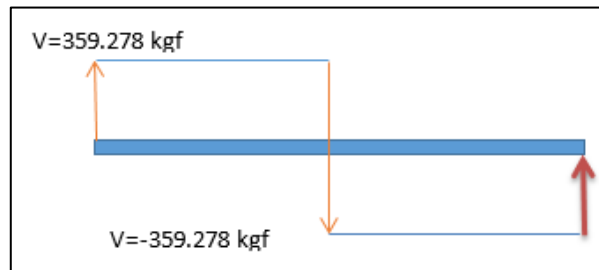


Figura 5. 6. Diagrama de esfuerzo cortante

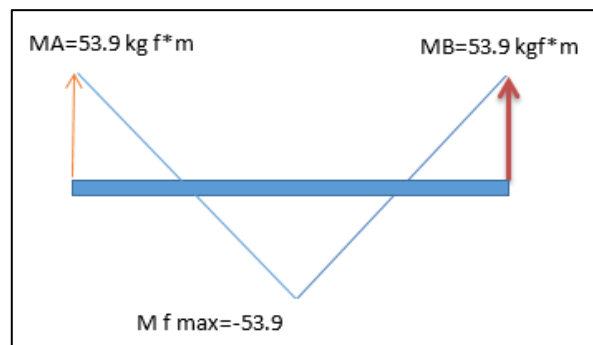


Figura 5. 7.Diagrama de momento flector

El momento flector máximo se presenta en el punto medio de la viga. A continuación se determina el módulo de sección de la viga.

$$\sigma = \frac{Mf}{S}$$

$$S = \frac{1}{6} * b * h^2$$

Donde:

Dimensiones de la pletina:

$$b = 3/8 \text{ inch} = 0.9525 \text{ cm}$$

$$h = 2.5 \text{ inch} = 6.35 \text{ cm}$$

$$S = \frac{1}{6} * 0.9525 \text{ cm} * 6.35^2 \text{ cm}^2$$

$$S = 6.4012 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{5390 \text{ kg}_f * \text{ cm}}{6.4012 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma = 842.0296 \frac{\text{kg}_f}{\text{cm}^2}$$

El σ de fluencia del acero A 36 es:

$$\sigma_f = 3200 \frac{\text{kg}_f}{\text{cm}^2}$$

R= Al comparar el esfuerzo calculado con el esfuerzo teórico se determinó que el primero equivale al 0.2631 en relación al segundo, por tanto se acepta el material.

A continuación se determinó la deflexión de la viga.

$$EIy = M_A * \frac{x^2}{2} + R_{Ay} * \frac{x^3}{6} - F_a * \frac{(x - \frac{L}{2})^3}{6}$$

Con base al cálculo realizado, la deflexión de la viga es muy pequeña (casi nula).

$$EIy = -53.9 * \frac{0.3^2}{2} + 359.278 * \frac{0.3^3}{6} - 718.556 * \frac{(0.3 - 0.3)^3}{6}$$

$$EIy = -0.8087 \text{ kgf} * \text{m}^3$$

Para:

$$E = 2.039 * 10^6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{12} * b * h^3$$

$$I = \frac{1}{12} * 0.9525 \text{ cm} * 6.35^3 \text{ cm}^3 = 20.3238 \text{ cm}^4$$

$$y = \frac{-0.8087 * 10^6 \text{ kgf} * \text{cm}^3}{2.039 * 10^6 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * 20.3238 \text{ cm}^4}$$

$$y = 0.019515 \text{ cm}$$

$$y = 0.19515 \text{ m}$$

R= De acuerdo al cálculo realizado la deflexión de la viga es mínimo, de esta manera se acepta las características del material para la utilización en la construcción de la máquina.

5.2. Cálculo de la columna

Para realizar el cálculo de la columna, se considera como doblemente empotrada.

K teóricos	0.5
K diseño	0.65




Figura 5. 8. Constantes de deformación en la columna

Fuente: [28]

5.2.1. Relación de Esbeltez

$$\lambda = \frac{KL}{r}$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

El radio de giro se considera tanto en el eje longitudinal X y transversal Z (en el centro de gravedad de la sección)

$$I_x = 0.4573 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 20.3238 \text{ cm}^4$$

$$A = 6.0484 \text{ cm}^2$$

$$r_x = \sqrt{\frac{0.4573 \text{ cm}^4}{6.0484 \text{ cm}^2}}$$

$$r_x = 0.275 \text{ cm}$$

$$r_z = \sqrt{\frac{20.3238 \text{ cm}^4}{6.0484 \text{ cm}^2}}$$

$$r_z = 1.8331 \text{ cm}$$

La esbeltez de los elementos flexo comprimidos o comprimidos axialmente se determinó con el menor radio de giro.

$$\lambda = \frac{0.65 * 80 \text{ cm}}{0.275 \text{ cm}}$$

$$\lambda = 189.9091$$

La relación de esbeltez máxima para elementos de compresión es: $\lambda \leq 200$

R= Comparando la relación de esbeltez calculada con la teórica, ésta es menor por lo que se acepta el material para la construcción de la máquina.

5.2.2. Carga Crítica

La carga crítica es la carga que debe aplicarse para que el elemento a flexo compresión se pandee.

$$F_c = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

$$F_{cx} = \frac{2.039 * 10^6 \frac{kg_f}{cm^2} * 4.5729cm^2 * \pi^2}{52^2 cm^2}$$

$$F_{cx} = 3448.2778 kg_f$$

$$F_{cy} = \frac{2.039 * 10^6 \frac{kg_f}{cm^2} * 20.3238cm^2 * \pi^2}{52^2 cm^2}$$

$$F_{cy} = 151256.9004 kg_f$$

Un elemento flexo comprimido pandea por el plano que presenta menor rigidez a la flexión, es decir, en plano respecto al cual el módulo de rigidez a la flexión es mínimo: $E \cdot I_{\min}$.

Con base a lo indicado en el párrafo anterior, se consideró:

$$F_c = 3448.2778 kg_f$$

R= Al comparar la carga aplicada axialmente al elemento con la carga crítica F_c calculado, se determina que ésta representa en porcentaje el 10.4191 %, por tanto se acepta el material.

5.2.3. Esfuerzo crítico.

$$\sigma_{cr} = \frac{F_c}{A}$$

$$\sigma_{cr} = \frac{3448.2778 kg_f}{0.9525 cm^2}$$

$$\sigma_{cr} = 3620.2391 \frac{kg_f}{cm^2}$$

5.2.4. Esfuerzo de compresión.

$$\sigma_c = \frac{R A_y}{A}$$

$$\sigma_c = \frac{359.278 kg_f}{0.9525 cm^2}$$

$$\sigma_c = 377.1948 \frac{kg_f}{cm^2}$$

$$\sigma_c < \sigma_{cr}$$

$$377.1948 \frac{kg_f}{cm^2} < 3620.2391 \frac{kg_f}{cm^2}$$

R= Se acepta el material.

5.3. Calculo de cilindro hidráulico

$$D = \sqrt{\frac{4 * F}{0,9 * \pi * P}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * (1249.654 \text{ lb}_f)}{0,9 * \pi * (95 \text{ psi})}}$$

Las consideraciones para el cálculo del pistón se tomaron en función del trabajo debido a que en el mercado nacional no existe cilindros hidráulicos de capacidades menores a los industriales por tal motivo se tomó uno disponible el cual tiene un diámetro de:

$$D = 6 \text{ cm}$$

Con este dato se dimensionó el embolo del cilindro el cual será posteriormente utilizado para realizar el proceso de compresión.

5.4. Construcción y montaje de la maquina termoformadora

La construcción y montaje van de acuerdo a los cálculos realizados anteriormente y se evidencia de manera gráfica en la sección de anexos.

5.5. Diseño y construcción de las matrices de termoformado

Para el diseño de las matrices de termoformado se realizó un análisis de manera experimental determinando que tipo de forma y dimensiones tendría el plato, considerando la profundidad, la forma, el ancho etc.

Teniendo en cuenta estos parámetros se realizó el diseño de los prototipos de la matriz en el software AUTO CAD.

5.6. Características mecánicas del tallo de la planta de abacá

El objetivo fundamental planteado para este trabajo es la realización del termoformado de platos biodegradables a base de la planta de abacá, las cuales se ensayaron en probetas a tracción, flexión bajo las respectivas normas. Para lograr este objetivo se utilizaron los materiales y equipos que se describen a continuación.

5.6.1. Materiales

Tallo de abacá

En el presente estudio se utilizó la planta de abacá, determinada por sus propiedades mecánicas y físicas es la más adecuada para realizar un proceso de conformado en ellas.



Figura 5. 9. Planta de abacá o cáñamo de manila

Balanza electrónica digital AE ADAM.

Para determinar el peso de las probetas se utilizó una balanza electrónica digital CAMRY, la cual tiene una capacidad de 6000 g y una apreciación de 0,1 g. mostrada en la figura 5.10.



Figura 5. 10. Balanza electrónica digital AE ADAM

Máquina de ensayos TINIUS OLSEN

Es una máquina destinada para realizar ensayos en materiales de diferentes características mecánicas y físicas, los ensayos que se pueden realizar son: flexión, torsión, compresión etc.

5.6.2. Ensayos bajo norma

Los procedimientos para la realización de los respectivos ensayos destructivos vienen respectivamente normalizados para con ello garantizar la confiabilidad de los datos obtenidos. Para los diferentes ensayos, las probetas tienen dimensiones determinadas por lo que se deben utilizar moldes que garanticen sus especificaciones. Las normas usadas son: ASTM D 3039-08 para tracción, ASTM D 7264-07 para flexión. Los moldes que se emplearon para este propósito se muestran a continuación en la Figura 5.3. [43]



Figura 5. 11. Moldes de: (a) tracción; (b) flexión
Fuente: [43]

El primer molde es utilizado para obtener probetas unitarias para ensayos de tracción se muestra en la Figura 5.11. (a), con las dimensiones normalizadas que se muestran en la Figura 5.12.

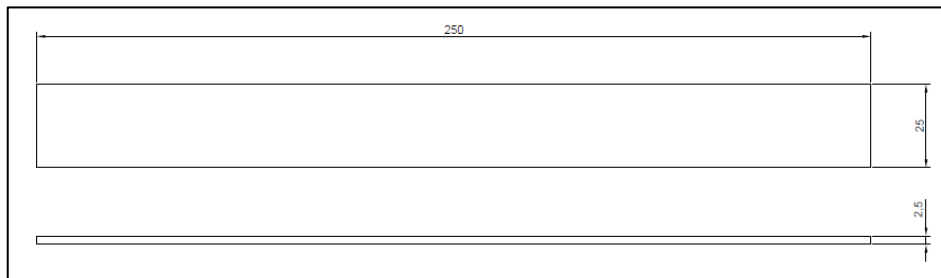


Figura 5. 12. Dimensiones de la probeta para ensayo de tracción, según norma ASTM D 3039-08.
Fuente: [43]

El segundo molde es utilizado para obtener probetas unitarias de flexión con dimensiones normalizadas, mostrado en la Figura 5.11. (b), que se presentan en la Figura 5.13.

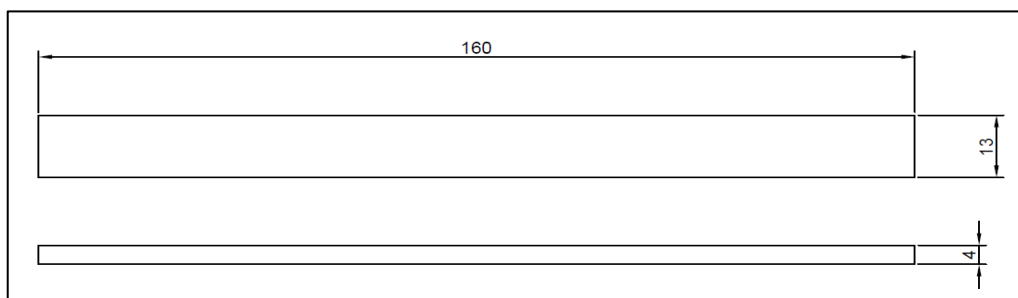


Figura 5. 13. Dimensiones de la probeta para ensayo de flexión, norma ASTM D 7264-07.
Fuente: [43]

Para determinar la fuerza necesaria para fracturar el tallo del abacá se realizó el ensayo de tracción según norma ASTM D 3039-08. Obteniendo los siguientes resultados con el ensayo 1 y 2.

Los datos obtenidos en los ensayos se presentan en la tabla 5.2.

Tabla 5.2. Ensayos de tracción según norma ASTM D 3039-08

N° Ensayos	Planta	Tamaño de la probeta (mm)	Peso	Porcentaje de humedad	Fuerza (N)	Equipo	Tiempo (s)	Color
1	Abacá	250 x 25 mm	10 g/cm ²	80%	2378 N	TINIUS OLSEN	180	Café claro
2	Abacá	160 x 13 mm	1g/cm ²	10%	4082 N	TINIUS OLSEN	300	Café oscuro

Análisis del ensayo N° 1

Al realizar el ensayo de tracción con la probeta N° 1, mencionada en la tabla 5.1, se determinó que la fuerza necesaria para fracturar el material es de 2378 N, en un tiempo estimado de 180 s. siendo un material de alta resistencia a la fractura.

Análisis del ensayo N° 2

Al realizar el ensayo de tracción con la probeta N° 2, mencionada en la tabla 5.1, se determinó que la fuerza necesaria para fracturar el material es de 4082 N, en un tiempo estimado de 300 s. siendo un material de alta resistencia a la fractura, por lo tanto el ensayo N° 2, es el más adecuado para nuestro proyecto.

5.6.2.1. Ensayos de manera experimental

Materiales

- Prensa hidráulica manual de 5 toneladas con manómetro
- Tallo de abacá

Para la realización de los ensayos de manera experimental se utilizó una prensa hidráulica de 5 toneladas.



Figura 5.14. Prensa hidráulica manual

Los resultados obtenidos de acuerdo a la presión ejercida por la prensa hidráulica a un tallo de abacá de dimensiones mostradas en la Tabla 5.3. Son:

Tabla 5.3. Características mecánicas y físicas del tallo de abacá

Planta	Tamaño de la muestra (mm)	Peso	Porcentaje de humedad	Color	Presión ejercida
Abacá	170 x 110 mm	10 g/cm ²	10%	café claro	95 psi

Los 95 psi que se mencionan en la tabla anterior fueron tomados de manera experimental con una prensa manual, considerando la presión aproximada que se necesita para lograr una deformación en el tallo hasta lograr el adecuado conformado del mismo.

5.6.2.2. Temperatura

La temperatura a la cual puede soportar el tallo de abacá se muestra en la tabla 5.4. A continuación.

Tabla 5.4. Ensayos de temperatura

MATERIAL	HUMEDAD	TIEMPO	TEMPERATURA
Abacá	80%	10 min	250° C
Abacá	10%	5 min	200° C
Abacá	2%	3 min	200° C

De acuerdo a la tabla anterior se consideró de manera experimental la temperatura a la cual puede soportar el abacá.

La cual será el parámetro más importante al momento de realizar el proceso de termoformado siendo una planta de gran resistencia a la temperatura.

5.7. Resultados de los ensayos de manera experimental

- Con los ensayos realizados al tallo de la planta de abacá se determinó que la resistencia a rotura es muy buena soportando de manera experimental 95 psi, aplicados con una prensa de 5 toneladas.
- La temperatura que soporta el tallo del abacá viene dado por su porcentaje de humedad, para el presente ensayo se utilizó el tallo con humedad aproximada de 80%, 10% y 2%, siendo la más óptima el tallo con un 2% de humedad.
- La temperatura óptima según los ensayos realizados esta entre los 200° C y 240° C, con una presión de 100 PSI de presión.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1. PRESUPUESTO

En el presente capítulo se realiza el análisis económico de todos los costos involucrados en el desarrollo del proyecto y se detallarán a continuación.

- Costos directos
- Costo de mano de obra
- Costos indirectos

6.1.1. Costo de materiales

Los materiales son el elemento principal en el análisis de costos, ya que ayudarán a obtener productos terminados por medio de manufactura. Los costos de los materiales se muestran en la tabla 6.1.

Tabla 6. 1. Costos directos

N°	Pieza/Elementos	Material	Descripción	Cant.	Costos c/u	Precio (\$)
1	Estructura	Acero ASTM A-36	Pletina 2 ½ x 3/8 L 6000 mm	1	30	30
2	Estructura de Soporte superior e inferior	acero	UPN 160 x 12 x 65 mm L 2.40 m	1	120	120
3	Estructura	eje de transmisión	Eje de transmisión SAE 1018	1 m	21	21
4	Tornillería	Pernos	8 Pernos de 2" x ¾ con tuercas de presión respectivamente	8	0,75	6
5	Matriz	Acero 1045	Acero al carbono	1	700	1400
6	Hidráulico		Central hidráulica	1	1350	1350
7	Estructura	Acero	Mesa para el soporte de bastidor tubo cuadrado de 50 mm x 50 mm x 2 mm	6 m	100	100
8	Hidráulico		Mangueras de presión para central hidráulica		30	60
9	Estructura	Acero ST37 laminado en frío	Plancha de 120 x 240 m	1	210	210
10	Sistema de calentamiento	Resistencias	Tipo cartucho 150 x 10 mm	2	10	20
11	Sistema de calentamiento	Control de temperatura digital	REX - C700 0-1200°C 110/220	1	35,44	35,44

12	Sistema de calentamiento	Termocupla bayota	Tipo J2M 0 -600°C	1	6,16	6,16
13	Sistema de calentamiento	Cable térmico	Cable térmico recubierto	1 m	2,50	2,50
					Valor total	\$3,427.00

6.1.2. Costos de la mano de obra

Consiste en los costos de fabricación de los elementos de la máquina.

Para una personas con un sueldo básico de 399.30 dólares mensuales se realizó el cálculo de la mano de obra, tomando en cuenta que se trabajó 30 días, con una jornada laboral de 8 horas diarias teniendo como resultado el costo de la hora trabajada la cual es \$ 1.66 h

Para este proyecto se tomó en cuenta la mano de obra de 2 personas teniendo un total de \$ 798.6 dólares americanos.

6.1.3. Costos indirectos

Los costos indirectos son los que no influyen en la fabricación de la maquina directamente, pero que son necesarios para el desarrollo de la misma, la tabla 6.6. Muestra los costos indirectos.

Tabla 6. 2. Costos indirectos

Denominación	Referencia calculo	Costo (\$/hora)	Subtotal (\$)
	Tiempo (horas)		
Diseño	50	1,66	83,00
transporte		20,00	20,00
Impresiones		0,30	50,00
software	100	1,00	100,00
		Total	253,00

6.1.4. Costo total del proyecto

El costo total de la máquina viene dado por la sumatoria de cada uno de los rubros involucrados la construcción.

Tabla 6. 3.Costo total del proyecto

Denominación	Costo (\$)
Materiales	3.427,44
Mano de obra	798,6
Costos indirectos CIF	253,00
Total	4,479.04

6.1.5. Valor Actual Neto

El Valor Actual Neto (VAN), consiste en un criterio de inversión en el cual se actualizan los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión.

Esto quiere decir que la suma de los flujos de caja anuales actualizados deducido el valor de la inversión. Para el cálculo del VAN se utilizó la siguiente fórmula.

$$VAN = -A + \frac{Q1}{(1 + K)^1} + \frac{Q2}{(1 + K)^2} + \dots + \frac{Qn}{(1 + K)^n}$$

Donde:

Q1, Q2, Q3,...Qn = son los flujos de caja (ingresos y egresos).

K= la tasa de descuento.

A= inversión inicial.

Para que la inversión sea rentable el VAN debe tener un resultado positivo es decir $VAN > 0$

Por lo tanto tenemos como resultado positivo que es el que se menciona a continuación.

$$VAN = 173,62 \text{ dólares}$$

Este resultado es positivo por lo tanto la construcción de la máquina es factible, recuperando la inversión en corto tiempo.

6.1.6. Cálculo de la tasa interna de rentabilidad (TIR)

Como la tasa interna de retorno es mayor que el % vigente, se considera viable al proyecto y es aconsejable realizarlo.

Para el cálculo del TIR se utilizó la siguiente fórmula.

$$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n}$$

Donde:

Fn= Es el flujo de caja en un periodo determinado.

N= Número de periodos

i= Es el valor de la inversión inicial.

$$TIR = 17\%$$

Concluyendo con este estudio se determinó que la maquina termoformadora aportara de manera positiva generando ganancias del 17%.

6.2. ANÁLISIS DE IMPACTOS

Práctico

El proyecto de la máquina termoformadora de platos con materia prima biodegradable sirve como una iniciativa para reducir los impactos ambientales, como es la basura además con este proyecto se minimizará la utilización de platos de plástico y sus derivados.

Impacto simbólico

La máquina representa una iniciativa de proyectos innovadores amigables con el ambiente el cual servirá como un modelo a seguir para posteriores proyectos que vinculen la industria con el cuidado del medio ambiente.

Impacto tecnológico

El presente proyecto está fomentando nuevas iniciativas de proyectos tecnológicos ya que está ligado a la automatización de equipos y construcción de nuevos prototipos, viables a un costo accesible en el mercado.

Social

De acuerdo al estudio realizado en este sector, sobre la elaboración de platos en base a materia prima biodegradable, se ha visto la importancia de utilizar nuevos recursos e iniciativas para crear nuevas fuentes de ingresos en diferentes sectores productivos, involucrando más a la sociedad y fomentando así nuevos lazos de comercialización con las pequeñas, medianas y grandes empresas

Ambiental

En los últimos años se ha evidenciado los daños causados por el hombre al medio ambiente, debido al mal uso de los recursos naturales, y la creación de muchos residuos sintéticos no biodegradables, pero de esta manera también se tiene el compromiso de ayudar a reducir esta problemática, fomentando una iniciativa medioambiental con proyectos con un cierto carácter de gestión ambiental, reduciendo los posibles daños que pueda ocasionar los mismos.

Económico

Al ser una iniciativa de negocio el proyecto de termoformado de platos a base de la planta de abacá, interviene principalmente la materia prima biodegradable, esta propuesta tendrá una gran aceptación en el mercado al ser un producto natural, debido a que la mayoría de platos desechables está compuesto de materia prima no biodegradable que contamina el ambiente, siendo una buena alternativa de negocio.

Ético

La necesidad humana básica que permite satisfacer el proyecto es la contaminación que se encuentra en los lugares públicos donde se vende comida rápida.

Epistemológico

Los nuevos campos que abre o potencia la iniciativa de este proyecto es involucrar la materia prima biodegradable para la fabricación de elementos de uso cotidiano y así combatir el uso de materiales no degradables.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Para el dimensionamiento del cilindro, teniendo en cuenta la fuerza aplicada y en comparación a otras máquinas oleo hidráulicas, existe mucha dificultad al intentar adquirir cilindros de diámetros pequeños en el mercado nacional por el motivo de no ser de gran comercialización, por esta razón mediante catálogos se logró aproximar a las dimensiones requeridas y conseguir uno acorde a la necesidad de la máquina.
- Para la determinación de cada uno de los componentes tanto eléctricos como mecánicos se concluye que se debe realizar un análisis de cada uno de los sistemas involucrados en el, cabe recalcar que los materiales tanto para la parte eléctrica como mecánica son de fácil acceso en el mercado nacional.
- Se concluye que el material utilizado para el termoformado soporta 100 Psi y una temperatura de 245° C, para su conformado en 1 min.
- Para la termoformación se necesita un porcentaje de humedad mínimo en el tallo y una temperatura uniforme en las dos matrices.
- Se concluye que el tiempo de calentamiento de las matrices es de 15 min y esta lista para su uso.

7.2. RECOMENDACIONES

- Para facilitar el proceso de diseño, es de gran importancia tener en cuenta los conocimientos adecuados, para obtener los resultados esperados según el objetivo planteado en el proyecto.
- Es recomendable que las matrices de termoformado sean de alta resistencia a la temperatura considerando como temperatura base los 300° C.
- Se recomienda el uso de hojas delgadas y secas para el termoformado.
- Es recomendable tener la suficiente temperatura y distribución uniforme de las resistencias para lograr el proceso de termoformado adecuado.
- Se recomienda el uso de material aislante en la estructura donde están situadas las matrices de calentamiento para evitar la pérdida de calor.
- Para realizar el proceso de termoformado es recomendable que la maquina este ubicada en lugares libres de contaminación y humedad, debido a que puede existir corrosión en los metales, provocando oxidación.

8. REFERENCIAS

- [1] PLASTIGAS, «manual tecnico de termoformado,» 2015. [En línea]. Available: <https://tecnologia3bunlp.files.wordpress.com/2015/03/manual-determoformado.pdf>.
- [2] P. A. C. E. L. Horna Trejo, «Productos Biodegradables,» Perú, 2013.
- [3] CEATECI, Termoformado a nivel PYME, 2010.
- [4] A. L. Martínez, Noviembre 2015. [En línea]. Available: https://w3.ual.es/~alm212/documentos/TF-Apuntes_de_Teoría.pdf.
- [5] «Cosmos laminas de acrilico,» [En línea]. Available: <https://www.cosmos.com.mx/catalogo/laminas-de-plastico-acrilico-mar-industrial-distribuidora-bv3g4xy4.html>.
- [6] A. Otero, «acerosotero,» 16 febreo 2017. [En línea]. Available: http://www.acerosotero.cl/pdf/fichas/plancha_acero_carbono_astma36.pdf. [Último acceso: miercoles 05 2108].
- [7] D. P. D. Frank P. Incropera, Fundamentos de transferencia de calor, pearson, 1999.
- [8] J. P. Holman, Transferencia de calor, McGraw-Hill, 1998.
- [9] R. M. M. S. B. Frank Kreith, Pricipios de transferencia de calor, Mexico: Editec S.A, 2015.
- [10] «ResisPer,» [En línea]. Available: https://www.google.com.ec/search?q=resistencia+tipo+cartucho&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjwk9zdmO_bAhXS0FMKHXTKAbAQ_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=beJsG8wvghNLM:
- [11] Y. A. B. M. Cengel, termodinámica(vol. 7ma edicion), Mexico D.F: McGraw Hill, 2012.
- [12] C. d. C. Juan Gabriel Barbosa Saldaña, Termodinamica para Ingenieros, 2014.
- [13] R. L. Mott, Mecánica de fluidos, Editorial Pearson, 2006.
- [14] S. d. l. Heras, Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas, Barcelona: La factoria , 2011.
- [15] «Tanques hidraulicos,» [En línea]. Available: https://www.google.com.ec/search?q=tanque+de+deposito+hidraulico&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=5GBLJhOdIpGfSM%253A%252CR3Cw5cZJbC5c8M%252C_&usg=__L86GWOk9euo-lQJikcnhBK02qa4%3D&sa=X&ved=0ahUKEwii1OX__O_bAhWEzlkKHdbeDI0Q9QEINzAB#imgrc=JPN1jW8oBms5PM:

- [16] «Manguera hidraulica, terminales y equipos,» 2 2 2017. [En línea]. Available: http://www.parker.com/Literature/Hose%20Products%20Division%20Europe/Literature_2014/Catalogs/CAT_4400_ES_2018_02.pdf.
- [17] SMC, «cilindros hidraulicos,» 29 4 2014. [En línea]. Available: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/local/ES/cilindros_hidraulicos/CH_cat_es.pdf.
- [18] P. Roquet, «Roquet, S.A.,» [En línea]. Available: <http://www.pedro-roquet.com/>.
- [19] A. C. Solé, Neumática e Hidraulica, Marcombo, 2010.
- [20] Faires, Cilindros hidraulicos.
- [21] T. LUCAS, «Talleres Lucas,» [En línea]. Available: <http://www.tallereslucas.cl/>. [Último acceso: Lunes Junio 2018].
- [22] T. Aida, «Academia.edu,» [En línea]. Available: http://www.academia.edu/11708750/I._Cilindros_Neum%C3%A1ticos. [Último acceso: Martes Junio 2018].
- [23] C. David, «Hidranaven,» [En línea]. Available: <http://www.hidranaven.com/pdf/presion.pdf>.
- [24] Wikipedia. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Electro%C3%A1lvula>. [Último acceso: 3 abril 2018].
- [25] G. Bavaresco, «GABP ingeniero,» 15 agosto 2016. [En línea]. Available: <https://gabpingeneria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/prensas.pdf>. [Último acceso: 2018].
- [26] A. M. S. Caviedes, «Diseño y construccion de una prensa hidraulica,» Quito , 2014.
- [27] B. David, «Webcourse- contents,» [En línea]. Available: http://nptel.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT-%20Guwahati/engg_mechanics/chap3/beams/lec_6/lecture6.htm. [Último acceso: 3 Junio 2018].
- [28] J. C. McCormac-, Diseño de Estructuras de Acero, Mexico: Alfaomega grupo Editor, S.A., 2012.
- [29] CETAL, «CRN TECNOPART,» 2016. [En línea]. Available: http://www.crntecnopart.com/images/pdf/ESP/catalog/cetal_es.pdf.
- [30] JOUANIN, «ACIM JOUANIN,» 2015. [En línea]. Available: http://www.acim-jouanin.fr/espanol/contenu/catalogue/resistancias_planas/RESISTENCIAS_PLANAS.pdf.

- [31] C. D. M. Zurita, «CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA,» Riobamba , 2012.
- [32] KINTEL, «Kintel S.A. de C.V.,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.kintel.com.mx/contacto/>.
- [33] «Automatizacion y Electronica,» [En línea]. Available: https://www.dirind.com/dae/monografia.php?cla_id=12. [Último acceso: Miercoles Junio 2018].
- [34] «Instrumentos de Medida,» [En línea]. Available: https://www.google.com.ec/search?q=manometro+diferencial&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiQw_GQ3-_bAhWFrFkKHf22BfMQ_AUICigB&biw=1517&bih=735#imgrc=SKoEWzmbZgESaM. [Último acceso: Miercoles Junio 2018].
- [35] «Digikey,» [En línea]. Available: <http://medirtemperatura.com/sensor-temperatura.php>. [Último acceso: Lunes Abril 2018].
- [36] G. E. C. GARZA, Medicion de temperatura con termopares, Monterrey.
- [37] J. M. A. Rosa, «tipos de termopares,» 2016.
- [38] R. L. Mott, Diseño de elementos de máquinas, Pearson Educación, 2006.
- [39] G. T. M. TOBÍAS, «Tesis y Monografias,» 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8990/1/UPS-KT01106.pdf>. [Último acceso: 2018].
- [40] FESTO, «Festo,» [En línea]. Available: <http://www.festo-didactic.com/int-es/servicios/simbolos/tecnica-de-fluidos-hidraulica/bombas-y-motores/?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4zNC4xMjMy&page=1&offset=0&list=1&show=1>.
- [41] A. Berrondo, «scribd,» 2015. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/doc/219952199/01-Oleohidraulica-145pag>. [Último acceso: 2018].
- [42] V. M. Faires, Diseño de Elementos de Maquinas, Mexico: Limusa S.A, 2003.
- [43] W. O. R. CASTILLO, «Termoformada y empaquetado en la industria,» Bogota , 2014.
- [44] F. P. Incropera, Transferencia de Calor, 2102.
- [45] R. P. Areny, SENSORES, marcombo.
- [46] L. E. M. F. A. M. P. CHILE, «Diseño y construcción de una maquina termoformadora de plástico,» 2015.
- [47] A. Trullás, «Trullás Resistencias Eléctricas,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.albertrullas.com/catalogo.pdf>.

- [48] J. E. Shigley, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley., C.P. 01376, México, D. F..
- [49] S. F. C. Jack C. McCormac, Structural Steel Design, pearson, 2017.
- [50] Almandoz, Dimensionamiento de pistones, 2007.
- [51] UNESCO, «Areas del conocimiento».
- [52] M. D. C. COLOMBIA, «Mincultura,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.mincultura.gov.co/Sitios/patrimonio/bibliotecas-de-cocinas/tomos/tomo12.pdf>.
- [53] G. R. Avilés, «repository.eafit.edu.co,» 2005. [En línea]. Available: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2.
- [54] Equipos, «Termodinamica,» de Transferencia de Calor , <http://www.edibon.com/es/area/90-thermodynamics-thermothechnics/93-thermodynamics-heart-transfer>, Edibon , 2017.
- [55] I. Brentwood Industries, «brentwood,» brentwood, 2018. [En línea]. Available: <http://es.brentwoodindustries.com/>.
- [56] L. E. M. Chile, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TERMOFORMADORA,» 2016.
- [57] SUMINDU, «SUMINDU Aceros Inoxidables,» [En línea]. Available: <http://www.sumindu.com/especificaciones/4-%20H13.pdf>.
- [58] SANARA, «SANARA resistencias electricas,» [En línea]. Available: <http://www.sanarasa.com/resistencias/>.
- [59] D. S.A, «DIAMORE,» [En línea]. Available: <http://www.diamoresa.com.ar/Cartuchos.html>.
- [60] C. d. monroy, «Wikispace.com,» 2017. [En línea]. Available: <https://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Último acceso: 2018].
- [61] SOLDEXA, «Manual de Soldadura,» de Manual de Soldadura Soldexa , OERLIKON , 2015.
- [62] H. R. Galbarro, «Ingemecanica,» 2018. [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/contacto/contacto.html>. [Último acceso: junio 26 2018].
- [63] J. C. R, «Proyectosingenieria,» [En línea]. Available: https://w3.ual.es/Depar/proyectosingenieria/descargas/Normas_Edificacion/NBE-EA95.pdf.

9. ANEXOS

MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA TERMOFORMADORA

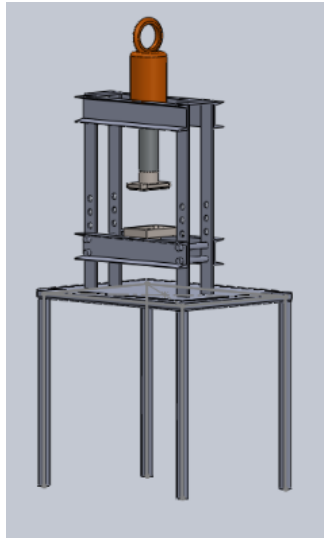
El manual de operación y mantenimiento de la maquina termoformadora es la herramienta más importante, que garantizara la seguridad de las personas involucradas en su manejo. El objetivo del presente manual, es proporcionar una guía detallada acerca de la correcta manipulación de los elementos que comprenden la máquina, antes y después de la operación.

Precauciones de seguridad

- La supervisión, manejo y mantenimiento será realizado por una persona capacitada en el manejo de la máquina.
- Use gafas de protección cuando opere o realice mantenimiento al sistema hidráulico de la máquina.
- Utilice protecciones auditivas.
- Al momento de realizar labores de mantenimiento, asegúrese de que la bomba eléctrica se encuentra des energizada
- Compruebe regularmente el estado de mangueras y acoples.
- Utilice prendas adecuadas que no puedan provocar atrapamiento por las partes móviles.
- Asegúrese de que estas instrucciones estén disponibles para ser leídas por otros operarios que vayan a utilizar la máquina termoformadora.



COMPONENTES DE LA MAQUINA TERMOFORMADORA



ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	CILINDRO HIDRÁULICO
2	UNIDAD ELECTROHIDRÁULICA
3	PASADORES DE SOPORTE DE LA MESA DE TRABAJO
4	MESA DE TRABAJO
5	PLETINAS COLUMNA
6	MATRICES DE TERMOFORMADO
7	VIGAS UPN
8	MANGUERAS

Elementos de control

- Como elemento de control tendremos a un contactor que está conectado a un interruptor de perilla para el arranque del sistema ubicado en la parte frontal de la máquina mismo que va activar la luz piloto indicando si está encendido o apagado el sistema.
- Luz piloto verde para verificar si el módulo está en marcha o paro.
- Sensor de temperatura y medidor digital encargado de regular la temperatura de trabajo.
- Elementos de control hidráulico como son las válvulas reguladoras de caudal.
- Para el control de sobretensiones se encuentra protegido con interruptores termo magnéticos.

Elementos de medición

Los elementos de medición se emplean para medir el comportamiento de magnitudes físicas, químicas y mecánicas en señales eléctricas.

La termocupla es un sensor de temperatura que transforma la energía calórica en señales eléctricas, de gran importancia al momento de medir la temperatura de trabajo.

Precauciones

Para evitar accidentes se recomienda tener en cuenta los siguientes consejos.

- Evitar que las instalaciones eléctricas tengan averías, (cables pelados. etc.)
- No poner en marcha el sistema hidráulico sin antes comprobar si el nivel de aceite es óptimo.
- Verificar que no haya objetos en el sitio de trabajo que puedan obstaculizar el buen funcionamiento de la máquina.
- Evitar posibles distracciones al momento de operar el equipo.
- Se operara la maquina siempre y cuando el operario sea una persona capacitada en el tema.

Simbología

Es de gran importancia tener en cuenta las diferentes señales de prevención de riesgos que se encontraran en el área de operación de la máquina, ya que es la información más importante que nos indica el peligro al que podemos estar expuestos.

ADVERTENCIA DE RIESGO ELÉCTRICO

Indica o advierte al personal la presencia de conexiones eléctricas en mal estado, máquinas de tipo eléctrico, etc.



SEÑAL DE PRECAUCIÓN DE PISO MOJADO

Camine con precaución piso mojado y resbaladizo.



SEÑAL DE PROHIBICIÓN

Prohibido conectar la energía eléctrica en el caso de estar realizando mantenimiento.



SEÑAL DE USO OBLIGATORIO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

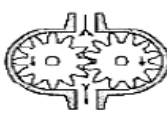
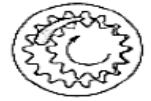
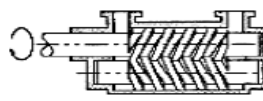

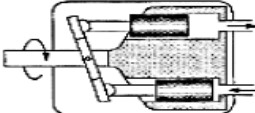
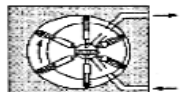
Uso obligatorio de gafas, guantes, casco, mascarilla, zapatos dieléctricos, de acuerdo a la actividad.

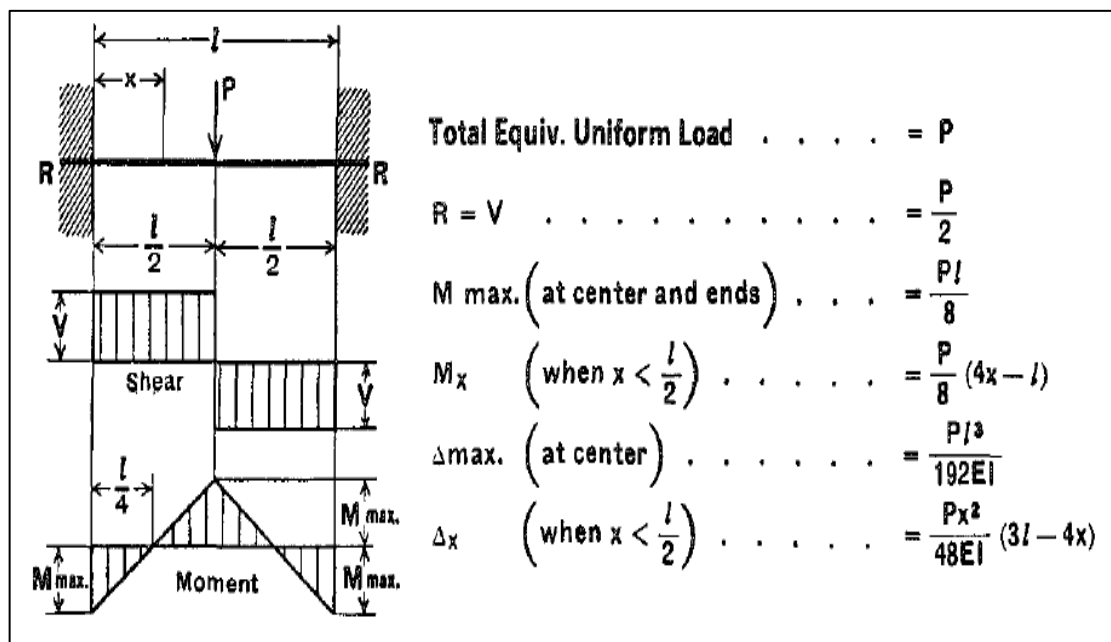


SEÑAL DE PROHIBICIÓN

Esta señal nos indica que en esa área es prohibido cualquier tipo de bebida o alimento.



	Tipo de bomba	Margen de revoluciones r.p.m.	Volumen de expulsión (cm ³)	Presión nominal (bar)	Rendimiento
	Bomba de engranajes externos	500 - 3500	1,2 - 250	63 - 160	0,8 - 0,91
	Bomba de engranajes internos	500 - 3500	4 - 250	160 - 250	0,8 - 0,91
	Bomba helicoidal	500 - 4000	4 - 630	25 - 160	0,7 - 0,84
	Bomba de alotas celulares	960 - 3000	5 - 160	100 - 160	0,8 - 0,93
	Bomba de émbolos axiales - 3000	100	200	0,8 - 0,92
		750 - 3000	25 - 800	160 - 250	0,82 - 0,92
	Bomba de émbolos radiales	750 - 3000	25 - 800	160 - 320	0,8 - 0,92
		960 - 3000	5 - 160	160 - 320	0,90



ANEXO IV	Factores de diseño	1-1
-----------------	--------------------	-----

FACTORES DE DISEÑO RECOMENDADOS	
MATERIALES DÚCTILES	
N	Característica
1.25 a 2.0	El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2.0 a 2.5	Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con confianza promedio en todos los datos de diseño
2.5 a 4.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente
4.0 o más	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del materia, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores
MATERIALES FRÁGILES	
3.0 a 4.0	Diseño de estructuras bajo cargas estáticas donde haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño
4.0 a 8.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente

ANEXO V	Factores de seguridad y valores mínimos recomendados	1-1
----------------	--	-----

Tabla de factores de seguridad. Valores mínimos recomendados.





TIPO O CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DÚCTILES		HIERRO FUNDIDO, METALES FRÁGILES	MADERA DE CONSTRUCCIÓN
	Basado en la resistencia máxima*	Basado en la resistencia de fluencia**	Basado en la resistencia máxima*	
Carga muerta o Carga variable bajo análisis por fatiga	3 – 4	1.5 - 2	5 – 6	7

Las siguientes recomendaciones **NO** se deben adoptar si se hace análisis por fatiga

Repetida en una dirección, gradual (choque suave)	6	3	7 – 8	10
Repetida invertida, gradual (choque medio)	8	4	10 – 12	15
Choque fuerte	10 – 15	5 – 7	15 – 20	20

* Resistencia máxima se refiere a S_u , S_{uc} o S_{us} (dependiendo de si el esfuerzo es de tracción, de compresión o cortante)

** Resistencia de fluencia se refiere a S_y , S_{yc} o S_{ys} (dependiendo de si el esfuerzo es de tracción, de compresión o cortante)

<p>ANEXO VI</p>	<p>Construcción y montaje de la termoformadora</p>	<p>1-1</p>
<p>Construcción de pernos de sujecion de las vigas</p>	<p>Platinas de sujecion de las columnas</p>	
		
<p>Montaje de las vigas de la termoformadora</p>	<p>Ensamblaje de las vigas y columnas</p>	
		

Ensamble total de vigas y columnas

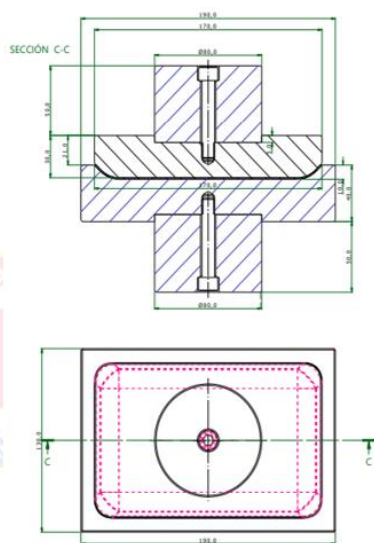


ANEXO VII

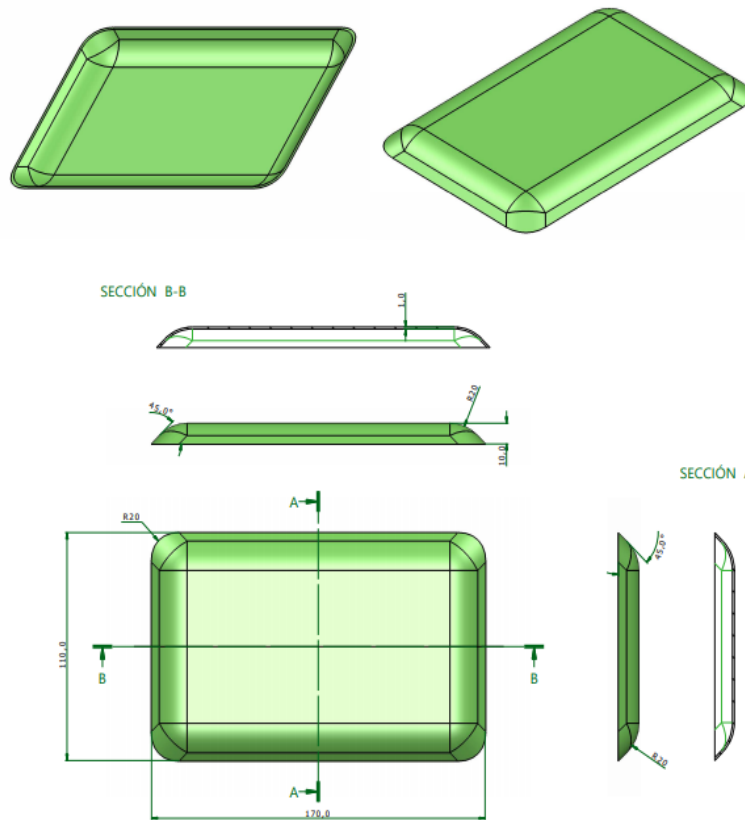
Diseño y construcción de las matrices de termoformado

1-1

DISEÑO



Diseños del plato realizados en programas CAD



Construcción de las matrices de termoformado

Sujeciones de las matrices de termoformado ACERO ASTM A45



Matriz hembra	Matrices macho y hembra terminadas	
		
ANEXO VIII	Probeta normalizada para ensayos a tracción	1-1
Probetas de abacá	Toma de medidas del tallo para posterior ensayo	
		
ANEXO IX	Datos obtenidos de los ensayos del tallo de abacá en la máquina de ensayos TINIUS OLSEN	1-1
<p style="text-align: center;">Ensayo máquina TINIUS OLSEN Responsable: Andagoya Marlon</p>		
		

Ensayos con probetas del tallo de la planta de abacá

Ensayo N° 1 Probeta del tallo de abacá fresca



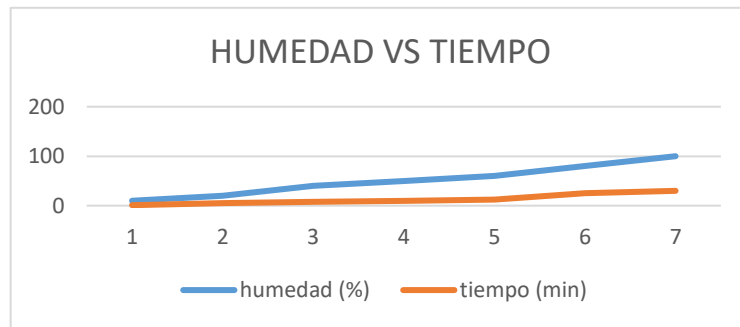
Ensayo N° 2 Probeta del tallo de abacá seca



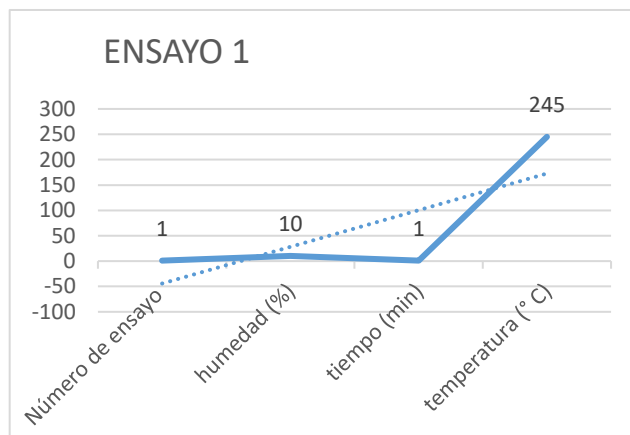
ANEXO X	Ensayo experimentales de termoformado en función de temperatura y tiempo	1-1
----------------	--	-----

Número de ensayo	Humedad (%)	tiempo (min)	temperatura (° C)
1	10	1	245
2	20	5	245
3	40	8	245
4	50	10	245
5	60	12	245
6	80	25	245
7	100	30	245

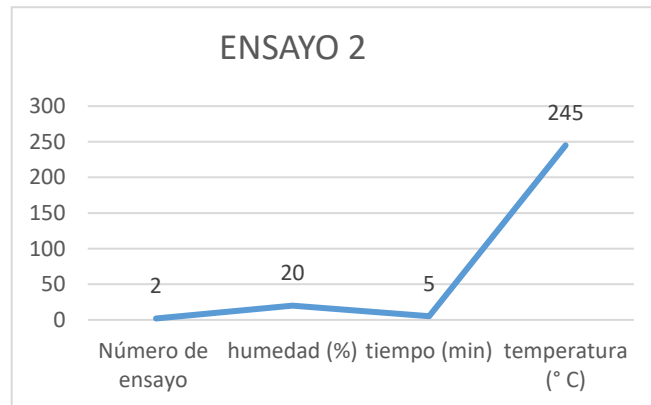
Análisis del termoformado en función de la humedad y el tiempo



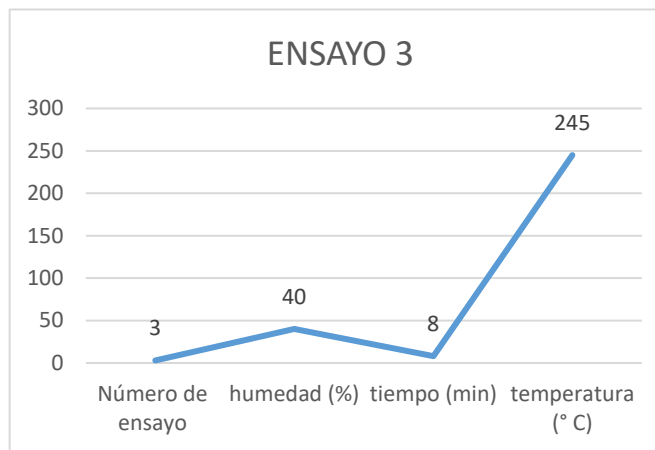
Ensayo 1



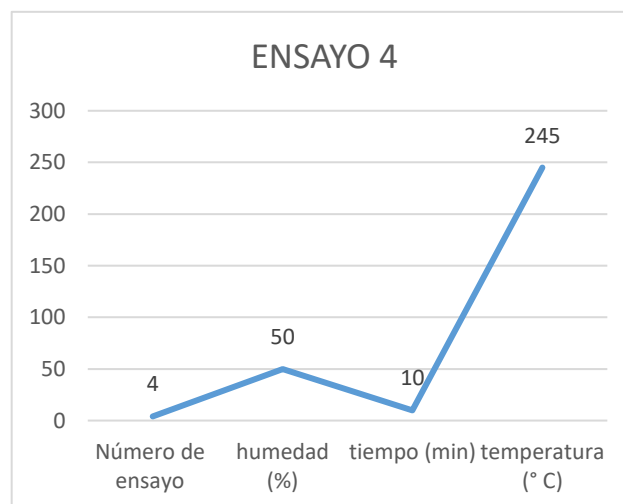
Ensayo 2



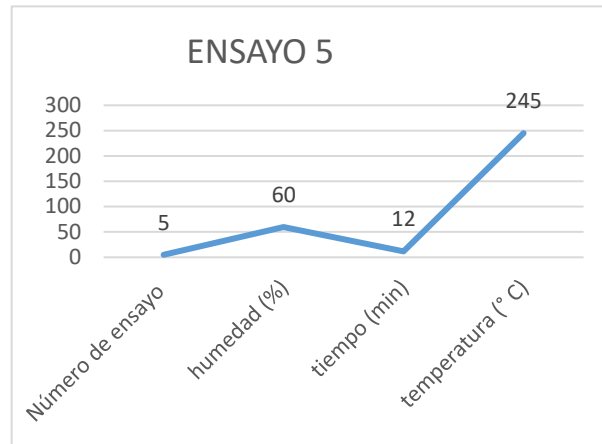
Ensayo 3



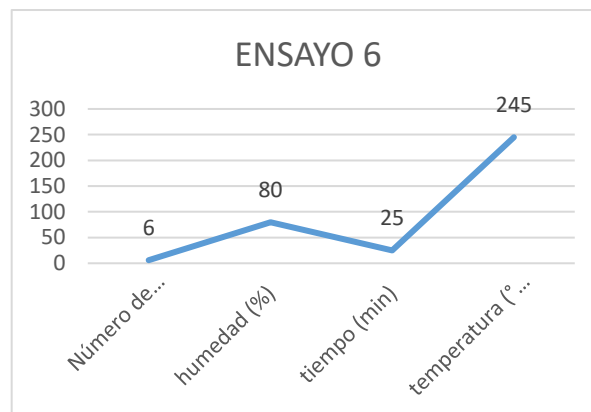
Ensayo 4



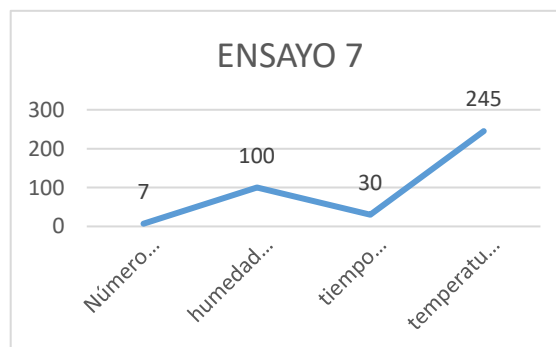
Ensayo 5









Ensayo 6



Ensayo 7



ANEXO XI	Materia prima utilizada de muestras para ensayos	1-1
Muestra 1	Muestra 4	
		
Muestra 2	Muestra 5	
		
Muestra 3	Muestra 6	
		

Muestra 7



Anexo XII

Tabla 6.1. Calculo del VAN y TIR

1-1

AÑO	INGRESOS	EGRESOS	FLUJO BENEFICIO	
0	0	\$ 4.479,04	(\$ 4.479,04)	
1	\$ 1.350,00	\$ 200,00	\$ 1.150,00	
2	\$ 1.400,00	\$ 220,00	\$ 1.180,00	
3	\$ 1.600,00	\$ 300,00	\$ 1.300,00	
4	\$ 2.000,00	\$ 320,00	\$ 1.680,00	
5	\$ 2.500,00	\$ 350,00	\$ 2.150,00	
	TASA DE DESCUENTO	0,16	VAN	\$ 173,62
			TIR	17%

ANEXO XIII

Pruebas y resultados finales del termoformado

1-1

Resultados preliminares del termoformado



Resultado final

