

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA ELABORACIÓN DE CAMELOS PARA LA FÁBRICA “LA GOLOSINA”

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERIA EN MECATRÓNICA

Jorge Luis Aldás Quingla

Director: Ing. Carlos Villarreal

Ibarra-Ecuador

2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:		1002975926	
APELLIDOS Y NOMBRES:		Aldás Quingla Jorge Luis	
DIRECCIÓN:		Hugo Guzmán Lara y Pedro Montufar 1-32	
EMAIL:		geormanx@yahoo.com	
TELÉFONO FIJO:	062-615870	TELÉFONO MÓVIL:	0992119598

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA ELABORACIÓN DE CAMELOS PARA LA FÁBRICA “LA GOLOSINA”
AUTOR:	Aldás Quingla Jorge Luis
FECHA:	Ibarra, 30 de marzo del 2017
PROGRAMA:	PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
DIRECTOR:	Ing. Carlos Villarreal

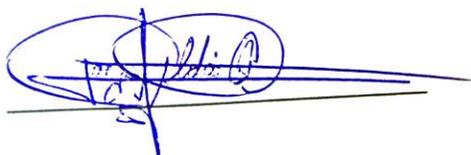
2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Jorge Luis Aldás Quingla con cédula de identidad Nro. 1002975926, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autores de terceros, por lo tanto, la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 30 de marzo del 2017



Firma

Nombre: Jorge Luis Aldás Quingla

Cédula: 1002975926



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Jorge Luis Aldás Quingla, con cédula de identidad Nro. 1002975926, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA ELABORACIÓN DE CAMELOS PARA LA FÁBRICA “LA GOLOSINA”., que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 30 de marzo del 2017

Firma

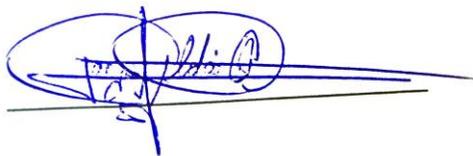
Nombre: Jorge Luis Aldás Quingla

Cédula: 1002975926

DECLARACIÓN

Yo, Jorge Luis Aldás Quingla, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte - Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'J' and 'L' followed by 'Aldás Quingla'. The signature is written over a horizontal line.

Firma

Nombre: Jorge Luis Aldás Quingla

Cédula: 1002975926

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA ELABORACIÓN DE CAMELOS PARA LA FÁBRICA “LA GOLOSINA”. Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Jorge Luis Aldás Quingla, bajo mi supervisión.



Firma

Ing. Carlos Villareal

DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

Dedico este proyecto principalmente a Dios ya que sin el nada sería posible, a mis padres quienes me han guiado y han sido mi apoyo durante mi trayectoria, que con su amor, valores y dedicación diaria me han enrumado para lograr obtener mi meta, amigos y familiares que siempre estuvieron prestos a extender su mano en cualquier momento, también a mi tutor Ing. Carlos Villarreal quien supo guiarme y aconsejarme para la culminación de mi tesis saliendo adelante.

Jorge Luis Aldás Quingla

RESUMEN

La tesis presentada a continuación está enfocada al sector alimenticio artesanal en la provincia de Imbabura específicamente en la ciudad de Ibarra, en el cual se trata de aprovechar de manera más eficiente los recursos y contribuir al desarrollo económico mediante procesos más automátatas que contribuyan al desarrollo de las microempresas y por ende del país; Así se ayudara a tener una ventaja competitiva frente a otras microempresas que realizan sus procedimientos de forma totalmente artesanal.

La tesis se ira describiendo de la manera siguiente.

En el primer capítulo se describirá el proceso por el cual se pasa para la elaboración de los caramelos artesanales, los materiales que son utilizados y la materia prima para la elaboración del mismo.

En el segundo capítulo tratará sobre el diseño de la parte mecánica de la máquina, todas las piezas a diseñar ya fabricar, sus cálculos correspondientes que consten en los 3 diferentes sistemas. El sistema de laminación en el cual el caramelo saldrá en forma de cinta, el sistema de enfriamiento en el que el caramelo obtendrá la dureza necesaria para así en el último paso, el sistema de centrifugado pasara a ser separado los caramelos; En este se determinarán y elegirán las alternativas para los sistemas y también el diseño y dimensionamiento de los mismos.

En el tercer capítulo se hablará sobre las partes eléctricas y de control de los diferentes sistemas, se realizará los siguientes diagramas y se seleccionara los componentes adecuados a utilizarse de acuerdo a catálogos que estén acorde a la tecnología del país y de fácil acceso, además se los configurará para que su funcionamiento sea óptimo.

En el cuarto capítulo ya se implementará los sistemas y se harán las pruebas para la fabricación de los caramelos en estos se obtendrán los datos de producción los cuales se utilizarán para un análisis y ajustes de los sistemas que nos den como resultado un funcionamiento y producción óptima.

En el quinto capítulo se harán recomendaciones y conclusiones.

ABSTRACT

The thesis presented to Continued is focused on artisan food sector in the province of Imbabura specifically in the city of Ibarra, in which it tries to exploit more efficiently the resources and contribute to economic development through automatic processes contribute to the development of the micro business and the country; So, it will help you have a competitive advantage over other micro doing their procedures completely handmade.

The thesis will describe as follows.

In the first chapter the process by which it is passed to the development of artisanal candies, materials that are used and the raw material for the preparation there of will be described.

In the second chapter is about the design of the mechanical part of the machine, all the pieces to design and manufacture their corresponding calculations in the 3 different systems. The rolling system which will candy in tape form, the cooling system in which the candy obtain the necessary hardness and in the last step, the system should become spin separately candies; In this chapter, will be determined and will choose alternatives for systems, design and sizing of the same.

In the third chapter talk about the electrical and control parts of the different systems, make the follow block diagrams and select the appropriate components used catalogs that are according to the technology in the country and easily accessible, they are also configured for that function optimally.

In the fourth chapter go to implemented the systems and tests for the manufacture of candies in these production data which were used for analysis and adjustment of systems that give us results in performance and production optimum will be obtained will be.

In the fifth chapter recommendations and conclusions will be made.

PRESENTACIÓN

En el presente proyecto se desarrolla una máquina para la elaboración de caramelos artesanales que facilite los procesos del mismo tales como son el laminado del caramelo, enfriamiento del laminado y separación del caramelo.

Los aportes de los paquetes informáticos de diseño tales como AutoCAD, Inventor, Solidworks complementan el diseño de la máquina, ayudando a una mejor visualización y apreciación de la del conjunto en dos o tres dimensiones, así como cálculos estructurales.

Para el desarrollo del proyecto se toma en cuenta la selección de alternativas que permite tener un mejor criterio y ponderación del diseño y viabilidad del mismo tomando en cuenta la factibilidad de tecnología en el país, presupuesto y fácil mantenimiento.

Las recomendaciones sugieren implementaciones del proyecto para permitir incrementar la competitividad en la producción de fábricas que son artesanales, así mejorar la producción en la pequeña y mediana empresa mediante la industrialización adoptando las nuevas tecnologías de procesamiento alimenticio, con una finalidad de incentivar el desarrollo del sector artesanal.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN _____	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE _____	iv
DECLARACIÓN _____	v
CERTIFICACIÓN _____	vi
DEDICATORIA _____	vii
RESUMEN _____	viii
ABSTRACT _____	x
PRESENTACIÓN _____	xii
ÍNDICE DE CONTENIDOS _____	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS _____	xxii
ÍNDICE DE TABLAS _____	xxvi
ÍNDICE DE ECUACIONES _____	xxvii
1. CAPITULO 1 _____	1
1 INTRODUCCIÓN _____	1
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA _____	1
1.2 OBJETIVO GENERAL _____	1
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS _____	2

1.4	JUSTIFICACIÓN	2
1.5	ALCANCE	3
2.	CAPITULO 2	4
2	MARCO TEORICO	4
2.1	GENERALIDADES	4
2.2	LA ELABORACIÓN DE CAMELOS	6
2.2.1	ESCALAS DE PRODUCCIÓN	6
2.2.1.1	DETERMINACIÓN DE COSTOS Y MÁRGENES DE OPERACIÓN:	10
2.2.1.2	PROCESO PARA ELABORACIÓN DE CAMELOS EN UNA MICROEMPRESA/ARTESANAL	11
2.2.1.2.1	PROCESO DE ELABORACIÓN DE CAMELOS A NIVEL MICRO EMPRESARIAL	12
2.2.1.3	DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LAS INSTALACIONES	16
2.2.2	ELABORACIÓN DE CAMELOS	18
2.2.2.1	PROCESO DE ELABORACIÓN DE CAMELOS	18
2.2.2.2	HERRAMIENTAS PARA ELABORACIÓN DE CAMELOS ARTESANALES	18
2.2.2.3	MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE CAMELOS ARTESANALES	19
2.2.2.4	INTEGRACIÓN DE LOS INGREDIENTES	20
2.2.2.5	TIEMPO QUE DEBE HERVIR EL AZÚCAR	21
2.2.2.6	GRADUACIÓN DEL ALMÍBAR	21

3. CAPITULO III	23
3 DISEÑO MECÁNICO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA LOS DIFERENTES SISTEMAS	23
3.1 SISTEMA DE LAMINACIÓN	23
3.1.1 RODILLOS MOLDEADORES	24
3.1.1.1 DIÁMETRO DE LOS RODILLOS	26
3.1.1.2 LONGITUD DE LOS RODILLOS	27
3.1.1.3 SISTEMA MOTRIZ	27
3.1.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN	33
3.1.2.1 SELECCIÓN DE LA CATARINA Y CADENA	33
3.1.2.1.1 COEFICIENTES DE CORRECCIÓN	35
3.1.2.2 SELECCIÓN DE LA CADENA	37
3.1.2.3 LONGITUD DE LA CADENA	38
3.3.1.1 TENSION DE LA CADENA	39
3.1.3 DISEÑO ESTRUCTURAL	40
3.1.3.1 ANÁLISIS DE LOS PERNOS MEDIANTE SOLIDWORKS	40
3.1.3.2 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA MEDIANTE SOLIDWORKS	42
3.2 SISTEMA DE TRANSPORTE Y ENFRIAMIENTO	44
3.2.1 BANDA TRANSPORTADORA	46
3.2.1.1 TIPOS DE BANDAS TRANSPORTADORAS	46
3.2.1.2 DISEÑO DE LA BANDA TRANSPORTADORA	50
3.2.1.2.1 SELECCIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA	50

3.2.1.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS A SER	
TRANSPORTADOS _____	51
3.2.1.2.3 CALCULO DE LA BANDA COMPLETAMENTE CARGADA ____	51
3.2.1.2.4 CALCULO DE LA VELOCIDAD DE LA BANDA	
TRANSPORTADORA _____	52
3.2.1.2.5 CALCULO DE LA TENSIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA	
53	
3.2.1.2.6 CALCULO DE TENSIONES ADICIONALES _____	57
3.2.1.2.7 TORQUE Y POTENCIA DE ACCIONAMIENTO DE LA BANDA	
TRANSPORTADORA _____	59
3.2.1.2.8 POTENCIA REQUERIDA DE LA BANDA TRANSPORTADORA _	59
3.2.1.2.9 CALCULO DE LA VELOCIDAD ANGULAR _____	60
3.2.1.2.10 COMPROBACION DE LA POTENCIA REQUERIDA _____	61
3.2.1.2.11 SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA LA BANDA	
TRANSPORTADORA _____	61
3.2.1.2.12 SELECCIÓN DEL MOTOR-REDUCTOR _____	62
3.2.1.2.13 POTENCIA PARA SELECCIÓN DEL MOTOR _____	62
3.2.2 SISTEMA MOTRIZ _____	64
3.2.2.1 REDUCCIÓN DE VELOCIDAD DE 21 RPM A 8.31 RPM _____	64
3.2.2.1.1 SELECCIÓN DE POLEAS DE 21RPM A 8.31RPM _____	64
3.2.2.1.1.1 DIÁMETRO DE LA POLEA CONDUCTIDA _____	65
3.2.2.1.2 SELECCIÓN DE BANDA: 21 RPM A 8.31 RPM _____	66
3.2.2.1.2.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE BANDA _____	66

3.2.2.1.2.2	DISTANCIA MÍNIMA ENTRE CENTROS DE POLEAS	_____	66
3.2.2.1.2.3	LONGITUD DE LA BANDA (LB)	_____	67
3.2.2.2	DISEÑO DEL EJE DE LA BANDA TRANSPORTADORA	_____	68
3.2.3	ESTRUCTURA	_____	75
3.2.3.1	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA MEDIANTE SOLIDWORKS	_____	76
3.2.4	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	_____	77
3.2.4.1	TIPOS DE VENTILADORES	_____	78
3.2.4.2	POTENCIA OTORGADA POR VENTILADOR AXIAL TUBULAR	__	79
3.2.4.3	VELOCIDAD LINEAL DE UN VENTILADOR AXIAL TUBULAR	__	80
3.2.4.4	CAUDAL DE AIRE DE UN VENTILADOR	_____	80
3.3	SISTEMA DE CENTRIFUGADO	_____	82
3.3.1	SISTEMA ROTATORIO	_____	84
3.3.1.1	CÁLCULO DEL ESPESOR DEL TAMBOR	_____	85
3.3.1.2	VOLUMEN DEL CAMELO EN EL TAMBOR	_____	85
3.3.1.3	SELECCIÓN DEL ESPESOR DE LA LÁMINA DEL TAMBOR	_____	90
3.3.1.4	ANÁLISIS DEL TAMBOR MEDIANTE SOLIDWORKS	_____	91
3.3.1.5	CÁMARA DE ALMACENAMIENTO PARA DESPERDICIO	_____	93
3.3.2	SISTEMA MOTRIZ	_____	94
3.3.2.1	MOTOR	_____	94
3.3.2.1.1	SELECCIÓN DEL MOTOR	_____	95
3.3.2.1.1.1	INERCIA DEL EJE MOTRIZ	_____	96
3.3.2.1.1.2	INERCIA DEL CILINDRO	_____	97
3.3.2.1.1.3	INERCIA DEL VOLANTE	_____	97

3.3.2.1.1.4 INERCIA DEL CAMELO	100
3.3.2.2 TRANSMISIÓN	104
3.3.2.2.1 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE TRANSMISIÓN	105
3.3.2.3 REDUCCIÓN DE VELOCIDAD DE 1750RPM A 360 RPM	107
3.3.2.3.1 SELECCIÓN DE POLEAS DE 1750RPM A 360RPM	107
3.3.2.3.1.1 DIÁMETRO DE LA POLEA DEL MOTOR	108
3.3.2.3.1.2 DIÁMETRO DE LA POLEA CONDUCTIDA	109
3.3.2.3.2 SELECCIÓN DE POLEAS DE 1750RPM A 360RPM	110
3.3.2.3.2.1 SELECCIÓN DE BANDA: 1750 RPM A 360 RPM	110
3.3.2.3.2.2 DISTANCIA MÍNIMA ENTRE CENTROS DE POLEAS	110
3.3.2.3.2.3 LONGITUD DE LA BANDA (lb)	111
3.3.2.3.2.4 CALCULO DEL NÚMERO DE BANDAS	113
3.3.2.4 REDUCCIÓN DE VELOCIDAD DE 360 RPM A 50 RPM	116
3.3.2.4.1 SELECCIÓN DE POLEAS DE 360RPM A 50RPM	116
3.3.2.4.1.1 DIÁMETRO DE LA POLEA DEL MOTOR	117
3.3.2.4.1.2 DIÁMETRO DE LA POLEA CONDUCTIDA	118
3.3.2.4.2 SELECCIÓN DE BANDA: 360 RPM A 50 RPM	118
3.3.2.4.2.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE BANDA	118
3.3.2.4.2.2 DISTANCIA MÍNIMA ENTRE CENTROS DE POLEAS	119
3.3.2.4.2.3 LONGITUD DE LA BANDA (Lb)	120
3.3.2.4.2.4 CALCULO DEL NÚMERO DE BANDAS	121
3.3.2.5 EJE	124
3.3.2.5.1 DISEÑO ESTÁTICO DEL EJE	125

3.3.2.5.2 ANÁLISIS DE FATIGA _____	134
3.3.2.5.3 ANÁLISIS DEL EJE SELECCIONADO _____	140
3.3.2.5.3.1 CRITERIO DE EVALUACIÓN _____	140
3.3.3 ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA _____	141
3.3.3.1 CALCULO DE ESFUERZO POR PANDEO _____	143
3.3.3.2 ANALISIS DE LA ESTRUCTURA MEDIANTE SOLIDWORKS _____	147
3.3.3.3 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS _____	149
3.3.3.3.1 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS _____	149
3.3.3.3.2 FACTOR DE SEGURIDAD DEL RODAMIENTO _____	152
3.3.3.3.3 VIDA DEL RODAMIENTO _____	152
4. CAPITULO IV _____	154
4 CONSTRUCCIÓN MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO _____	154
4.1 CONSTRUCCION. _____	154
4.2 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN. _____	154
4.2.1 MÁQUINAS Y EQUIPOS. _____	155
4.2.2 HERRAMIENTAS _____	155
4.2.3 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y DE VERIFICACIÓN _____	156
4.2.4 EQUIPOS DE SEGURIDAD _____	156
4.2.5 MATERIA PRIMA _____	156
4.2.6 ELEMENTOS NORMALIZADOS _____	157
4.2.7 ELEMENTOS SELECCIONADOS _____	157

4.3	PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE LAMINACIÓN _____	158
4.4	PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE Y ENFRIAMIENTO _____	159
4.5	PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CENTRIFUGADO _____	160
4.6	MONTAJE DE LA MÁQUINA _____	161
4.6.1	MONTAJE DEL SISTEMA DE LAMINACION _____	161
4.6.2	MONTAJE DEL SISTEMA DE TRANSPORTA Y ENFRIAMIENTO _____	161
4.6.3	MONTAJE DEL SISTEMA DE CENTRIFUGADO _____	162
4.7.1	CRITERIO DE EVALUACIÓN _____	163
4.7.2	VELOCIDAD ANGULAR DE LOS RODILLOS _____	163
4.7.2.1	ANALISIS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO _____	164
4.7.3	VELOCIDAD ANGULAR DE LA BANDA TRANSPORTADORA _____	164
4.7.3.1	ANALISIS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO _____	164
4.7.4	VELOCIDAD ANGULAR DEL TAMBOR ROTATORIO _____	165
4.7.5	RELACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR RODILLOS VS BANDA _____	165
4.7.5.1	ANALISIS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO _____	165
4.7.6	RELACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR BANDA TRANSPORTADORA VS TAMBOR ROTATORIO _____	166
4.7.7.1	ANALISIS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO _____	166
4.7.7	CALIDAD DEL PRODUCTO ENTREGADO _____	167
4.7.7.1	ANALISIS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO _____	167

5. CAPITULO V _____	169
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	169
5.1 CONCLUSIONES _____	169
5.2 RECOMENDACIONES _____	171
BIBLIOGRAFÍA _____	172
ANEXO I PLANOS _____	175
ANEXO II CATALOGOS DE DIPAC _____	236
ANEXO III COEFICICNETES CORRECTORES _____	241
ANEXO IV CATALOGO DE CADENAS _____	243
ANEXO V CATALOGO DE CATARINAS _____	245
ANEXO VI CATALOGO DE POLEAS _____	247
ANEXO VII PROPIEDADES DEL ACERO INOXIDABLE 304 _____	249
ANEXO VIII FACTORES DE AJUSTE DE LA VIDA DEL RODAMIENTO _____	251
ANEXO IX CATALOGO DE RODAMIENTOS SKF _____	254
ANEXO X CATALOGO DE BANDAS TRANSPORTADORAS _____	256
ANEXO XI PROGRAMACIÓN DE PLC-LOGO _____	258
ANEXO XII DIAGRAMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL _____	260
ANEXO XIII MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO _____	263
ANEXO XIV DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE DE LA MÁQUINA PARA ELABORACIÓN DE CAMELOS ARTESANALES. _____	280

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Elaboración de caramelos en una Microempresa Artesanal _____	8
Figura 2.2 Elaboración de caramelos de una pequeña empresa _____	9
Figura 2.3 Flujo del proceso de producción en una escala micro empresarial _____	11
Figura 2.4 Recepción de materiales _____	13
Figura 2.5 Recepción de materiales _____	13
Figura 2.6 Vaciado de los productos _____	14
Figura 2.7 Desmolde y enfriado _____	14
Figura 2.8 Empaquetado de los caramelos _____	15
Figura 2.9 Entrega de los productos y distribución _____	15
Figura 2.10 Instalaciones “La Golosina” _____	17
Figura 2.11 Flujo de materiales en el proceso de elaboración de caramelos _____	18
Figura 3.1 Máquina para elaboración de caramelos artesanales y sus sistemas constitutivos ____	23
Figura 3.2 Sistema de laminación _____	24
Figura 3.3 Rodillo de Laminación _____	25
Figura 3.4 Valores hi-ho de los rodillos _____	30
Figura 3.5 Fuerza de Tensión de la cadena _____	39
Figura 3.6 Cargas aplicadas en los pernos _____	40
Figura 3.7 Tensión en los pernos según Von Mises _____	41
Figura 3.8 Factor de Seguridad Perno _____	41
Figura 3.9 Cargas aplicadas en la base del molino _____	42

Figura 3.10 Tensión en la estructura según Von Mises _____	43
Figura 3.11 Desplazamiento Estructural _____	43
Figura 3.12 Factor de Seguridad de la Estructura _____	44
Figura 3.13 Sistema de Transporte y Enfriamiento _____	45
Figura 3.14 Partes que forman el sistema de enfriamiento _____	45
Figura 3.15 Banda Transportadora Plana _____	47
Figura 3.16 Banda Transportadora Cóncava _____	47
Figura 3.17 Banda Transportadora Tubular _____	48
Figura 3.18 Banda Transportadora Metálica _____	48
Figura 3.19 Banda Transportadora Cerrada _____	49
Figura 3.20 Banda Transportadora Portátil _____	49
Figura 3.21 Banda de Poliuretano _____	51
Figura 3.22 Coeficiente de fricción _____	54
Figura 3.23 Tensiones en lado flojo y tenso _____	57
Figura 3.24 Factor de transmisión K para prevenir deslizamiento _____	58
Figura 3.25 Selección de un reductor _____	63
Figura 3.26 Diagrama de cargas en el eje _____	68
Figura 3.27 Posición del motor respecto al eje _____	69
Figura 3.28 Diagrama de cuerpo libre del eje en el plano xy _____	71
Figura 3.29 Diagrama de cortes _____	72
Figura 3.30 Diagrama de momentos _____	72
Figura 3.31 Diagrama de cuerpo libre del eje en el plano xz _____	72
Figura 3.32 Diagrama de cortes _____	73

Figura 3.33 Diagrama de momentos _____	73
Figura 3.34 Tensión de Von Mises del Eje _____	74
Figura 3.35 Desplazamiento del Eje _____	74
Figura 3.36 Factor de seguridad del Eje _____	75
Figura 3.37 Tensión en la estructura según Von Mises _____	76
Figura 3.38 Desplazamiento Estructural _____	76
Figura 3.39 Factor de Seguridad de la estructura _____	77
Figura 3.40 Acoplamiento de ventiladores en paralelo _____	81
Figura 3.41 Control de caudal en un ventilador centrifugo _____	82
Figura 3.42 Sistema de centrifugado _____	82
Figura 3.43 Sistema de Centrifugado y los Subsistemas que lo conforman. _____	83
Figura 3.44 Dimensiones del Tambor Rotatorio _____	86
Figura 3.45 Tabla de eficiencia de soldadura _____	89
Figura 3.46 Tensión de Von Mises _____	92
Figura 3.47 Desplazamiento Estructural. _____	92
Figura 3.48 Factor de Seguridad del tambor. _____	93
Figura 3.49 Ubicación de caramelos en el tambor _____	100
Figura 3.50 Diámetro mínimo recomendado para la polea del motor _____	108
Figura 3.51 Gráfico de tipo de banda _____	110
Figura 3.52 Potencia transmitida por la banda tipo A _____	112
Figura 3.53 Tabla de corrección por longitud y arco _____	113
Figura 3.54 Factor de servicio sugerido para bandas trapeziales _____	113
Figura 3.55 La potencia adicional según la relación de velocidad _____	115

Figura 3.56 Diámetro mínimo recomendado para la polea del motor _____	117
Figura 3.57 Potencia transmitida por la banda tipo A _____	121
Figura 3.58 Corrección por longitud y arco _____	121
Figura 3.59 La potencia adicional según la relación de velocidad _____	122
Figura 3.60 Diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión _____	125
Figura 3.61 Reacciones R_b y R_e _____	127
Figura 3.62 Diagrama de fuerzas cortantes _____	128
Figura 3.63 Diagrama de momentos _____	128
Figura 3.64 Diagrama de deflexión _____	128
Figura 3.65 Tipos de esfuerzos _____	129
Figura 3.66 Teoría de la energía de la distorsión _____	132
Figura 3.67 Diagrama de esfuerzos a través del tiempo _____	134
Figura 3.68 Constante dependiente del extremo fijo _____	144
Figura 3.69 Tensión de Von Mises. _____	147
Figura 3.70 Desplazamiento Estructural. _____	147
Figura 3.71 Factor de Seguridad de la estructura _____	148
Figura 3.72 Calculo de Viscosidad _____	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Escalas de producción	6
Tabla 2.2 Relación de los procesos de la ISO 9001, con conceptos de la medición de la GCT.	7
Tabla 2.3 Costos de Producción	10
Tabla 3.1 Características de la cinta de caramelo	51
Tabla 3.2 Densidad aparente del caramelo	85
Tabla 3.3 Propiedades Mecánicas del acero AISI 304.	89
Tabla 3.4 Espesor de láminas a escoger para el tambor	90
Tabla 3.5 Matriz de decisión	91
Tabla 3.6 Tabla comparativa de los métodos de transmisión.	106
Tabla 3.7 Matriz de decisión: tipo de eje	141
Tabla 3.8 Características del tubo estructural galvanizado	141
Tabla 4.1 Procedimiento de la fabricación del sistema de Laminación	158
Tabla 4.2 Procedimiento de la fabricación del Sistema de Transporte y Enfriamiento.	159
Tabla 4.3 Procedimiento de la fabricación del Sistema de Centrifugado.	160
Tabla 4.4 Criterio de evaluación de calidad	163
Tabla 4.5 Velocidad angular de rodillos	163
Tabla 4.6 Velocidad angular de banda transportadora	164
Tabla 4.7 Relación de la velocidad angular rodillos vs banda transportadora	165
Tabla 4.8 Relación de la velocidad angular banda transportadora vs tambor rotatorio	166
Tabla 4.9 Calidad del producto en pruebas	167
Tabla 5.1 Tabla comparativa	170
Tabla 6.1 Mantenimiento de la maquina	275
Tabla 6.2 Plan de Mantenimiento	277

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1 Diámetro de los rodillos _____	26
Ecuación 3.2 Velocidad angular _____	28
Ecuación 3.3 Calculo del Área de contacto _____	29
Ecuación 3.4 Fuerza ejercida por rodillos _____	30
Ecuación 3.5 Torque _____	31
Ecuación 3.6 Posición del centro de gravedad _____	32
Ecuación 3.7 Potencia del motor _____	32
Ecuación 3.8 Número de dientes de la catarina conducida _____	34
Ecuación 3.9 Potencia corregida _____	35
Ecuación 3.10 Coeficiente K1 _____	35
Ecuación 3.11 Longitud de la cadena _____	38
Ecuación 3.12 Capacidad para transportar _____	52
Ecuación 3.13 Velocidad lineal _____	52
Ecuación 3.14 Tensión sin carga _____	53
Ecuación 3.15 Tensión a plena carga _____	55
Ecuación 3.16 Tensión efectiva _____	56
Ecuación 3.17 Tensión lado flojo o lado de retorno (T2) _____	57
Ecuación 3.18 Tensión lado tenso o de avance (T ₁) _____	58
Ecuación 3.19 Torque _____	59
Ecuación 3.20 potencia requerida de la banda transportadora _____	59
Ecuación 3.21 Calculo de la velocidad angular _____	60

Ecuación 3.22 Potencia Requerida _____	61
Ecuación 3.23 Potencia para selección de motor _____	62
Ecuación 3.24 Torque ejercida por la polea _____	68
Ecuación 3.25 Fuerza Flexionante _____	70
Ecuación 3.26 Potencia del Ventilador _____	79
Ecuación 3.27 Velocidad lineal _____	80
Ecuación 3.28 Caudal _____	80
Ecuación 3.29 Volumen del caramelo _____	85
Ecuación 3.30 Momento del cilindro _____	95
Ecuación 3.31 Inercia del eje _____	96
Ecuación 3.32 Inercia del cilindro _____	97
Ecuación 3.33 Inercia del volante _____	98
Ecuación 3.34 Inercia de la horquilla _____	98
Ecuación 3.35 Inercia de las barras _____	99
Ecuación 3.36 Perímetro ocupado del caramelo _____	100
Ecuación 3.37 Valor de Beta _____	101
Ecuación 3.38 Inercia Polar _____	101
Ecuación 3.39 Inercia del caramelo _____	102
Ecuación 3.40 Momento torsor _____	103
Ecuación 3.41 Relación de velocidad _____	107
Ecuación 3.42 Relación de transmisión _____	109
Ecuación 3.43 Distancia mínima y máxima entre centros _____	110
Ecuación 3.44 Distancia mínima y máxima entre centros _____	111

Ecuación 3.45 Potencia de diseño _____	114
Ecuación 3.46 Potencia corregida _____	115
Ecuación 3.47 Numero de Banda _____	116
Ecuación 3.48 Esfuerzo de tensión debido a la flexión _____	129
Ecuación 3.49 Esfuerzo de tensión debido a la flexión _____	129
Ecuación 3.50 Esfuerzos alternantes _____	135
Ecuación 3.51 Esfuerzos medios _____	135
Ecuación 3.52 Límite de resistencia a la fatiga _____	136
Ecuación 3.53 Efectos de concentración _____	138
Ecuación 3.54 Teoría de falla de GOODMAN _____	139
Ecuación 3.55 Esfuerzo de compresión _____	142
Ecuación 3.56 Factor de seguridad _____	142
Ecuación 3.57 Relación de esbeltez de transición _____	144
Ecuación 3.58 Carga crítica _____	145
Ecuación 3.59 Factor de Seguridad _____	146
Ecuación 3.60 Carga mínima radial _____	149
Ecuación 3.61 Factor de seguridad estático _____	152
Ecuación 3.62 Vida del rodamiento _____	152

CAPITULO 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

“La Golosina” es una fábrica dedicada a la elaboración de caramelos, en la cual se lo ha realizado de manera totalmente artesanal durante 25 años, para lo cual se utiliza una excesiva mano de obra, largas horas de trabajo y esfuerzo para poder cubrir las cuotas solicitadas diariamente por los consumidores; Durante la fabricación del caramelo se necesita de varias personas que realizaran los diferentes procesos como son: la dosificación e ingreso de la masa al molino para laminarlo y dar la forma deseada al caramelo, proceso que se lo realiza de forma manual por dos personas, posteriormente se realiza el corte de la cinta de caramelo por otra persona para finalmente pasar a una mesa de acero inoxidable y trocear el caramelo separándolo de los residuos mediante golpe.

Con la construcción de la máquina para caramelos artesanales se ayudará a reducir el tiempo de trabajo, aumentar la producción, menor esfuerzo físico, y aprovechar de mejor manera la materia prima usada en la misma.

La construcción de la maquina ayudara a la fábrica a funcionar de manera más eficiente, facilitando el proceso del producto.

1.2 OBJETIVO GENERAL

- Mejorar el proceso de la elaboración de caramelo artesanal mediante la construcción de una máquina que ayudará a la optimización de productividad en la fábrica “La Golosina”.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros necesarios del proceso para el diseño de los diferentes sistemas que conforma la máquina.
- Dimensionar las partes que conforman los diferentes sistemas de la máquina.
- Realizar la implementación de los sistemas de laminación, enfriamiento y centrifugado de la máquina.
- Realizar las pruebas correspondientes para el correcto funcionamiento de la máquina.
- Implementar las seguridades correspondientes al sistema.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El Ecuador es un país de gran diversidad en el cual sus mayores riquezas se encuentran en su gente y lo que estas nos puedan brindar y producir. Una de estas es la elaboración de los caramelos artesanales, los cuales necesitan de largas horas de trabajo y abundante mano de obra.

La producción de estas golosinas, se realiza de una manera totalmente artesanal y procesada con materiales e instrumentos sencillos, para lo cual estas empresas necesitan de la ayuda de máquinas, para mejorar y regularizar la producción de una manera automática o semi-automática, según sea el caso.

En el caso planteado, se construirá una máquina, en la cual el laminado del caramelo se lo realizará mediante un motor eléctrico, que evitará esfuerzo físico innecesario y pausas en la producción que dejan desperdicios. Durante el enfriamiento de la cinta de caramelo se pierde mucho tiempo parada la producción por lo que es necesario que el proceso se lo realice en una forma continua. En la separación; de los caramelos con los residuos se lo realiza de forma manual por lo tanto se necesita un sistema que lo realice de forma continua e inmediata.

Se pretende lograr una mayor eficiencia, gracias a la máquina, conformada por los diferentes sistemas, que permitirá aprovechar de una mejor manera la materia prima, generando una menor cantidad de desperdicios y alcanzar una mayor producción.

1.5 ALCANCE

Para la solución de los problemas presentados en la elaboración de caramelos artesanales en la fábrica “La Golosina” se ha propuesto construir una máquina, que facilite los procesos de la elaboración del caramelo artesanal, para lo cual se seguirá: el laminado de la masa de caramelo, enfriamiento del laminado y separación del caramelo.

El laminado del caramelo artesanal se realizará mediante la implementación de un motor eléctrico acoplado al eje del rodillo, así se mantendrá una velocidad constante de los rodillos; La masa del caramelo ingresará manualmente, la cual se deslizará por los rodillos que serán de un material adecuado, formando una lámina que tendrá una longitud aproximada de 1.00m hasta llegar al final del sistema de enfriamiento.

A continuación, la masa de caramelo que tendrá una longitud aproximada de 1.00m pasará por un sistema de transporte y enfriamiento, que se realizará mediante ventiladores para extraer el calor y dar una dureza adecuada en un tiempo de 45 segundos para poder separar los caramelos.

Finalmente ingresará a un sistema de centrifugado compuesto por: un tambor perforado y aspas, que están acoplados a un eje y un motor eléctrico que girarán a una velocidad adecuada para separar los caramelos, los mismos que tendrán salida por un tobogán, hasta un recipiente.

Para la sincronización de los procesos de la elaboración del caramelo, se lo realizará mediante un PLC que mandará activar los motores y ventiladores de forma conveniente a los procesos.

CAPITULO 2

2 MARCO TEORICO

2.1 GENERALIDADES

El origen de lo que hoy se conoce como dulces, tuvo lugar en la época de los romanos. En aquellos años se comenzó a conservar la fruta añadiéndole su peso en miel (primer edulcorante natural) y haciéndola hervir hasta alcanzar la consistencia deseada. Tuvo que pasar varios siglos para que, con la llegada de los árabes a la península Ibérica, se introdujera en Europa, el azúcar de caña; siendo esta la base para la elaboración de los caramelos de forma: en forma artesanal y posteriormente en forma industrial.

La exportación e importación de estos productos no dejan de ser un segmento interesante para tener en cuenta en la producción del caramelo. Todo dependiendo del volumen y expectativas que desarrollemos en el camino del progreso. Dentro de la industria de los dulces artesanales podemos destacar sabores tradicionales.

Pero por que no incursionar en sabores exóticos, sabores que no se han explotado aun haciendo de esto un fuerte dentro de nuestro micro emprendimiento. Ofreciéndole al consumidor una nueva posibilidad en lo que respecta a variedades de sabores. Los productos de este rubro son las mermeladas de frutas existiendo las siguientes variedades a nivel comercial: frutillas, frambuesa, ananá, naranja, durazno, cereza, ciruela, damascos, zapallo, tomate y otros sabores novedosos. (Azucares y Dulces, 2014)

Características: Los dulces artesanales deberán elaborarse con frutas que contengan suficiente pectina y ácido, para que de esta manera obtengan una consistencia sólida o semisólida.

- **Propiedades del producto:** Los dulces artesanales que se elaboren deben ser un buen complemento alimenticio, no sólo por el placer de degustar un sabor, sino aportar a la alimentación diaria.

Las características esperadas de este producto son:

- Un contenido de calorías adecuado a la cantidad de gramos de nuestro dulce artesanal.
- Un Sabor apropiado a razón de la fruta con la que está elaborada.
- Una acidez media.
- Consistencia y aspecto agradable.
- El color adecuado a razón de la fruta con la que está.
- Un aroma agradable.

Cuando se va a comprar la materia prima se debe tener en cuenta los siguientes aspectos: la cantidad que va a comprar, la calidad que se busca, el precio conveniente y el tiempo de demora de entrega.

- **Características de la materia prima:** Algunas de las principales características que debe tener en cuenta a la hora de realizar la compra de materias primas e insumos son:

1-Calidad apropiada del producto.

2-Precios competitivos dentro del mercado.

3-Tiempos de entrega en la fecha prevista.

4-Disponibilidad de la mercadería programada en base a los volúmenes de compra y la puntualidad en el pago, se obtendrá mejores precios de compra. (Azucares y Dulces, 2014)

2.2 LA ELABORACIÓN DE CAMELOS

Dentro de los procesos productivos de una empresa se destacan diferentes aspectos tanto en el campo administrativo como productivo que se referirán a continuación de manera más detallada.

2.2.1 ESCALAS DE PRODUCCIÓN

El proceso de producción para la gran diversidad de los productos es similar, hasta cierta etapa del proceso productivo. Sin embargo, se diferencia por la gran variedad de productos y las diversas materias primas que se emplean.

Las escalas posibles de producción que se pueden lograr son las siguientes:

Tabla 2.1 Escalas de producción

Escala (rango de producción)	
Microempresa/artesanal	Hasta 6,000 Caramelos al día
Pequeña empresa	De 6,000 a 50,000 Caramelos al día
Mediana empresa	De 50,000 a 130,000 Caramelos al día
Gran empresa	Más de 130,000 al día

Fuente: (Guías Empresariales, s.f)

Según el grado de actualización tecnológica se destaca lo siguiente:

- **Microempresa/artesanal:**

La microempresa artesanal, es aquella en donde se desarrollan productos elaborados en su mayoría manualmente y en donde las máquinas no adquieren un protagonismo fundamental, es por ellos que este tipo de productos tiene un valor agregado porque tras de él hay artesanos/as que se esfuerzan por elaborar dicho producto y para la realización del producto se lo realiza con

estándares internacionales de la ISO 9001 bajo conceptos de medición de la GCT de la siguiente manera

Tabla 2.2 Relación de los procesos de la ISO 9001, con conceptos de la medición de la GCT.

PROCESOS ISO 9001	CONCEPTOS MEDICIÓN DE LA GCT UTILIZADO EN OTROS ESTUDIOS
Responsabilidad de la dirección	<ul style="list-style-type: none"> - Apoyo de la dirección y liderazgo - Diseño organizacional, comunicación y estrategias - Gestión de procesos
Medición análisis y mejora	<ul style="list-style-type: none"> - Información y evaluación para la calidad - Satisfacción del consumidor - Resultados empresariales
Gestión de recursos	<ul style="list-style-type: none"> - Entrenamiento, formación y aprendizaje - Gestión e integración del recurso humano - Empowerment y realización de los trabajadores
Realización del producto	<ul style="list-style-type: none"> - Relación con proveedores - Relación con clientes - Calidad del producto o servicio

Fuente: (Perdomo & González, 2004)

El proceso para fabricar caramelos no ha cambiado a través de los años, las microempresas y pequeñas empresas tienen un proceso productivo similar desde la preparación de mezclas hasta el pesado y empaquetado de los caramelos, como se puede observar en la Figura 2.3.



Figura 2.1 Elaboración de caramelos en una Microempresa Artesanal

Fuente: (La Golosina, 2016)

- **Pequeña Empresa:**

Los cambios tecnológicos son la principal diferencia en la pequeña empresa en la cual las máquinas tienen un protagonismo importante que permiten llevar a cabo mezclas más variadas y en muy poco tiempo, este permite diversificar las variedades de dulces. (Guías Empresariales, s.f)

Una pequeña empresa tiene características especiales que la diferencia de los demás tipos de empresa (micro, mediana o grande empresa), como son:

- Ritmo de crecimiento por lo común superior al de la microempresa y puede ser aún mayor que el de la mediana o grande.
- Mayor división del trabajo (que la microempresa) originada por una mayor complejidad de las funciones.
- Capacidad para abarcar el mercado local, regional y nacional.
- Está en plena competencia con empresas similares (otras pequeñas empresas que ofrecen productos y/o servicios similares o parecidos).
- Utiliza mano de obra directa, aunque en muchos casos tiene un alto grado de mecanización y tecnificación.

En la siguiente figura se puede observar la elaboración de caramelos en una pequeña empresa, para lo cual se observa algunas de las características mencionadas anteriormente.



Figura 2.2 Elaboración de caramelos de una pequeña empresa

Fuente: (Soloemprendedor, s.f.)

2.2.1.1 DETERMINACIÓN DE COSTOS Y MÁRGENES DE OPERACIÓN:

El estudio de los costos de operación es primordial en toda clase de negocios, ya que permite no sólo la obtención de resultados satisfactorios, sino evitar que la empresa cometa errores y conlleve a un resultado negativo.

En la determinación de los costos, se debe tomar en cuenta que su valor cambia por posibles fluctuaciones en los precios o variaciones en utilización materiales o materia prima.

Los costos están establecidos regularmente de la siguiente manera.

Tabla 2.3 Costos de Producción

COSTOS DE PRODUCCION	
costos de materias primas	50 %
mano de obra directa e indirecta	20 %
depreciación y equipo de maquinaria	10 %
impuestos y seguros	5 %
servicios, renta y mantenimiento	10 %
imprevistos y gastos varios	5%
TOTAL	100 %

Fuente: (La Golosina, 2016)

Sobre estos costos se agrega un margen de ganancia para determinar el precio de venta, mismo que debe ser evaluado respecto de los precios de la competencia y la situación de oportunidad (oferta-demanda).

2.2.1.2 PROCESO PARA ELABORACIÓN DE CAMELOS EN UNA MICROEMPRESA/ARTESANAL

Se presenta un flujo de proceso artesanal a nivel general haciendo referencia al proceso de producción a nivel micro empresarial.

Este proceso puede ser similar para otros productos, sin embargo, si el proceso productivo es homogéneo, o para variantes del mismo, se debe evaluar en cada caso las actividades previstas, la naturaleza de la maquinaria y los equipos considerados para el proceso, el tiempo y tipo de las operaciones a realizar y las formulaciones o composiciones diferentes que involucra cada producto que se pretenda realizar.

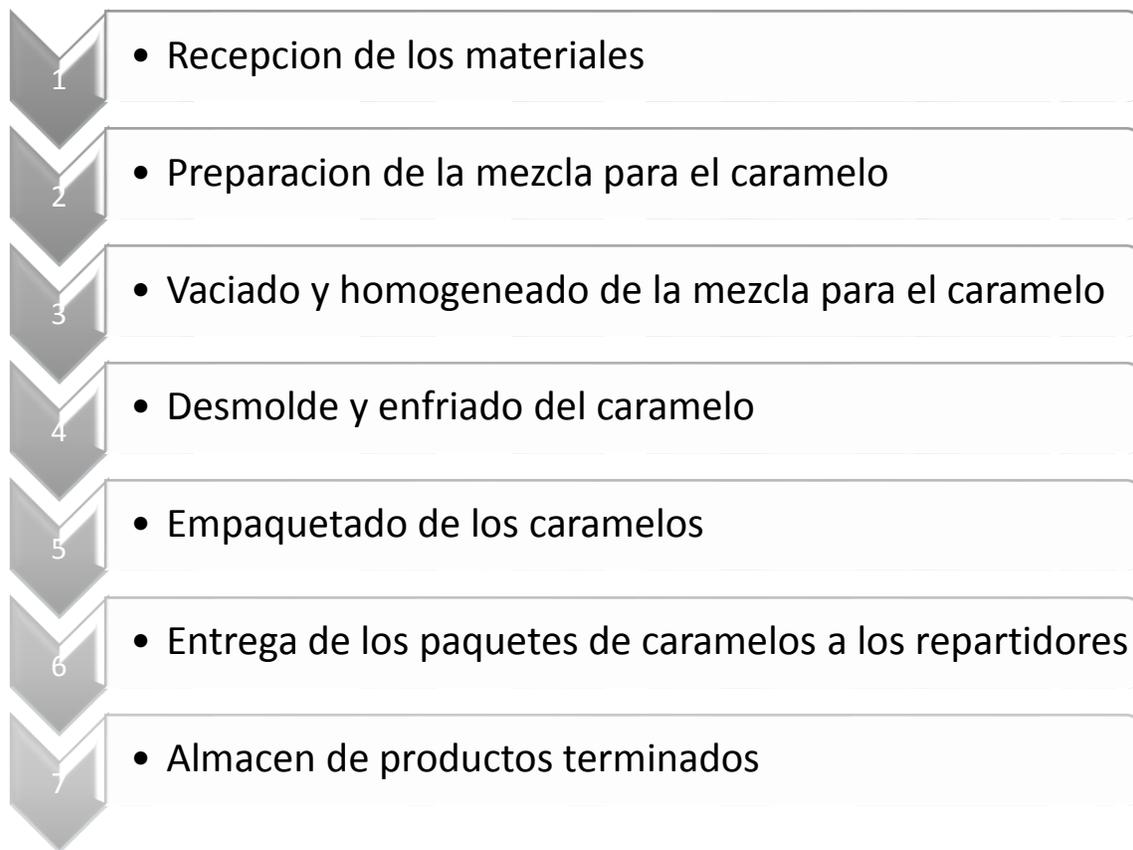


Figura 2.3 Flujo del proceso de producción en una escala micro empresarial

2.2.1.2.1 PROCESO DE ELABORACIÓN DE CAMELOS A NIVEL MICRO EMPRESARIAL

1. Recepción de los materiales: En esta actividad se efectúa el recibo y almacenamiento temporal de las materias primas para el proceso de la elaboración de los caramelos, los cuales reducen el riesgo de contaminación y proliferación de microorganismos, para dicha actividad que es responsable el almacenista debe seguir pautas para su realización, como son:

- Mantener la bodega limpia, seca y ordenada.
- El almacenamiento de los insumos o productos terminados se realizará ordenadamente en pilas o estibas con separación mínima de 60 centímetros con respecto a las paredes perimetrales, y disponerse sobre paletas o tarimas elevadas del piso por lo menos 15 centímetros de manera que se permita la inspección, limpieza y fumigación.
- En los sitios o lugares destinados al almacenamiento de materias primas, envases y productos terminados no podrán realizarse actividades diferentes a estas.
- Los empaques no deben estar húmedos, mohosos o rotos.
- Inspeccionar los alimentos almacenados y utilizar la regla PEPS (Primero en Entrar, Primero en Salir).
- Los productos deberán estar separados adecuadamente según su tipo.
- Todos los lotes, especialmente los productos enlatados, han de ser inspeccionados en relación a la presencia de hundimientos, corrosión, infestación, fecha de caducidad, antes de permitir su almacenamiento.
- Los plaguicidas, detergentes, desinfectantes y otras sustancias peligrosas que por necesidades de uso se encuentren dentro del servicio de alimentación, deben etiquetarse

adecuadamente con un rótulo en que se informe sobre su toxicidad y empleo. Estos productos deben almacenarse en áreas o estantes especialmente destinados para este fin y su manipulación sólo podrá hacerla el personal idóneo. (Santander, 2008)

- Se debe llevar un registro de ingresos y salidas de los productos.



Figura 2.4 Recepción de materiales

Fuente: (Plasempaques, s.f.)

2. El pesado y separado de productos: Las materias primas se trasladan a las básculas donde son pesadas y separadas según características.



Figura 2.5 Recepción de materiales

Fuente: (Infarma, 2016)

3. Vaciado de los productos: Se coloca cada uno de los ingredientes (azúcar, agua, glucosa, colorantes) en los contenedores para mezclarlos y estos se cuecen.



Figura 2.6 Vaciado de los productos

4. Desmolde y enfriado: Se colocan en unos contenedores de metal en el cual por transferencia de temperatura la mezcla es enfriada, luego son desmoldados y estirados de forma manual cada una de las masas de caramelo cocido y son enfriados, es importante dejar enfriar la mezcla para poder manipularla manualmente por aproximadamente 20-30min.



Figura 2.7 Desmolde y enfriado

5. Empaquetado de los caramelos: En esta fase los caramelos son enfundados en un peso estándar de 300 gr. y sellados para su próxima distribución.



Figura 2.8 Empaquetado de los caramelos

6. Entrega de los productos y distribución: El producto ya terminado y empaquetado es dado a los repartidores para la distribución a los almacenes. La venta de los caramelos se puede hacer directamente en el establecimiento o bien entregarlos en tiendas.



Figura 2.9 Entrega de los productos y distribución

2.2.1.3 DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LAS INSTALACIONES

Además de la localización, es importante la distribución interna del lugar de trabajo, para lograr una disposición ordenada y bien planeada del equipo de trabajo, acorde con los desplazamientos lógicos de las materias primas y de los productos acabados, de modo que se aprovechen eficazmente el equipo, el tiempo y las aptitudes de los trabajadores.

Las instalaciones necesarias para una pequeña empresa de este giro incluyen, entre otras, las siguientes áreas:

- Almacenamiento de agua.
- Almacenamiento de combustibles.
- Almacén de materias primas.
- Área de proceso (dosificación y mezclado).
- Área de baseado.
- Área de control de calidad.
- Almacén de producto terminado.
- Área de descarga de materias primas y combustibles.
- Área de carga del producto terminado,
- Baños y sanitarios.
- Comedor.

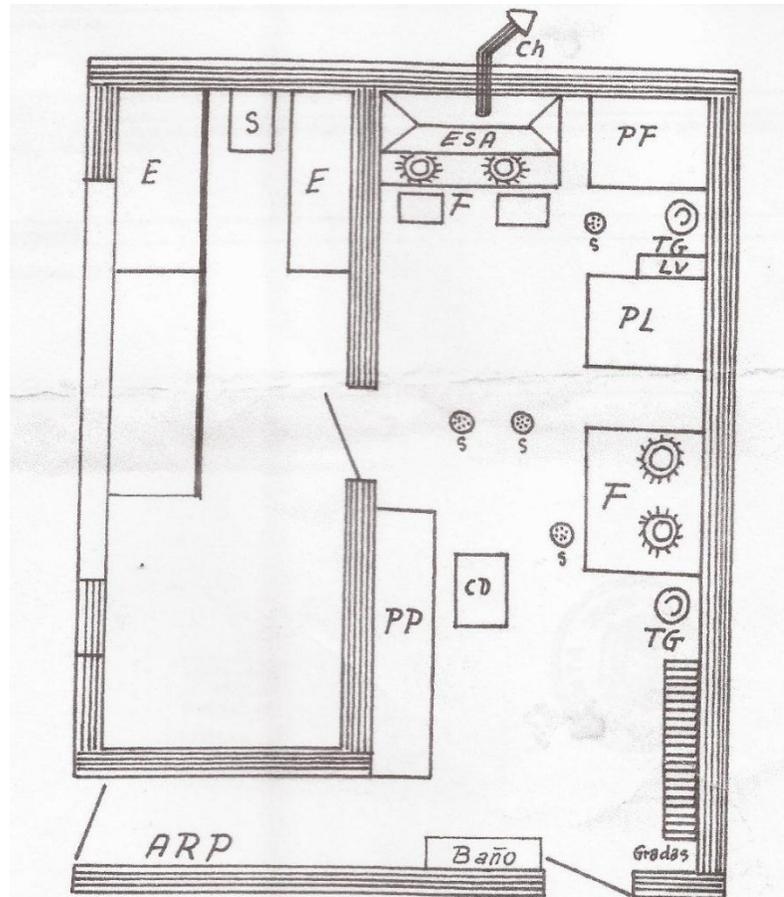


Figura 2.10 Instalaciones “La Golosina”

Fuente: (La Golosina, 2016)

ARP	Área de recepción de materiales
Ch	Chimenea
E	Empacadora
ESA	Extractora de Olores y Aire
F	Cocinas Industriales
Lv	Lavabo
S	Sifón
CD	Cajón de desfogue

2.2.2 ELABORACIÓN DE CAMELOS

2.2.2.1 PROCESO DE ELABORACIÓN DE CAMELOS

Para la elaboración de caramelos artesanales se debe seguir un proceso como se muestra en el siguiente flujo de procesos.



Figura 2.11 Flujo de materiales en el proceso de elaboración de caramelos

2.2.2.2 HERRAMIENTAS PARA ELABORACIÓN DE CAMELOS ARTESANALES

Las herramientas para la elaboración de estos caramelos en la micro empresa son algunos indispensables en el proceso y otros pueden ser sustituidos por otros que básicamente cumplan la misma función sin alterar drásticamente el producto final, pero por lo general su elaboración no varía, algunos de los elementos que se utilizan en la microempresa son:

- Olla de acero inoxidable
- Termómetro
- Latas de acero inoxidable enfriadoras

- Cocina industrial
- Fundas plásticas
- Pesa (Balanza)
- Selladoras de fundas plásticas
- Cilindro de gas
- Guantes de cuero
- Gorros y mandiles
- Ventiladores
- Tijeras
- Ganchos para batir
- Molino manual para la elaboración de la lámina de caramelo
- Poste para el estiramiento de la mezcla
- Mesa de acero inoxidable para separación del caramelo
- Recurso humano

2.2.2.3 MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE CAMELOS

ARTESANALES

La materia prima para la elaboración de los caramelos es indispensable y tienen una base para su elaboración sin ser estos exactamente los mismos ya que llegan a variar un poco dependiendo del producto final o tipo de caramelo q se necesita obtener, estos pueden variar por lo general en sus saborizantes o colorantes.

Materias primas

La adquisición de la materia prima o ingredientes para la fabricación de los caramelos es muy sencilla;

Estos son: azúcar, agua, ácido cítrico, crémor tártaro, mantequilla, glucosa, colorantes y saborizantes.

Las cantidades varían según la escala a producir.

Masa base para caramelos

Para 5.20 kg de caramelos se requiere:

Tabla 2.4 Masa base para caramelos

MASA BASE PARA CAMELOS	
Azúcar	10 Kg
Agua	3,300 l
Producto blanqueador (preparado según cada formula)	10 gr.
Glucosa de 44°	3 Kg.

Fuente: (La Golosina, 2016)

2.2.2.4 INTEGRACIÓN DE LOS INGREDIENTES

Los ingredientes para la elaboración del caramelo los cuales son: azúcar, agua, producto blanqueador, glucosa, colorantes y saborizantes, crémor tártaro y ácido cítrico se ponen todos en un recipiente adecuado donde se cuece, sin dejar de revolverlo con paleta de madera, tanto tiempo como sea necesario para que esta quede lista, al estar fría, de una consistencia aproximada a la de una pasta. Se debe procurar mover todo el jarabe a medida que vaya cociendo, raspando bien la parte del fondo para evitar que se queme y se pegue en el recipiente.

Durante el hervor ha de espumarse el almíbar, pues aun empleando azúcar blanca fina, siempre se han de encontrar algunas impurezas que llegan a la superficie por efecto de la cocción, debiendo así mismo tener gran cuidado con la limpieza de todos los utensilios que entren en las distintas manipulaciones de la mezcla. (Guías Empresariales, s.f)

2.2.2.5 TIEMPO QUE DEBE HERVIR EL AZÚCAR

El azúcar debe hervir el tiempo necesario para que el jarabe alcance el punto deseado y poder obtener el caramelo que se desea. Se debe procurar que ese punto deseado se consiga en el menor tiempo posible, para lo cual se debe acelerar el fuego de manera que el hervor sea pronunciado e intenso, con lo que se obtendrán caramelos blancos y secos, sin tendencia a que se reblandezcan. Por lo regular bastan de 10 a 12 min. Contando desde que se haya iniciado este, siempre que la intensidad del fuego sea bien pronunciada.

Al caramelo debe dársele el punto de dureza, o sea de concentración, que se indique en cada caso. Si se le da de más, puede resultar oscuro, quemándose y reblandeciéndose inevitablemente después, si de menos se empanizará azucarándose. (Guías Empresariales, s.f)

2.2.2.6 GRADUACIÓN DEL ALMÍBAR

Esta prueba se realiza para saber el grado de calor y contextura que tiene el almíbar y poder determinar el tipo de producto o caramelo que obtendremos. Comúnmente en un frasco de cristal que tenga unos 25 cm de alto, boca ancha y de 500 cc de capacidad por lo menos, previamente limpio, se vierte el almíbar aún caliente. Se introduce entonces termómetro, que suba más menos según los grados que tenga, quedando el número o raya al nivel del almíbar, que marca exactamente el grado alcanzado, si por ejemplo se necesita un almíbar de 35° es cuando el almíbar debe hervir con más fuerza, en este punto forma las burbujas gruesas perlas que saltan

del líquido, desde este punto se pueden considerar los diferentes tipos de caramelos que se desean, en este punto el almíbar forma glóbulos cuyo punto lleva el nombre de pluma, posteriormente en el punto de 37 y 38° se efectúan la respectiva prueba de cómo se quiere el caramelo debiendo formarse en este punto una bola con el almíbar un poco más compacta, y se tendrá una forma de glóbulos alargados, obteniéndose los puntos necesarios según las temperaturas a que se somete el almíbar. En este caso es preciso hacer pequeñas pruebas con cada tipo de caramelo que se desee fabricar, a fin de establecer el grado de calor y el tiempo que ha de mantenerse el jarabe a la temperatura máxima para obtener la concentración necesaria. De esta manera no existe dificultad alguna para obtener productos de primera calidad. (Guías Empresariales, s.f)

CAPITULO III

3 DISEÑO MECÁNICO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA LOS DIFERENTES SISTEMAS

En el diseño mecánico de la maquina se toma en cuenta cada una de las partes que lo conforman y los sistemas por los que está constituido la máquina, en cada uno se realizara el diseño y selección de las partes que lo constituyan.

En la figura 3.1 se muestra cada uno de los sistemas que está constituido la máquina.

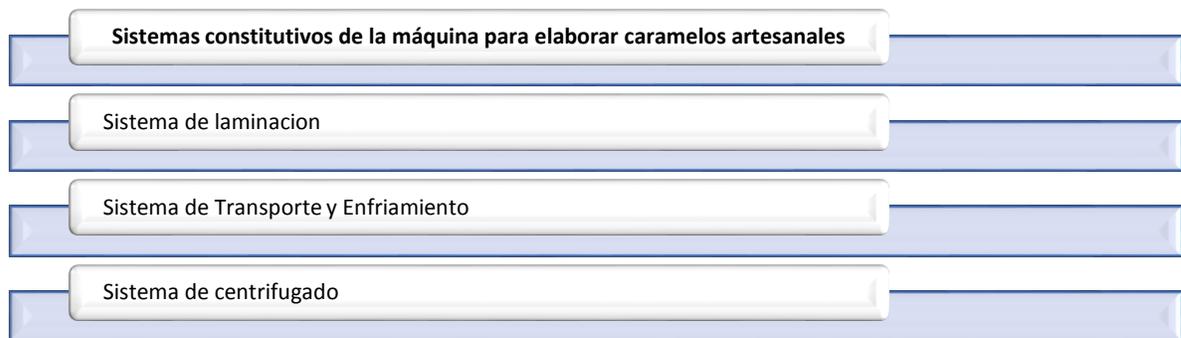


Figura 3.1 Máquina para elaboración de caramelos artesanales y sus sistemas constitutivos

3.1 SISTEMA DE LAMINACIÓN

El sistema de laminación es aquel el cual permite que el caramelo se encuentre perfectamente laminado para que posteriormente el mismo sea cortado y empaquetado de acuerdo a las medidas establecidas por el fabricante para la realización del sistema es necesario tener en cuenta los requerimientos generales los cuales se mencionan a continuación.

Requerimientos generales para el Sistema de Laminación

- Tener un sistema de control que permita la intervención manual del operario durante el proceso.
- Reducir riesgo a los operarios por manipulación directa de la máquina mediante sistemas de seguridad.
- Mantener un proceso continuo de laminación evitando pérdida de materia prima.

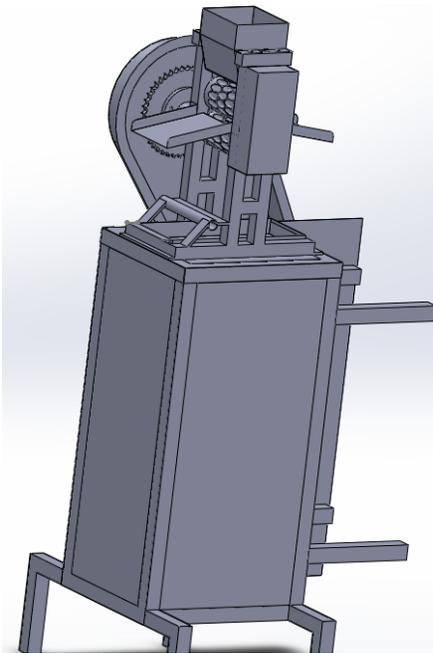


Figura 3.2 Sistema de laminación

3.1.1 RODILLOS MOLDEADORES

Los rodillos tienen como función principal, laminar la masa de caramelo y moldearlo según el requerimiento del mismo, para que, luego pase a la etapa de enfriamiento, y finalmente a la etapa de eliminación de residuos.

Para obtener un correcto laminado es necesario utilizar velocidades bajas para que la masa se compacte de mejor manera y no se deforme el molde del caramelo, la velocidad necesaria para laminación es de 8.31 rpm garantizando de esta manera que el producto final sea el adecuado.

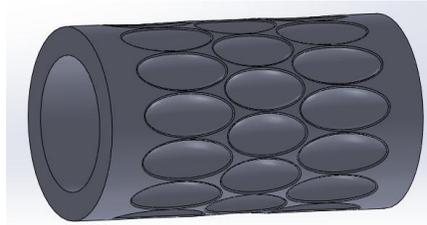


Figura 3.3 Rodillo de Laminación

Función de los Rodillos de Laminación

El sistema de laminación está formado por rodillos los cuales tienen diferentes funciones que influyen directamente en la masa del caramelo las mismas que se detallan a continuación.

- Reducir el grosor de la masa de caramelo
- Reducir el ancho de la masa de caramelo
- Dar forma a los caramelos
- Hacer la masa homogénea y compacta

Parámetros de diseño

El presente proyecto trata del diseño de una máquina para la elaboración de caramelos artesanales la cual funcionara bajo los siguientes parámetros de diseño y cumpliendo las dimensiones requeridas.

- Debe ser de un material antiadherente
- Los rodillos deben trabajar a temperaturas altas de 60-70°C sin adherirse
- El alto de la masa y separación de los rodillos debe ser de 0.8mm \pm 0.2mm

3.1.1.1 DIÁMETRO DE LOS RODILLOS

Los rodillos tienen como función reducir la altura del caramelo para de esta manera obtener el grosor adecuado para la fabricación de caramelos, para conseguir un laminado perfecto es necesario utilizar velocidades bajas ya que a grandes velocidades la masa de caramelo no puede compactarse de la manera especificada.

El diámetro de los rodillos está de acuerdo al diseño de los sistemas en conjunto y a la producción deseada, en este sistema de laminación se necesita una fuerza mecánica la cual será establecida por el motor, al ser la masa de caramelo moldeable no es necesario un diámetro muy grande del rodillo debido a que no existe oposición a la fuerza de laminación obteniendo un perfecto formado en términos de uniformidad.

El diámetro de los rodillos se obtiene de diferentes moldes de caramelo en la misma fábrica, siendo del mismo diámetro de rodillo.

Ecuación 3.1 Diámetro de los rodillos

$$D = \frac{P}{\pi}$$

Fuente: (Ferdinand P. Beer, 2010)

Para calcular el diámetro del rodillo de laminación se considera que por cada revolución debe recorrer una distancia de 0,068 m por revolución este dato fue obtenido a través de la realización de pruebas donde se utilizó diferentes diámetros de rodillos para observar el área de contacto necesario para arrastrar la masa de caramelo.

Donde:

$D = \text{diámetro de los rodillos} = 6.8\text{cm} = 0.068\text{m}$

Reemplazando:

$P = 0.068\text{m} * \pi = 0.2136\text{m}$

Con este diámetro de los rodillos darán 8.31 revoluciones para recorrer la distancia de 1m.

3.1.1.2 LONGITUD DE LOS RODILLOS

Se establece una longitud del rodillo de 120 mm debido a que se quiere formar 3 columnas de moldes de caramelos para de esta manera cumplir con la capacidad de producción necesaria.

3.1.1.3 SISTEMA MOTRIZ

El sistema motriz hace girar a los rodillos a una velocidad constante. Se generará una fricción entre la masa de caramelo y los rodillos, la velocidad de laminación dependerá de la compactación de la masa de caramelo debido a que a altas velocidades el caramelo tiende a desprenderse y de esta manera no se obtiene un formado perfecto de caramelo por lo que es imposible obtener el producto final deseado.

Los componentes que forman el sistema motriz son:

- Motor
- Eje motriz
- Transmisión

Con las siguientes ecuaciones encontraremos la potencia necesaria para realizar el movimiento de los rodillos.

Velocidad Angular

Mediante de la ecuación 3.2 se obtiene velocidad angular necesaria para seleccionar la velocidad del motor.

Ecuación 3.2 Velocidad angular

$$\omega = \frac{v}{r}$$

Fuente: (Viloria, 2010)

Donde:

La velocidad lineal se la obtuvo mediante pruebas

ω Velocidad angular

v Velocidad lineal $28.26 \frac{mm}{s}$

r Radio del rodillo. 34mm

Reemplazando

$$\omega = \frac{28.26 \frac{mm}{s}}{34mm} = 8.31rpm$$

Área de contacto

Para el cálculo del sistema motriz es necesario poseer el resultado del área de contacto el cual se obtiene mediante el ángulo de agarre entre el rodillo y la masa de caramelo, el que se obtendrá a partir de la siguiente ecuación.

Ecuación 3.3 Calculo del Área de contacto

$$\text{Área} = x * y$$

Fuente: (Saráuz Terán, 2011)

Donde:

x longitud del rodillo 0.12 m

y ancho del área de la masa en contacto con el rodillo.

Reemplazando

$$\text{Área} = 0.12\text{m} * 0.03029\text{m} = 0.003635\text{m}^2$$

Para saber el ancho lo haremos con la siguiente formula.

$$y = \sqrt{r * (h_i - h_o)}$$

Donde:

r Radio del rodillo

h_i Separación entre el rodillo y la guía en la entrada de la masa. 45mm

h_o Separación entre el rodillo y la guía en la salida de la masa. 18mm

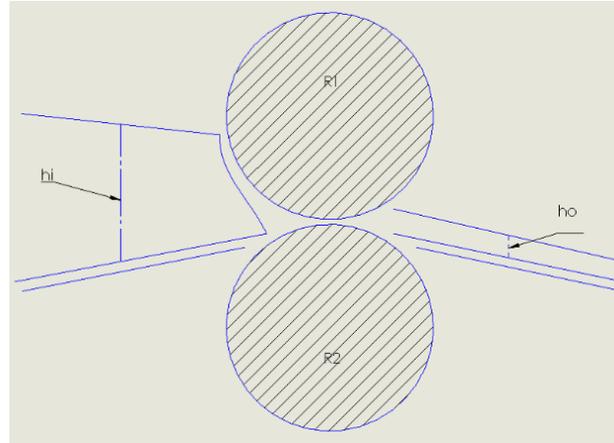


Figura 3.4 Valores h_i - h_o de los rodillos

Reemplazando:

$$y = \sqrt{34\text{mm} * (45\text{mm} - 18\text{mm})}$$

$$y = 30.29\text{mm} = 0.03029\text{m}$$

Fuerza ejercida por los rodillos

Los rodillos laminadores ejercen una fuerza al aplastar la masa la cual se puede obtener a través de la ecuación 3.4 donde la presión necesaria para laminar se obtuvo mediante la realización de pruebas las cuales demostraron que la misma es de $2900 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$ con la cual se genera una perfecta compactación.

Ecuación 3.4 Fuerza ejercida por rodillos

$$F = A * P_r$$

Fuente: (Nisbett & Budynast, 2008)

Donde:

F Fuerza

A Área de contacto 0.003635m^2

Pr Presión ejercida por el rodillo sobre la masa $2900 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$

Reemplazando

$$F = 0.003635\text{m}^2 * 2900 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} = 10.5415 \text{ kgf}$$

Torque

Para poder diseñar el sistema motriz es necesario obtener el torque que poseen los rodillos el cual se puede encontrar mediante la utilización de la ecuación 3.5.

Ecuación 3.5 Torque

$$T=F*M$$

Fuente: (Saráuz Terán, 2011)

Donde:

T Torque

F Fuerza ejercida por el rodillo 10.5415 kgf

M Posición del centro de gravedad respecto al centro del rodillo y posición resultante de la Presión.

Ecuación 3.6 Posición del centro de gravedad

$$M = \frac{y}{2}$$

Fuente: (Saráuz Terán, 2011)

Donde:

y ancho del área en contacto con el rodillo 0.03029m

Reemplazando:

$$M = \frac{0.03029}{2} = 0.015145\text{m}$$

Ya conociendo el centro de gravedad procedemos a calcular el torque que poseen los rodillos.

Reemplazando:

$$T = 10.5415\text{kg} \cdot 0.015145\text{m} = 0.1596 \text{ Kgf} \cdot \text{m}$$

$$T = 1.564\text{N} \cdot \text{m}$$

Potencia del motor

Debido a que la laminación dependerá de la velocidad del rodillo la cual será establecida por el sistema motriz es necesario encontrar la potencia necesaria del motor la cual se puede calcular a través de la ecuación 3.7.

Ecuación 3.7 Potencia del motor

$$P = T * \omega$$

Fuente: (Nisbett & Budynast, 2008)

Donde:

P Potencia del motor

T Torque

ω Velocidad angular

Reemplazando:

$$P = 1.564 \text{ [N. m]} * 8.31 \text{ rpm} * \frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ W}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ revolución}}$$

$$P = 0.12 \text{ hp}$$

3.1.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

3.1.2.1 SELECCIÓN DE LA CATARINA Y CADENA

Para poder seleccionar una Catarina es necesario poseer los siguientes parámetros:

- Velocidad angular de salida del moto-reductor que es de 21 rpm
- Potencia de salida del moto-reductor que es de 1/4 HP
- Distancia entre centros aproximada es de 15 pulgadas

Para poder determinar el número de dientes de la Catarina conducida es necesario asumir el número de dientes la de la Catarina conductora para lo cual se tomará como requisito tener una relación de transmisión de 3:1, para obtener este dato se utiliza la ecuación 3.8.

Ecuación 3.8 Número de dientes de la Catarina conducida

$$N2 = \frac{n1}{n2} * N1$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Donde:

N2 Número de dientes de la catarina conducida

N1 Número de dientes de la catarina conductora

n1 Velocidad de la catarina conductora

n2 Velocidad de la catarina conducida

Datos

$$N1 = 17$$

$$n1 = 21 \text{ rpm}$$

$$n2 = 8.31 \text{ rpm}$$

Reemplazando:

$$N2 = \frac{21}{8.31} * 17$$

$$N2 = 42 \text{ dientes (Ver Anexo V)}$$

Para el cálculo y diseño de las cadenas de transmisión se usará la potencia corregida de cálculo (P_c), obtenida a partir de la potencia transmitida por el motor-reductor (P) calculada anteriormente la cual es afectada por los coeficientes que tendrán en cuenta diversos aspectos del montaje y uso de la cadena (Ingemecánica, 2012).

Ecuación 3.9 Potencia corregida

$$P_c = K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * P$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Donde

P _c	Potencia corregida
K ₁ , K ₂ , K ₃ , K ₄ y K ₅	Coefficientes correctores
P	Potencia de salida del moto-reductor

3.1.2.1.1 COEFICIENTES DE CORRECCIÓN

✓ Coeficiente K₁

Para el cálculo del coeficiente K₁ se debe tener en cuenta que el número de dientes de la rueda conductora sea distinto a 19 puesto que si el número de dientes de la rueda conductora es igual a 19 el coeficiente (K₁) toma el valor de K₁ = 1. Caso contrario se utiliza la ecuación 3.10.

Ecuación 3.10 Coeficiente K₁

$$K_1 = \frac{19}{z}$$

Fuente: (Nisbett R. G., 2008)

Siendo

z número de dientes de la rueda conductora

Datos

$$z = 17$$

Reemplazando:

$$K1 = \frac{19}{17}$$

$$K1 = 1.1$$

✓ Coeficiente K2

El coeficiente K2 tiene en cuenta el número de cadenas empleadas en la transmisión.

✓ Coeficiente K3

El coeficiente K3 es aquel el cual toma en cuenta el número de eslabones o enlaces que conforman la cadena. En el Anexo III se puede observar los valores.

Siendo n el número de eslabones o enlaces de la cadena y N es el número de ruedas de la transmisión.

✓ Coeficiente K4

Este coeficiente K4 o factor de trabajo tiene en cuenta tanto la regularidad de marcha del motor de accionamiento, como el tipo de máquina o instalación que debe accionar, cuyo funcionamiento puede ser suave o irregular con impactos o golpes (Ver Anexo III).

✓ Coeficiente K5

El coeficiente K5 determina la duración en función de la vida útil prevista para la cadena (Ver Anexo III).

La tabla 3.7 indica los diferentes cálculos realizados para seleccionar la catarina y la cadena necesaria para el desarrollo del presente proyecto.

Datos

$$K1 = 1.1$$

$$K2 = 1$$

$$K3 = 0.8$$

$$K4 = 1$$

$$K5 = 1$$

$$P = \frac{1}{4} \text{ HP}$$

Reemplazando ecuación 3.9

$$Pc = 1.1 * 1 * 0.8 * 1 * 1 * \frac{1}{4}$$

$$Pc = 0.18 \text{ HP}$$

3.1.2.2 SELECCIÓN DE LA CADENA

Después de obtener los datos necesarios se puede realizar la selección de la cadena (Ver Anexo IV).

Los datos necesarios para poder seleccionar la cadena son:

- Potencia corregida de cálculo (Pc)
- Cadena simple
- Velocidad de giro del piñón

Mediante la utilización la tabla mostrada en el Anexo IV se selecciona una cadena 08B con un paso 12.7 mm.

3.1.2.3 LONGITUD DE LA CADENA

Mediante la ecuación 3.11 se puede calcular la longitud de la cadena.

Ecuación 3.11 Longitud de la cadena

$$Lc = \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{2C}{p} + \frac{p \left(\frac{N_2 - N_1}{\pi} \right)^2}{C}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Donde

Lc Longitud de la cadena

N_1 Número de dientes de la catarina conductora

N_2 Número de dientes de la catarina conducida

p Paso de la cadena

C Distancia entre centros

Datos

$$N_1 \quad 17$$

$$N_2 \quad 43$$

$$p \quad \frac{1}{2}''$$

$$C \quad 15''$$

Reemplazando:

$$L_c = \frac{17 + 43}{2} + \frac{2 * 15}{0.5} + \frac{p \left(\frac{43 - 17}{\pi} \right)^2}{15}$$

$$L_c = 90,15'' \text{ o } 2289.81\text{m}$$

3.3.1.1 TENSION DE LA CADENA

Los valores de tensión generalmente se toman de tablas suministradas por los fabricantes los cuales varían en función del paso de las cadenas como se puede ver en la Figura 3.5

Paso de la cadena [in]	Fuerza de tensión de la cadena [lbf]
¼	925
½	3700
5/8	6100
1	14500
1 ½	34000
2	58000
2 ½	95000
3	135000

Figura 3.5 Fuerza de Tensión de la cadena

Fuente: (cesarruiz.webnod, s.f.)

En la maquina se utiliza un paso de cadena = ½ in por lo tanto se debe tener una fuerza de tensado de la cadena de 3700 lbf.

3.1.3 DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural es la creación de planos necesarios para que las máquinas, estructuras, sistemas o procesos desarrollen las funciones deseadas, permitiendo establecer la características globales y específicas de cada componente, las cuales se logran aplicando las diversas técnicas, principios científicos y teorías de falla con el objeto de determinar una estructura, o un sistema con detalles suficientes que permitan su realización

3.1.3.1 ANÁLISIS DE LOS PERNOS MEDIANTE SOLIDWORKS

Los pernos están sometidos a una carga de 150N como carga total a tracción debido a la tensión de la banda transportadora en los rodillos como se muestra en la Figura 3.6

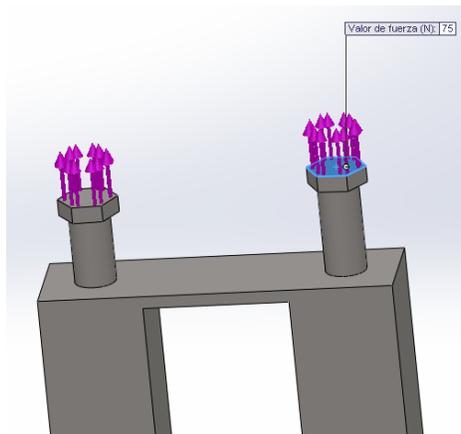


Figura 3.6 Cargas aplicadas en los pernos

La tensión de Von Mises es una energía física la cual es proporcional a la energía de distorsión. Se utilizará la teoría de falla de Von Mises para obtener los puntos críticos de distorsión en la estructura aplicando una fuerza de tracción en los pernos de 150 N como carga total.

En la Figura 3.7 se muestra los pernos bajo la tensión de Von Mises con los siguientes datos.

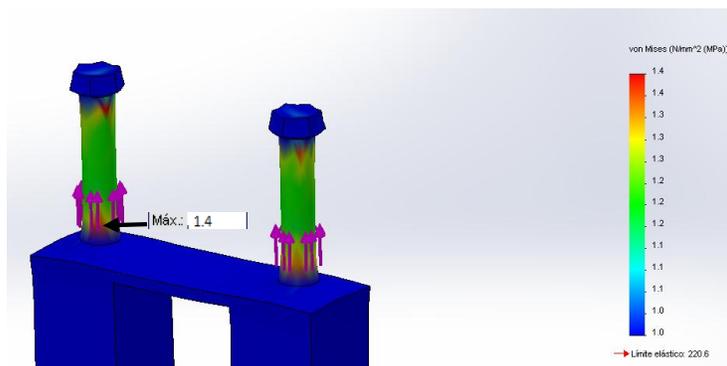


Figura 3.7 Tensión en los pernos según Von Mises

De la siguiente figura podemos observar una tensión máxima de 1.4Mpa y una tensión mínima de 0Mpa siendo tensiones bajas las cuales nos permitirán trabajar normalmente en la máquina sin dificultad.

En la figura 3.8 se observa el factor de seguridad de los pernos sometidos a una fuerza de tracción de 150N.

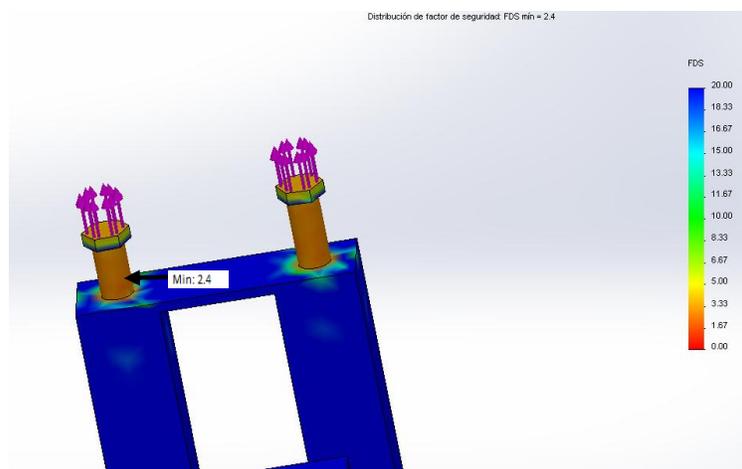


Figura 3.8 Factor de Seguridad Perno

De la siguiente figura podemos observar el factor de seguridad mínimo es de 2.4 y factor de seguridad máximo de 20 el cual da una confiabilidad de poder trabajar con la máquina sin dificultad sabiendo que no fallara bajo los requerimientos que fueron diseñados y construidos

3.1.3.2 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA MEDIANTE SOLIDWORKS

La base del molino está sometida a una carga de 11565N como carga total horizontales por fuerzas ejercida de los rodillos laminadores a la estructura y una carga total de 150 N verticales debido a la tensión de la banda transportadora en los rodillos como se muestra en la Figura 3.9.

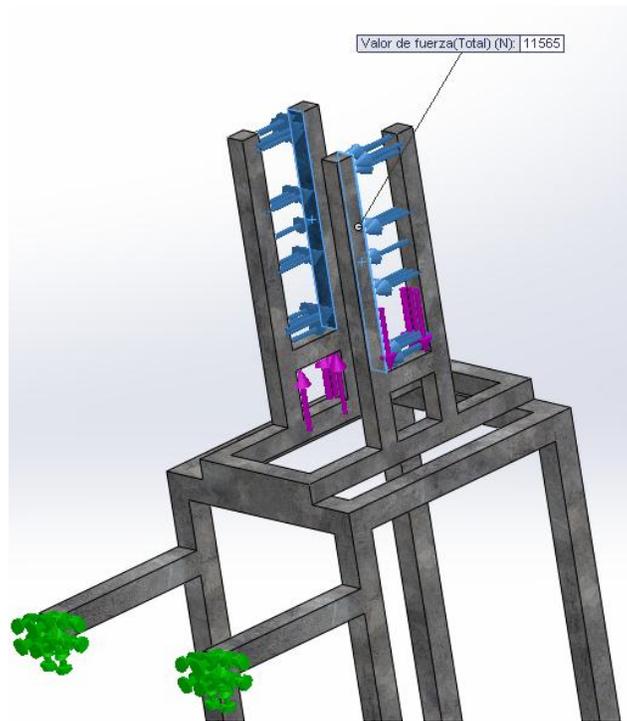


Figura 3.9 Cargas aplicadas en la base del molino

En la Figura 3.10 se muestra la estructura bajo la tensión de Von Mises sometido a cargas equivalentes totales a 11565N

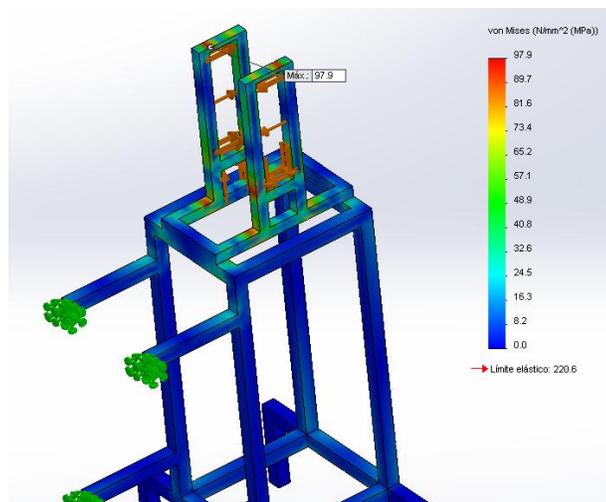


Figura 3.10 Tensión en la estructura según Von Mises

De la siguiente figura podemos observar una tensión máxima de 97.9Mpa y una tensión mínima de 0Mpa las cuales nos permitirán trabajar normalmente en la máquina sin dificultad.

En la figura 3.11 se observa el desplazamiento estructural sometido a cargas equivalentes totales a 11565N.

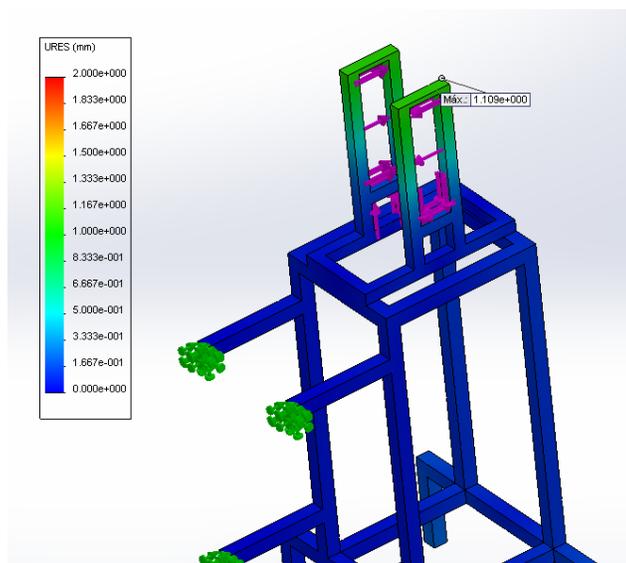


Figura 3.11 Desplazamiento Estructural

Según el gráfico se concluye que no se tendrá una deformación significativa de la maquinaria, teniendo como valor máximo de desplazamiento 1 mm y valor mínimo de 0mm. Tomando en cuenta el desplazamiento máximo y las funciones para las que es diseñada la maquinaria es casi nula por lo que tiene una alta fiabilidad.

En la figura 3.12 se muestra el factor de seguridad de la estructura sometido a cargas equivalentes totales a 11565N.

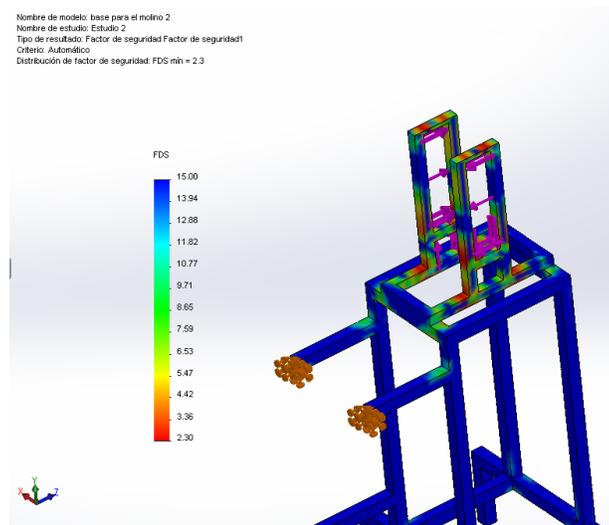


Figura 3.12 Factor de Seguridad de la Estructura

De la siguiente figura podemos observar el factor de seguridad mínimo es de 2.3 y factor de seguridad máximo de 15 el cual da una confiabilidad de poder trabajar con la máquina sin dificultad sabiendo que no fallara bajo los requerimientos que fueron diseñados y construidos.

3.2 SISTEMA DE TRANSPORTE Y ENFRIAMIENTO

El sistema de enfriamiento es un subsistema de la máquina el cual tiene la función de transportar la cinta de caramelo y enfriarlo a la vez mediante la extracción de calor, ya que esta se encontrará en un ambiente encerrado y necesita ser endurecido para poder ser separado.

En la Figura 3.13 se observa las partes que conformaran a este sistema de enfriamiento.

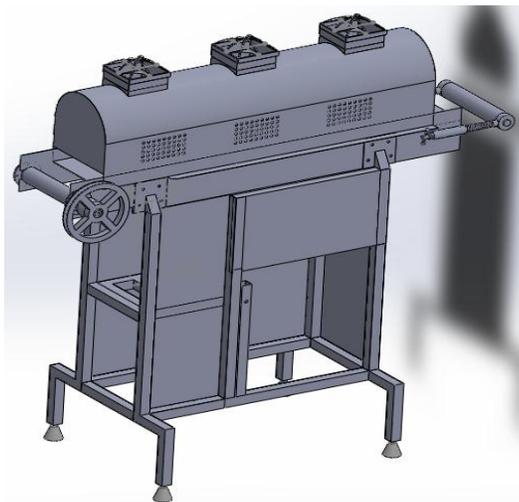


Figura 3.13 Sistema de Transporte y Enfriamiento

En la Figura 3.14 se observa las diferentes partes que conforman el Sistema de Transporte y Enfriamiento.

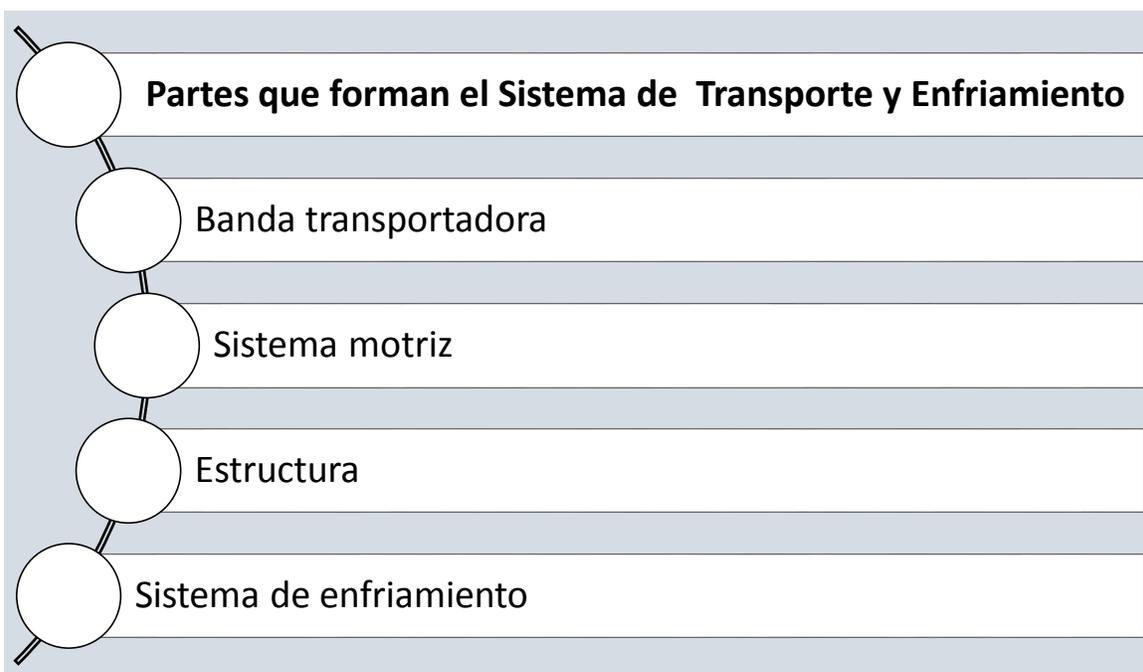


Figura 3.14 Partes que forman el sistema de enfriamiento

Requerimientos para el Sistema de Enfriamiento

- Reducir el tiempo de endurecimiento para las láminas de caramelo
- Tener un sistema de control que permita la intervención manual del operario durante el proceso.
- Mantener un deslizamiento continuo del caramelo sin interrupciones.

3.2.1 BANDA TRANSPORTADORA

La banda o cinta es un sistema de transporte continuo el cual su función principal es soportar directamente los materiales u objetos y desplazarlos desde un punto de carga hasta el de descarga. Este mediante un eje motriz que es el encargado de generar movimiento a la banda y a los rodillos.

Las ventajas que nos pueden proporcionar las bandas son:

Apto para transportar productos alimenticios

- Adaptables al espacio de trabajo
- Trasladar la cinta de caramelo con rapidez y fluidez.
- Tambor rotatorio.
- Cámara de almacenamiento para desperdicio.

3.2.1.1 TIPOS DE BANDAS TRANSPORTADORAS

A continuación, se muestra algunos de los tipos de bandas transportadoras que hay de la cual elegiremos la más apropiada para el sistema.

- **BANDAS TRANSPORTADORAS PLANAS.** - Estas cintas son empleadas generalmente para trasportar cargas unitarias como fundas o cajas. En estas cintas el material se sitúa en la superficie de la cinta y se trasladan a lo largo del recorrido de la

misma. La cinta plana forma un lazo continuo el que permite que la mitad de su longitud total se emplee para el reparto del material y la otra mitad para el retorno. El soporte de estas cintas planas es un armazón con rodillos, a cada extremo de la cinta se encuentran los rodillos motores o poleas que son los encargados de impulsan la cinta. (Cabrera, 2009)



Figura 3.15 Banda Transportadora Plana

Fuente: (Maskepack, 2010)

- **BANDAS TRANSPORTADORAS CONCAVA.** - Estas cintas son utilizadas por lo general para trasportar productos a granel, la banda consta de 3 o 5 rodillos los que poseen la función de soportar a la banda, los bordes de la banda se elevan con respecto al centro formando una concavidad, la que es necesaria para trasportar el producto, estas cintas son utilizadas para trasportar cantidades grandes y a una distancia considerable de kilómetros (Cabrera, 2009).



Figura 3.16 Banda Transportadora Cóncava

Fuente: (Savatech, 2010)

- **BANDAS TRANSPORTADORAS TUBULARES.** - Estas cintas poseen un diseño especial ya que luego de cargar la cinta, sus bordes se pegan uno con otro permitiendo de esta manera envolver el producto, esta alternativa de cinta se la emplea principalmente para productos fácilmente contaminantes, previniendo así su contaminación (Cabrera, 2009).



Figura 3.17 Banda Transportadora Tubular

Fuente: (Savatech, 2010)

- **BANDAS TRANSPORTADORAS METÁLICAS.** - Esta cinta consta de una malla de alambre, es una cinta plana, los extremos de esta cinta se acoplan mediante remaches, poseen la característica especial de soportar temperaturas de hasta 1000°C (Cabrera, 2009).



Figura 3.18 Banda Transportadora Metálica

Fuente: (Cambridge, s.f.)

- **BANDAS TRANSPORTADORAS CERRADAS.** - En esta cinta se considera más a la estructura de soporte que a la cinta en si ya que la cinta permanece encerrada en cajones de metal para evitar problemas de contaminación o pérdidas de producto (Cabrera, 2009).



Figura 3.19 Banda Transportadora Cerrada

Fuente: (Micesa, s.f)

- **BANDAS TRANSPORTADORAS PORTÁTILES.** - Son cintas de capacidades y dimensiones pequeñas, estas poseen unas ruedas que facilitan el transporte de un sitio a otro. Habitualmente son empleadas para cargar y descargar camiones, facilitan la acumulación de fundas o cajas dentro de depósitos (Cabrera, 2009).



Figura 3.20 Banda Transportadora Portátil

Fuente: (Somca, 2016)

Analizado los diferentes tipos de bandas transportadoras y tomando en cuenta que el producto a transportar es de bajo peso, transporte horizontal y desplazamiento continuo, la que más se adapta a las necesidades de la máquina es una banda transportadora plana.

3.2.1.2 DISEÑO DE LA BANDA TRANSPORTADORA

La banda transportadora plana será la utilizada en el sistema ya que la función designada para esta es el transporte de la cinta de caramelo de un punto a otro.

Para efectuar este trabajo y dar movimiento a la banda transportadora se lo hará mediante poleas que tendrán la misma velocidad que el molino.

Funciones de la Banda Transportadora

- Transportar la cinta de caramelo
- Enfriar a la cinta de caramelo durante el proceso
- Desplazamiento continuo

Parámetros de funcionamiento

- La velocidad angular debe ser la misma que poseen los rodillos
- La longitud de la banda transportadora será de 1.30 m
- El ancho de la banda transportadora será de 0.25m
- Horas de uso: 4 horas al día

3.2.1.2.1 SELECCIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Existen bandas transportadoras de varios tipos como son:

- Algodón
- Rayón
- Poliuretano
- Poliamida
- Cables de acero

Para la construcción de la banda transportadora y tomando en cuenta los requerimientos de la máquina se ha seleccionado la banda transportadora de poliuretano (UPRO 2/13 W – M), por ser la indicada para estar en contacto con los alimentos y cuales características son las siguientes.



Figura 3.21 Banda de Poliuretano

Fuente: (GGDBANDAS, 2017)

3.2.1.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS A SER TRANSPORTADOS

En la siguiente tabla se mostrarán las características del material a ser transportado.

Tabla 3.1 Características de la cinta de caramelo

Denominación		Carga
Material		Masa de caramelo
Forma		irregular
Dimensiones	Ancho (A)	120 mm
	Altura (h)	15 mm
	Profundidad (P)	800 mm
Densidad		653.6 [Kg/m ³]
Volumen		0,001529 [m ³]
Masa carga (mq)		1 [Kg]
Peso unitario (Wq)		9,8 [N]

3.2.1.2.3 CALCULO DE LA BANDA COMPLETAMENTE CARGADA

Para poder conseguir la capacidad de carga de la banda transportadora se aplica la siguiente ecuación.

Ecuación 3.12 Capacidad para transportar

$$Q_t = m_q * \text{numero de cintas}$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Donde:

Q_t Capacidad de transportación

m_q Masa de la carga unitaria 0.660 [Kg] Datos

m_q 1 [Kg]

Numero de cintas por minuto = 1.5

Reemplazando:

$$Q_t = 0.660 * 1.5$$

$$Q_t = 2.16 \text{ [Kg/min]}$$

3.2.1.2.4 CALCULO DE LA VELOCIDAD DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Para saber la velocidad lineal de la banda transportadora lo haremos con la siguiente ecuación. Para realizar esto se debe saber la distancia recorrida de la masa de caramelo en un determinado tiempo. En este caso se ha realizado las mediciones con un cronómetro el tiempo que se demora recorrer 1m de la masa de caramelo.

Ecuación 3.13 Velocidad lineal

$$V = \frac{L}{t}$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Donde

V_t = Velocidad lineal de la banda transportadora

L = Distancia recorrida 1m

t = Tiempo que tarda en recorrer la masa la distancia $L = 0.66\text{min}$

Reemplazando

$$V_t = \frac{1m}{0.66\text{min}}$$

$$V_t = 1.51 \frac{m}{\text{min}}$$

3.2.1.2.5 CALCULO DE LA TENSIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Necesitamos calcular la tensión efectiva (T_E), esta es la tensión que es aplicada por el motor para hacer girar la banda transportadora y los elementos de esta.

Para poder calcular dicha tensión es necesario considerar tres componentes.

- T_x = Tensión sin carga
- T_y = Tensión a plena carga
- T_z = Tensión para levantar la carga

Ecuación 3.14 Tensión sin carga

$$T_x = \mu * L_c * Wm$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Donde:

T_x Tensión para mover la banda transportadora sin carga

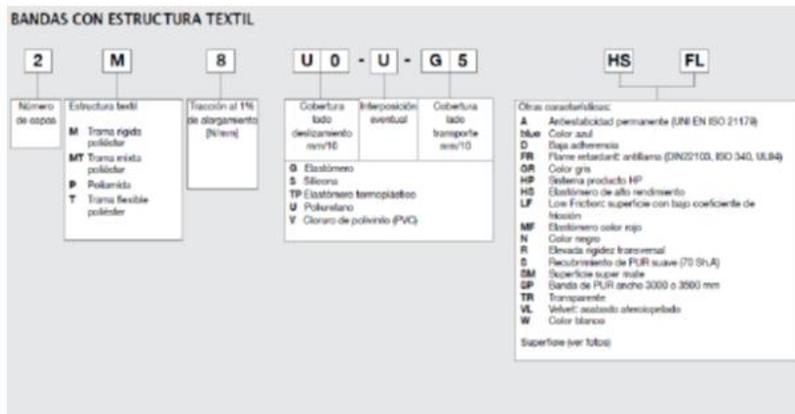
μ Coeficiente de fricción entre la banda y el rodillo = 0.2

L_c Distancia entre centros del transportador = 1.30

W_m Peso de las piezas en movimiento (Rodillos, banda, etc.)

$W_m = 8.2 \text{ kg} * 9.8 \text{ ms}^2 = 80,36 \text{ kg} \cdot \text{ms}^2$ donde (rodillos 3.7+4 [kg], banda 0.5 [Kg])

Para saber el coeficiente de fricción lo tomamos de la siguiente tabla. (Ver Anexo X).



COEFICIENTE DE FRICCIÓN LADO DESLIZAMIENTO

Tipo de cobertura	Plano de deslizamiento		Tambor motor	
	Chapa acero	Chapa plást. o madera	Tambor acero	Tambor forrado
0	0.20	0.25	0.20	0.30
G1	no aplicable		0.60	0.70
S0	0.30	0.40	0.30	0.50
U0	0.20	0.25	0.20	0.30
U2	0.40	0.50	0.30	0.40
U3, U5	0.40	0.50	0.40	0.60
V5, V10	no aplicable		0.40	0.60

Figura 3.22 Coeficiente de fricción

Fuente: (Catalogo Chorino, 2013)

Reemplazando:

$$Tx=0.2*1.30*80.36$$

$$Tx=20.89 \text{ N}$$

Ahora teniendo la tensión de la banda sin carga procedemos a calcular la tensión de la banda a plena carga con la siguiente ecuación.

Ecuación 3.15 Tensión a plena carga

$$Ty=\mu*Lc*Q$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Donde:

Q Peso de la carga por unidad de longitud

Ty Tensión necesaria para mover la banda transportadora a plena carga

μ Coeficiente de fricción entre la banda y el rodillo=0.2 (tabla anterior)

Para el peso de la carga lo haremos con la siguiente ecuación

$$Q = \frac{33,3 * Qt}{Vt}$$

Donde:

Qt Capacidad de transportación = 2.65 Kg/min

Vt Velocidad lineal de transportación de la banda 4 m/min

Reemplazando:

$$Q = \frac{33,3 * 2.65 \frac{kg}{min}}{4 \frac{m}{min}}$$

$$Q = 22.061 \frac{kg}{min}$$

Teniendo el peso de la carga por unidad de longitud podemos calcular la tensión a plena carga.

Reemplazando:

$$T_Y = 0,2 * 1.30 * 22.61$$

$$T_Y = 5.878 [Kg]$$

$$T_Y = 57.60 [N]$$

T_z es igual a 0 ya que no se tiene cargas verticales a transportar y la banda transportadora es horizontal.

Ecuación 3.16 Tensión efectiva

$$T_E = T_x + T_y + T_z$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Donde:

T_E Tensión efectiva

T_x Tensión sin carga = 20.89 N

T_y Tensión a plena carga = 57.60 N

T_y Tensión para levantar carga = 0 N

Reemplazando:

$$T_E = 20.89 + 57.60 + 0$$

$$T_E = 78.49 \text{ N}$$

La tensión efectiva (T_E) es la tensión necesaria para mover la banda sin embargo, la tensión total máxima de la banda, en sistemas de transmisión por fricción (transportadores, elevadores, bandas planas de transmisión y en V) hay que introducir tensiones adicionales las cuales son consideradas como tensión en el lado flojo T_2 y lado tenso T_1 como se muestran en la figura



Figura 3.23 Tensiones en lado flojo y tenso

3.2.1.2.6 CALCULO DE TENSIONES ADICIONALES

Ecuación 3.17 Tensión lado flojo o lado de retorno (T_2)

$$T_2 = K * T_E$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Donde:

$K = 1,2$ Factor de transmisión basado en el coeficiente de fricción, arco de contacto y tipo de tensor

$T_E =$ Tensión efectiva = 78.49 N

El factor de transmisión lo obtenemos de la siguiente tabla

TABLA 2 - Factor de transmisión (K) para prevenir deslizamiento

ANGULO DE CONTACTO EN LA BANDA DE TRANSMISION	TIPO DE TRANSMISION	TENSOR DE TORNILLO		TENSOR DE GRAVEDAD	
		POLEA LISA	POLEA RECUBIERTA	POLEA LISA	POLEA RECUBIERTA
150°	Recta	1.5	1	1.08	0.67
160°	Recta	1.4	0.9	0.9	0.60
170°	Recta	1.3	0.9	0.91	0.55
180°	Recta	1.2	0.8	0.84	0.50

Figura 3.24 Factor de transmisión K para prevenir deslizamiento

Reemplazando:

$$T_2 = 1,2 * 78.49$$

$$T_2 = 94.188 \text{ N}$$

Ecuación 3.18 Tensión lado tenso o de avance (T₁)

$$T_1 = T_E + T_2$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Donde:

T_E Tensión efectiva = 78.49 N

T₂ Tensión lado flojo = 94.188 N

Reemplazando:

$$T_1 = 78.49 + 94.18$$

$$T_1 = 172.68 \text{ N}$$

3.2.1.2.7 TORQUE Y POTENCIA DE ACCIONAMIENTO DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Para obtener movimiento en la banda transportadora necesitaremos de un torque y potencia el cual será otorgado por un motor-reductor y lo obtendremos de las siguientes ecuaciones:

Ecuación 3.19 Torque

$$T_{orque} = (T_1 - T_2) * R_r$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Donde:

Rr Radio del rodillo =0.025m

Reemplazando

$$T_{orque} = (172.68 - 94.188) * 0.025$$

$$T_{orque} = 1.9623 \text{ [N. m]}$$

3.2.1.2.8 POTENCIA REQUERIDA DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Ecuación 3.20 potencia requerida de la banda transportadora

$$P = (T_1 - T_2) * V_t$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Donde:

P Potencia

V_t Velocidad lineal de transportación de la banda = $1.51 \frac{m}{min}$

Reemplazando:

$$P = (172.68 - 94.188) * 1.51$$

$$P = 118.52 \frac{N \cdot m}{min} = 1.975 \frac{N \cdot m}{seg}$$

$$P = 118.52W * \frac{1Hp}{746W}$$

$$P = 0.158 Hp$$

3.2.1.2.9 CALCULO DE LA VELOCIDAD ANGULAR

Ecuación 3.21 Calculo de la velocidad angular

$$\omega = \frac{V_t}{R_r}$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Donde:

ω Velocidad angular

V_t Velocidad lineal de transportación de la banda = $1.32 \frac{m}{min}$

R_r Radio del rodillo = 0.025m

Reemplazando:

$$\omega = \frac{1.32 \frac{m}{min}}{0.025m} = 52.8 \frac{rad}{min} = 0.88 \frac{rad}{seg}$$

O también

$$\omega = 0.88 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ revolución}}{2\pi \text{ rad}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ minuto}}$$

$$\omega = 8.31 \text{ rpm}$$

Nota: Esta es la velocidad angular máxima que deberá alcanzar el molino y la banda transportadora.

3.2.1.2.10 COMPROBACION DE LA POTENCIA REQUERIDA

Ecuación 3.22 Potencia Requerida

$$P = T_{orque} * \omega$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Reemplazando:

$$P = 1.9623 \text{ [N.m]} * 8.31 \text{ rpm} * \frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ W}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ revolución}}$$

$$P = 0,14 \text{ HP}$$

3.2.1.2.11 SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA LA BANDA TRANSPORTADORA

Para el movimiento de la banda se deben seleccionar elementos que cumplan con las siguientes características.

$$P = 0.14 \text{ Hp}$$

$$\omega = 8.31 \text{ rpm}$$

Debemos seleccionar componentes para el movimiento de la banda transportadora como son:

- Motor
- Transmisión por bandas o correas

3.2.1.2.12 SELECCIÓN DEL MOTOR-REDUCTOR

Debido que la velocidad angular es de $\omega = 8.31 \text{ rpm}$ para la elección del motor se tomara en cuenta lo siguiente:

$P_s =$ Potencia de salida 0,14HP

$\eta_c =$ Rendimiento de la transmisión por banda 97%

$\eta_r =$ Rendimiento del reductor 59%

3.2.1.2.13 POTENCIA PARA SELECCIÓN DEL MOTOR

Ecuación 3.23 Potencia para selección de motor

$$P_e = \frac{P_s}{\eta_c * \eta_r}$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Reemplazando:

$$P_e = \frac{0.158 \text{ HP}}{0.97 * 0.59}$$

$$P_e = 0.297 \text{ HP}$$

Seleccionaremos un motor de $\frac{3}{4}$ Hp por estar conectado simultáneamente a los rodillos del molino, además se puede encontrar fácilmente en el mercado un motor con las características mencionadas.

Además, se selecciona un reductor mediante la siguiente figura.

Datos de entrada:

Potencia en el eje de entrada = $\frac{3}{4}$ HP

R.P.M en el eje de salida = 21

	Relación de Transmisión	Hasta 20 HP	R.P.M. EN EL EJE DE ENTRADA			
			1450	970	750	500
MG 100	1:6	Potencia en el eje de entrada HP	35,5	23,5	18,5	12
		R.P.M. en el eje de salida	241	161	125	83
	1:7	Potencia en el eje de entrada HP	32	21	17	11
		R.P.M. en el eje de salida	199	133	103	69
	1:8	Potencia en el eje de entrada HP	28	19	14,5	10
		R.P.M. en el eje de salida	174	117	90	60
	1:9,5	Potencia en el eje de entrada HP	26,5	17	14	9
		R.P.M. en el eje de salida	152	102	79	52
	1:10	Potencia en el eje de entrada HP	25	17	13	8,5
		R.P.M. en el eje de salida	141	95	73	49
	1:11	Potencia en el eje de entrada HP	24	16	12,5	8
		R.P.M. en el eje de salida	131	88	68	45
	1:12	Potencia en el eje de entrada HP	23	16,5	12	8
		R.P.M. en el eje de salida	122	82	63	42
	1:13	Potencia en el eje de entrada HP	21	14	11	7
		R.P.M. en el eje de salida	113	75	58	39
	1:14	Potencia en el eje de entrada HP	19,5	13,5	10,5	7
		R.P.M. en el eje de salida	104	69	54	36
	1:15	Potencia en el eje de entrada HP	18,5	12,5	9,5	6,5
		R.P.M. en el eje de salida	96	64	49	33
1:16,5	Potencia en el eje de entrada HP	17,5	11,5	8,5	6	
	R.P.M. en el eje de salida	87	58	45	30	
1:18,5	Potencia en el eje de entrada HP	16	10	7,5	5	
	R.P.M. en el eje de salida	78	52	41	27	
1:20	Potencia en el eje de entrada HP	15	9	7	4,5	
	R.P.M. en el eje de salida	73	49	38	25	

Figura 3.25 Selección de un reductor

Fuente: (Industrias Metalúrgica, M., 2012)

Podemos observar en la figura que es necesario un reductor MG 100 con una relación de 1:20

3.2.2 SISTEMA MOTRIZ

La banda adquiere movimiento mediante un eje motriz por medio de poleas que giraran a la misma velocidad del molino, es decir, el eje gira y la banda al estar templada por otro eje de acarreo continúa el movimiento. De esta manera los elementos que intervienen en este sistema giran a la velocidad que lo haga el eje motriz ya que los otros no tienen movimiento propio. Se utilizará una transmisión por poleas por no tener un mayor torque.

3.2.2.1 REDUCCIÓN DE VELOCIDAD DE 21 RPM A 8.31 RPM

Se necesita bajar la velocidad de la banda a 8.31 rpm para que la velocidad de salida de la cinta de caramelo este de acuerdo con la velocidad de la cinta transportadora ya que variaciones en la misma pueden deformar el molde de la masa por no salir totalmente solida del molino.

3.2.2.1.1 SELECCIÓN DE POLEAS DE 21RPM A 8.31RPM

Primero se necesita encontrar la relación de velocidad que se obtiene dividiendo la velocidad entregada por el motor (21rpm) y la velocidad a la cual se la desea reducir (8.31rpm).

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

Donde:

I=Relación de velocidad

n_1 = Velocidad de polea conductora, 21 rpm

n_2 = Velocidad del eje de la máquina, 8.31 rpm

Reemplazando:

$$i = \frac{21}{8.4} = 2.5$$

3.2.2.1.1.1 DIÁMETRO DE LA POLEA CONDUCTIDA

El diámetro de la polea conductora es de 3.5 in (9cm) y según la relación de velocidad podemos obtener el diámetro de la polea conducida con la siguiente formula.

$$i = \frac{d_1}{d_2}$$

Donde:

i = Relación de Transmisión, 2.5

d_1 = diámetro de la polea conducida, m

d_2 = diámetro de la polea conductora, 90mm

Remplazando:

$$2.5 = \frac{d_1}{0.090\text{m}}$$

$$d_1 = 0.090\text{m} * 2.5 = 0.225\text{m} = 8.85 \text{ in}$$

En el mercado se encuentra este tipo de poleas que son adecuadas para la máquina (Ver Anexo VI).

3.2.2.1.2 SELECCIÓN DE BANDA: 21 RPM A 8.31 RPM

3.2.2.1.2.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE BANDA

Para seleccionar el tipo de banda que vamos a utilizar lo determinaremos según la tabla mostrada anteriormente. Por lo tanto, obtenemos una banda de tipo A.

3.2.2.1.2.2 DISTANCIA MÍNIMA ENTRE CENTROS DE POLEAS

La distancia que debe haber entre los centros está determinada por las siguientes ecuaciones.

$$C_{\min} = d_1$$

$$C_{\max} = 3(d_1 + d_2)$$

Donde:

C_{\min} Distancia mínima entre centros, m

C_{\max} Distancia máxima entre centros, m

d_1 Diámetro de la polea conducida, 0.19 m

d_2 Diámetro de la polea conductora, 0.090 m

Reemplazando:

$$C_{\min} = 0.19m$$

$$C_{\max} = 3(0.19 + 0.090) = 0.84m$$

La distancia entre centros debe encontrarse entre los siguientes intervalos

$$0.19\text{m} \leq C \leq 0.841\text{m}$$

La ubicación del eje para los rodillos de laminación y el eje de la cinta transportadora nos permite elegir una distancia entre centros de $0.19 \text{ m} = 0.84\text{m}$.

3.2.2.1.2.3 LONGITUD DE LA BANDA (LB)

Para determinar la longitud de la banda se determina con la siguiente ecuación

$$L_b = 2C + \pi/2(D_1 + D_2) + (D_1 - D_2)^2 / 4c$$

Donde:

L_b = Longitud de la banda, m

C = Distancia entre centros, 0.19 m

d_1 = Diámetro de la polea conducida, 0.19 m

d_2 = Diámetro de la polea conductora, 0.090 m

Reemplazando:

$$L_b = 0.38 + 1,57 * (0.19 + 0.090) + \frac{(0.19 - 0.090)^2}{4 * 0.19} = 2.75\text{m}$$

Para el siguiente sistema se usará una Banda tipo A con las siguientes especificaciones: relación de transmisión de 2.1 con velocidad de giro de 21 rpm, una longitud de banda de $2.75\text{m} = 108.44$ in

3.2.2.2 DISEÑO DEL EJE DE LA BANDA TRANSPORTADORA

El eje tiene las siguientes características por lo que se estima el siguiente diagrama de cargas.

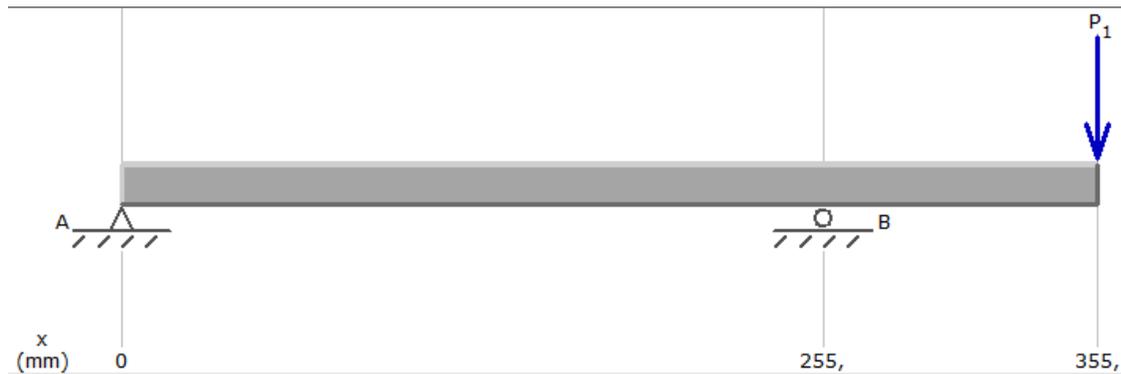


Figura 3.26 Diagrama de cargas en el eje

El torque ejercido por la polea se calcula de la siguiente ecuación en la que se hace uso de la potencia del motor y la velocidad de la banda.

Ecuación 3.24 Torque ejercida por la polea

$$T = 63000 \frac{P}{\eta}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Donde:

T Torque ejercida por la polea

P Potencia del motor 3/4Hp

N Velocidad de la banda 8.31rpm

Reemplazando:

$$T = 63000 \frac{0.75Hp}{8.31rpm} = 5685.92lb.pulg = 642.42N.m$$

Este torque se aplicará si el motor se encontrara al mismo Angulo que el eje, pero el motor se encuentra ubicado de la siguiente manera.

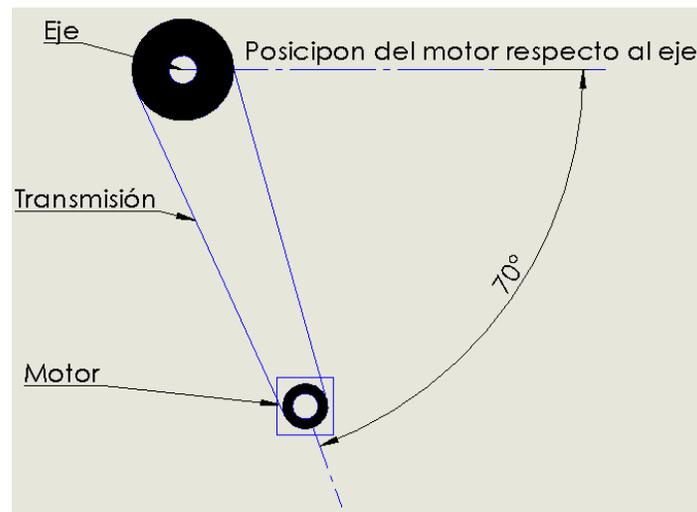


Figura 3.27 Posición del motor respecto al eje

De tal manera el torque quedaría de la siguiente manera

$$M_{tx} = T \sin \phi$$

$$M_{ty} = 5685.92 \sin 70 = 5343.01lb.pulg = 603.68N.m$$

$$M_{tz} = T \cos \phi$$

$$M_{tz} = 5685.92 \cos 70 = 1944.69lb.pulg = 219.72N.m$$

Para obtener la fuerza a partir del torque obtenido se lo obtiene de la siguiente ecuación.

Ecuación 3.25 Fuerza Flexionante

$$F_c = \frac{T}{r_p}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Donde:

F_c Fuerza flexionante

T Torque ejercida por la polea 5685.92lb-pulg

r_p Radio de paso de la polea 7.95/2=3.98in

Reemplazando:

Se obtendrá la fuerza flexionante tanto en el plano “y” y “z”

$$F_{cy} = \frac{5685.92lb \cdot pulg}{3.98pulg} = 1428.62lb \cdot pulg = 161.4N$$

$$F_{cz} = \frac{1944.69lb \cdot pulg}{3.98pulg} = 488.61lb \cdot pulg = 55.21N \cdot m$$

Ahora tomando en cuenta la carga máxima que soporta este eje 1.47lb/pie la distribución de la carga en el plano “xy” queda de la siguiente manera.

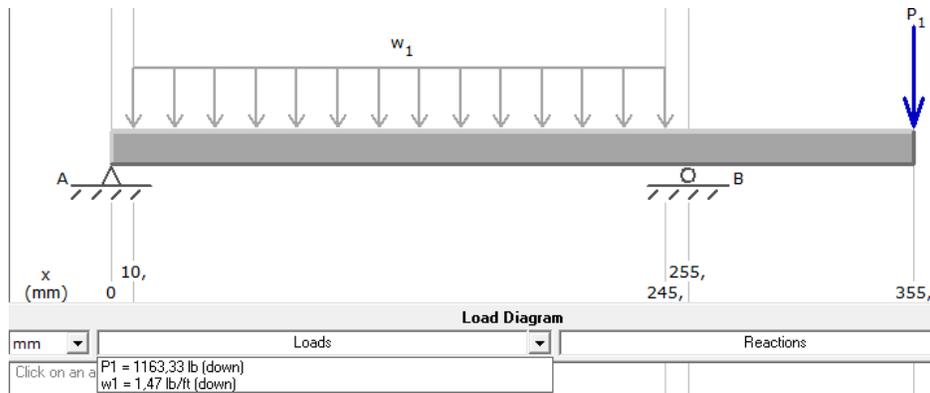


Figura 3.28 Diagrama de cuerpo libre del eje en el plano xy

Donde:

A Reacción A_y

B Reacción B_y

W1 Carga máxima del eje

P1 Fuerza flexionante del motor en y

Aplicando las cargas de la siguiente manera se obtienen los siguientes resultados

$$A_y = -459.77 \text{ lb} = 2045.158 \text{ N}$$

$$B_y = 1634.78 \text{ lb} = 7271.86 \text{ N}$$

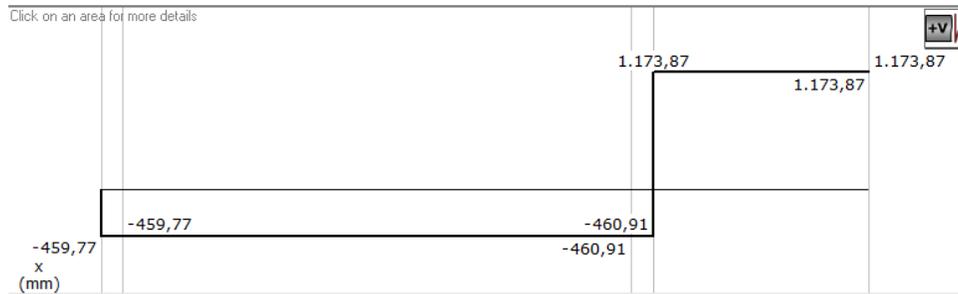


Figura 3.29 Diagrama de cortes

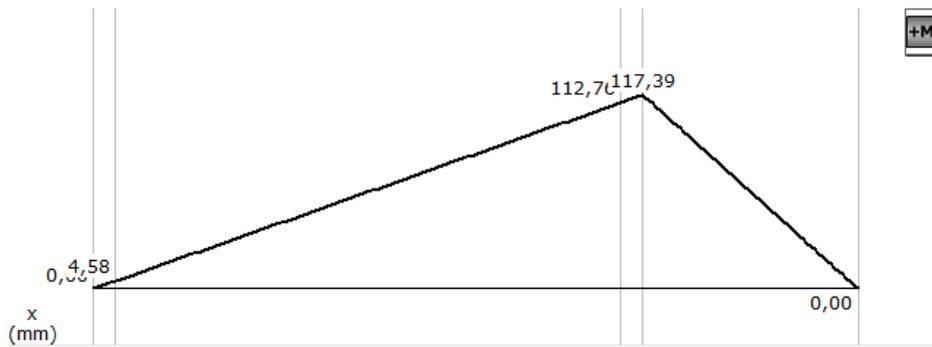


Figura 3.30 Diagrama de momentos

De la misma manera analizaremos en el plano xz del eje con el siguiente diagrama de cargas.

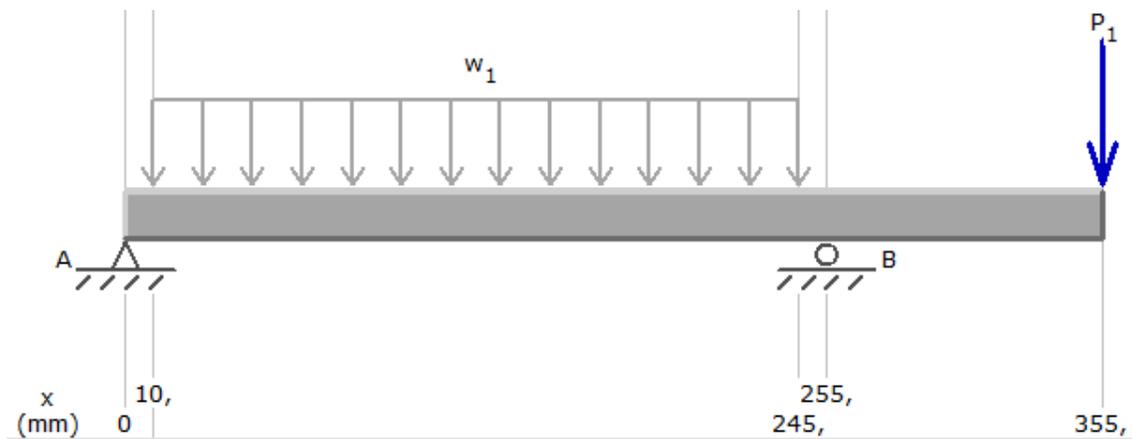


Figura 3.31 Diagrama de cuerpo libre del eje en el plano xz

Donde:

A Reacción Az

B Reacción Bz

W1 Tensión de la banda de poliuretano

P1 Fuerza flexionante del motor en z

Aplicando las cargas de la siguiente manera se obtienen los siguientes resultados.

Az -628.58N

Bz 2735.11N

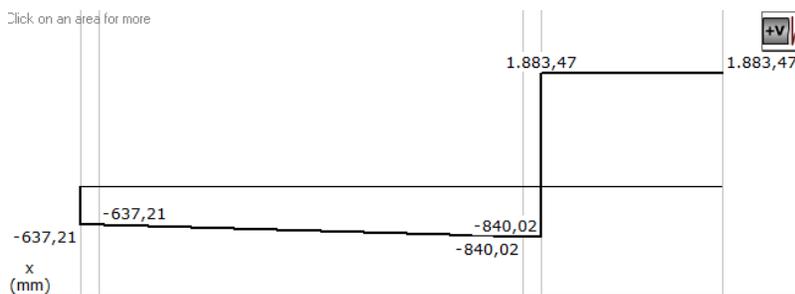


Figura 3.32 Diagrama de cortes

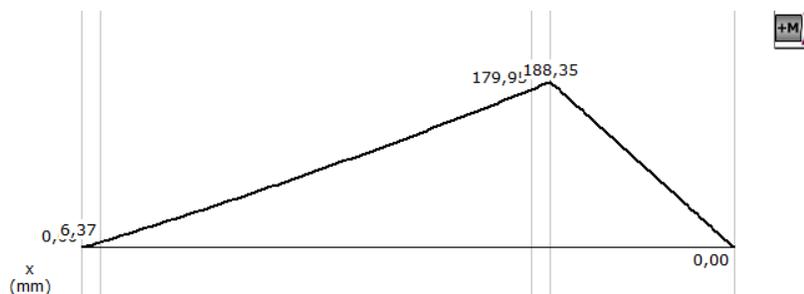


Figura 3.33 Diagrama de momentos

Para saber los puntos críticos del eje se hace los siguientes análisis con los esfuerzos calculados anteriormente.

En la Figura 3.34 se muestra el eje bajo la tensión de Von Mises sometido a las cargas obtenidas anteriormente.

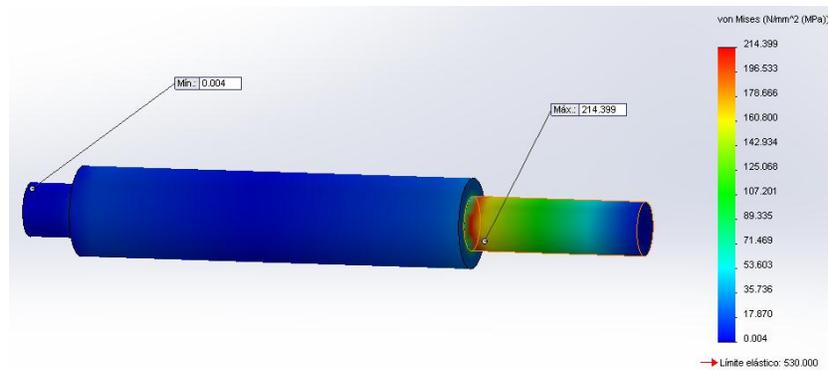


Figura 3.34 Tensión de Von Mises del Eje

De la siguiente figura podemos se observa una tensión máxima de 214.39Mpa y una tensión mínima de 0Mpa las cuales nos permitirá trabajar normalmente en la máquina sin dificultad.

En la figura 3.35 se observa el desplazamiento del eje sometido a las cargas obtenidas anteriormente.

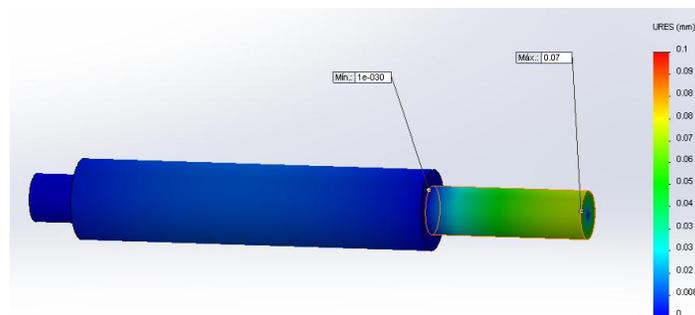


Figura 3.35 Desplazamiento del Eje

Según el gráfico se concluye que no se tendrá una deformación insignificante del eje y rodillo obteniendo como valor máximo de desplazamiento 0.07 mm y valor mínimo de 0mm. Tomando en cuenta el desplazamiento máximo y las funciones para las que es diseñado el eje es casi nula por lo que tiene una alta fiabilidad.

En la figura 3.36 se muestra el factor de seguridad del eje sometido a las cargas obtenidas anteriormente.

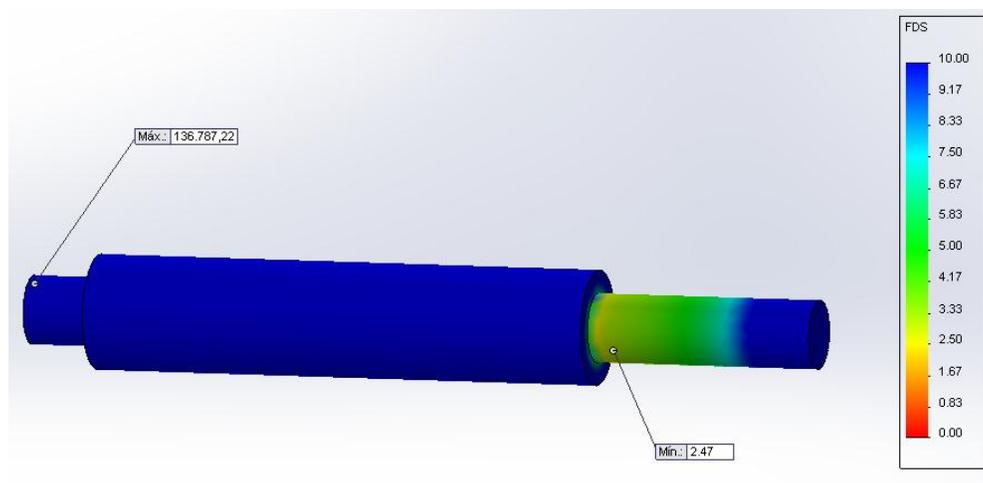


Figura 3.36 Factor de seguridad del Eje

De la siguiente figura podemos observar el factor de seguridad mínimo es de 2.47 el cual da una confiabilidad de poder trabajar con la máquina sin dificultad sabiendo que no fallara bajo los requerimientos que fueron diseñados y construidos.

3.2.3 ESTRUCTURA

Es el armazón de la máquina el cual protegerá al sistema y lo sostendrá, teniendo dentro de él todos los elementos que lo constituyen, soportando una carga de todos los componentes equivalentes a 392N y una fuerza total a compresión de 867.4N.

3.2.3.1 ANALISIS DE LA ESTRUCTURA MEDIANTE SOLIDWORKS

En la Figura 3.37 se muestra la estructura bajo la tensión de Von Mises sometido a cargas equivalentes totales a 392N y una fuerza total a compresión de 867.4N.

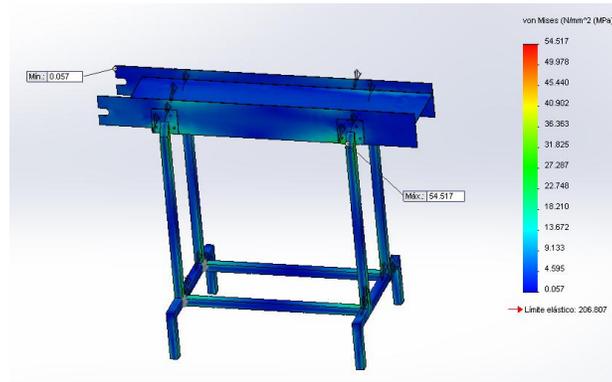


Figura 3.37 Tensión en la estructura según Von Mises

De la siguiente figura podemos se observa una tensión máxima de 54.517Mpa y una tensión mínima de 0.057Mpa las cuales nos permitirá trabajar normalmente en la máquina sin dificultad

En la figura 3.38 se observa el desplazamiento estructural sometido a cargas equivalentes totales a 392N y una fuerza total a compresión de 867.4N.

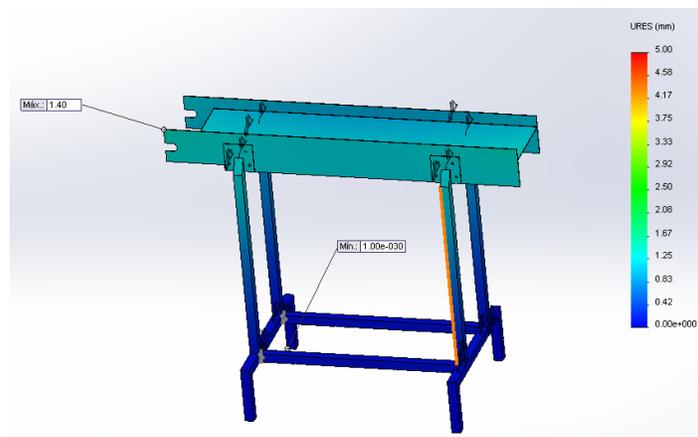


Figura 3.38 Desplazamiento Estructural

Según el gráfico se concluye que no se tendrá una deformación insignificante de la maquinaria, teniendo como valor máximo de desplazamiento 1.40 mm y valor mínimo de 0mm.

Tomando en cuenta el desplazamiento máximo y las funciones para las que es diseñada la maquinaria es casi nula por lo que tiene una alta fiabilidad.

En la figura 3.39 se muestra el factor de seguridad de la estructura sometido a cargas equivalentes totales a 392N y una fuerza total a compresión de 867.4N.

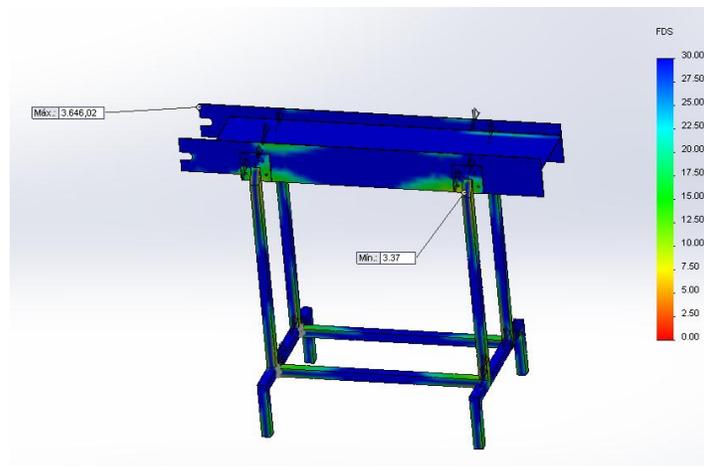


Figura 3.39 Factor de Seguridad de la estructura

De la siguiente figura podemos observar el factor de seguridad mínimo es de 3.4 el cual da una confiabilidad de poder trabajar con la máquina sin dificultad sabiendo que no fallara bajo los requerimientos que fueron diseñados y construidos.

3.2.4 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Para enfriar el producto en este caso la cinta de caramelo y lograr la dureza requerida para poder ser troceada se lo realizara por ventiladores ingresando aire frio y extrayendo aire caliente a lo largo del trayecto de la banda transportadora.

3.2.4.1 TIPOS DE VENTILADORES

Los ventiladores son las máquinas más usadas para producir el movimiento del aire en la industria. Su funcionamiento se basa en la entrega de energía mecánica al aire a través de un rotor que gira a alta velocidad y que incrementa la energía cinética, que luego se transforma parcialmente en presión estática. Se clasifican de la siguiente manera. (Cantabria, s.f.)

- **Por la diferencia de presión estática:**

Alta presión: $180 < Dp > 300$ mm.c.a.

Media presión: $90 < Dp < 180$ mm.c.a.

Baja presión: $Dp < 90$ mm.c.a.

- **Por el sistema de accionamiento:**

Accionamiento directo

Accionamiento indirecto por transmisión

- **Por el modo de trabajo:**

Ventiladores axiales: mueven grandes caudales con incrementos de presión estática baja.

Tubo axial: en una envolvente, dan mayores presiones, generan mucho ruido.

Ventiladores centrífugos: salida perpendicular a la entrada.

De álabes curvados hacia delante

De álabes rectos a radiales; captación de residuos

De álabes curvados hacia atrás

Ventiladores transversales; la trayectoria del aire en el rodete es normal al eje tanto a la entrada como a la salida

Ventiladores helicocentrífugos; intermedios entre los centrífugos y los axiales, el aire entra como en los helicoidales y sale como en los centrífugos. (Cantabria, s.f.)

Para el sistema de enfriamiento se utilizará ventiladores axiales tubulares ya que proporcionará una mayor presión, caudal y un enfriamiento más rápido con las siguientes características:

$$V = 110V$$

$$f = 50/60 \text{ Hz} = 3000/3600 \text{ rpm}$$

$$I = 0.21 \text{ A}$$

3.2.4.2 POTENCIA OTORGADA POR VENTILADOR AXIAL TUBULAR

Ecuación 3.26 Potencia del Ventilador

$$W = V \cdot I$$

Fuente: (Cantabria, s.f.)

Donde:

W Potencia del ventilador

V Tensión a la que trabaja = 110 V

I Intensidad = 0.21 A

Reemplazando:

$$W = (110V)(0.21A) = 23.1 \text{ W}$$

3.2.4.3 VELOCIDAD LINEAL DE UN VENTILADOR AXIAL TUBULAR

Ecuación 3.27 Velocidad lineal

$$V = d * RPM$$

Fuente: (Cantabria, s.f.)

Donde:

V Velocidad lineal

d Diámetro de las aspas = 4.65cm = 1.83in

Rpm 3000/3600 rpm

Reemplazando:

$$V = (4.65cm)(3000) = 139.50 \text{ m/min}$$

3.2.4.4 CAUDAL DE AIRE DE UN VENTILADOR

Ecuación 3.28 Caudal

$$Q = V \cdot A$$

Fuente: (Cantabria, s.f.)

Donde:

Q Caudal

V Velocidad lineal del ventilador 139.50m/min

A Área del ventilador = $\pi * r^2 = \pi * 2.3^2 = 16.61\text{cm}^2$

Reemplazando:

$$Q = (139.50)(0.1661) = 23.171 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

La cantidad de aire movido por un ventilador es de $23.171 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$ a 3000rpm y $27.82 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$ a 3600 rpm.

Los ventiladores se los colocara en paralelo x lo cual su caudal aumenta según la siguiente gráfica.

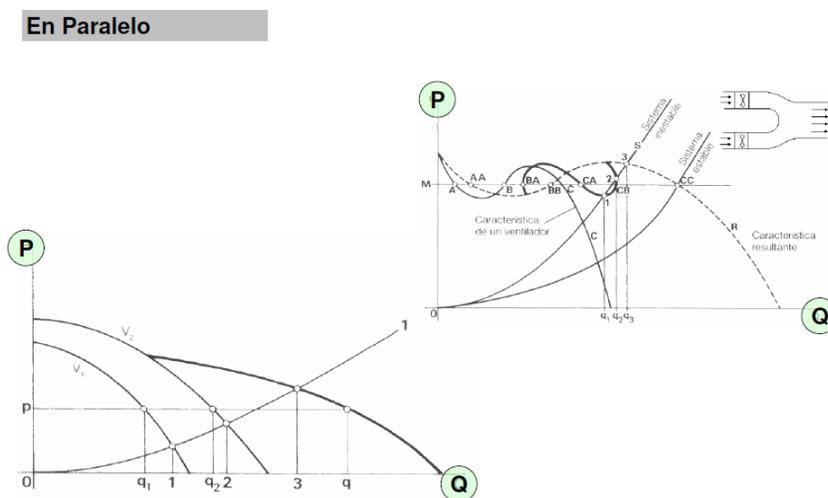


Figura 3.40 Acoplamiento de ventiladores en paralelo

Fuente: (Cantabria, s.f.)

También se usará un ventilador centrífugo que tiene compuerta el cual nos permite controlar el caudal de la siguiente manera.

Ventilador	Sistema de regulación	Zona posible de regulación		Zona de regulación recomendada		Coste inicial	Consumo energía	Nivel acústico
		de %	a %	de %	a %			
Centrífugo y helicoidal	Compuerta	100	70	100	90	Bajo	Malo	Malo
	Bypas	100	0	100	80	Alto	Regular	-
	Reg. velocidad	100	20	100	20	Medio	Buena	Regular
Helicoidal	Ang. álabes	100	0	100	0	Muy alto	Muy buena	Buena

Figura 3.41 Control de caudal en un ventilador centrífugo

Fuente: (Cantabria, s.f.)

3.3 SISTEMA DE CENTRIFUGADO

El sistema de centrifugado es un subsistema de la máquina el cual tendrá como función recibir la cinta de caramelo y separarlo por unidades, clasificando el producto final por una compuerta y el desperdicio que será re utilizado ira a un cajón que caerá del tambor agujerado.

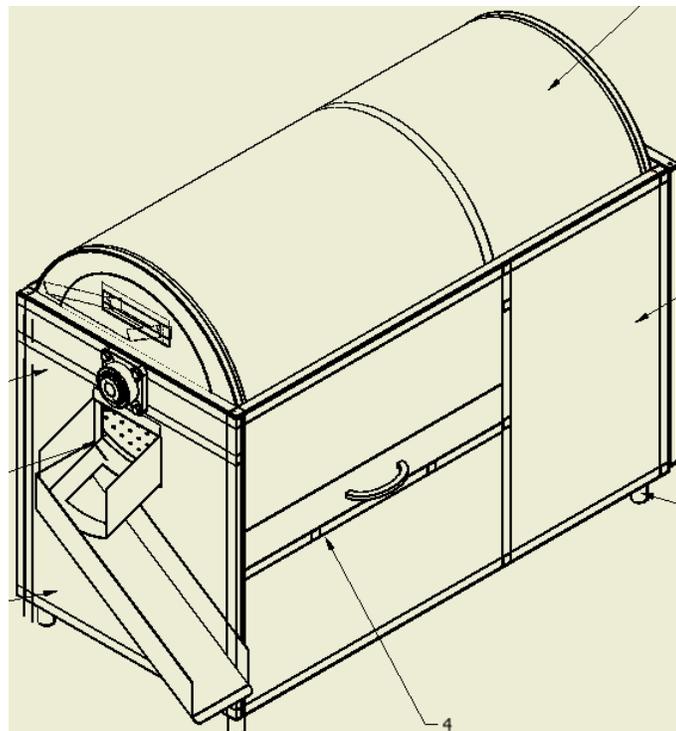


Figura 3.42 Sistema de centrifugado

En la siguiente figura se mostrará las partes que conformaran a este sistema de centrifugado.

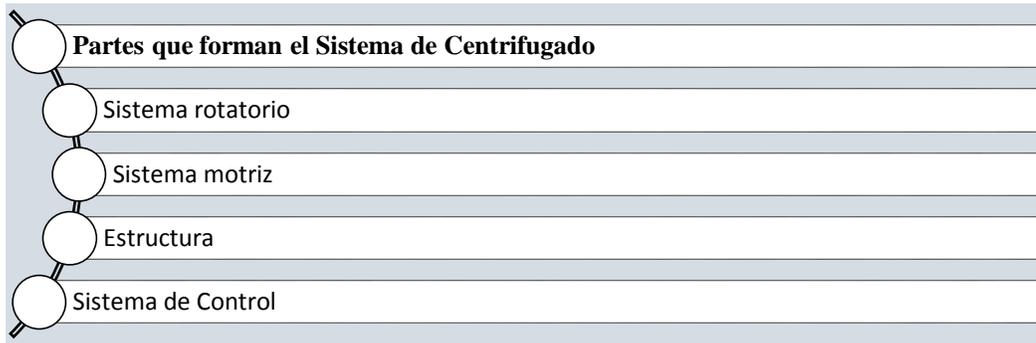


Figura 3.43 Sistema de Centrifugado y los Subsistemas que lo conforman.

Requerimientos para el Sistema de Centrifugado

- Tener un sistema de control que permita la intervención manual del operario durante el proceso.
- Separar los residuos del producto final.

Sistema rotatorio: Esta parte cilíndrica estará constituida por una lámina de acero inoxidable AISI 304 que es adecuado para la industria alimenticia. Este tambor constara de unas paletas que giraran durante el proceso para poder trocear la lámina de caramelo y poder separar el producto final (caramelo) del residuo.

- Tambor rotatorio
- Cámara de almacenamiento para desperdicio

Sistema motriz: Este constará de un motor el cual nos dará la fuerza de giro necesaria para poder partir el caramelo impulsando a las paletas, este está sujeto a un eje motriz donde se soporta el tambor, este eje a su vez esta soportado mediante cojinetes el cual dará el movimiento a las paletas.

- Motor
- Trasmisión
- Eje

Estructura: Es el armazón del sistema centrifugo el cual protegerá a la máquina y en donde se encontrarán todos los elementos que lo constituirán.

Sistema de control: Es un control que se realizara mediante un autómeta el cual nos permitirá seguir un proceso continuo y a la vez también permitir que el operario pueda intervenir de forma manual en el proceso.

3.3.1 SISTEMA ROTATORIO

En este tambor se almacenarán los caramelos los cuales serán troceados por medio de unas paletas y el movimiento rotatorio que adquirirá.

Funciones del tambor

- Contener el caramelo
- Trocear el caramelo
- Separar el desperdicio del producto final (caramelo)

Parámetros de funcionamiento

- Horas de uso: 4 horas al día
- Temperatura de trabajo: 35°C

3.3.1.1 CÁLCULO DEL ESPESOR DEL TAMBOR

Para diseñar el tambor con una capacidad de 50lbs o 22,68 kg se debe tomar en cuenta características del producto a contener en este caso el caramelo, como es el peso específico que se mostrara en la siguiente tabla y se lo obtuvo mediante experimentación.

Tabla 3.2 Densidad aparente del caramelo

Densidad Aparente	
MEDICIONES	DENSIDAD (kg/m ³)
Medición 1	663
Medición 2	653
Medición 3	651
Medición 4	644
Medición 5	657
Medición 6	652
Media	653.6

3.3.1.2 VOLUMEN DEL CARAMELO EN EL TAMBOR

Ecuación 3.29 Volumen del caramelo

$$d = \frac{m}{v}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Donde:

d Densidad 653.6 [kg/m³].

m Masa requerida 22,68 [kg].

V Volumen a ocupar [m³].

Reemplazando:

$$V = \frac{22.68\text{kg}}{653.6 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 0,0347[\text{m}^3]$$

Conociendo volumen que ocupara el caramelo en el tambor es de 0,0347m³ calcularemos el volumen que deberá tener el tambor para contener el producto, sabiendo que para un correcto y garantizado troceado del caramelo el tambor no debe ser ocupado más del 40% de su volumen total para lo cual realizamos una regla de 3 para saber el volumen que tendrá el cilindro.

Volumen	Porcentaje
---------	------------

X	100%
---	------

0,03470m ³	40%
-----------------------	-----

$$x = \frac{0.03470 \times 100}{40} = 0.08675$$

El valor encontrado X es el volumen mínimo que debe tener el tambor y es de 0.08675m³, valor con el cual procedemos a dimensionar el cilindro, asumimos un valor de radio de 22.5cm

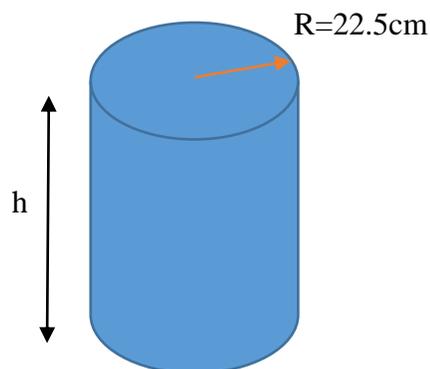


Figura 3.44 Dimensiones del Tambor Rotatorio

$$h = \frac{V}{\pi r^2}$$

Donde:

h Altura del cilindro.

V volumen mínimo del cilindro 0,08675 [m³]

r Radio del cilindro 0.225 [m]

Reemplazando

$$h = \frac{V}{\pi r^2} = \frac{0.08675}{\pi 0.225^2} = 0.5451 \text{ [m]} = 0.55\text{m}$$

La longitud del tambor es de 0.55m y el diámetro del mismo es de 0.45m

A causa de que el tambor tendrá que ser de una lámina delgada deberemos calcular la presión que soportara este al contener el caramelo.

$$f = pLD$$

Donde:

f = Fuerza que ejerce el caramelo 50lb.

p= Presión interna

L= longitud del tambor 0.8675m.

D= Diámetro del cilindro 0,55m.

Las 50 lb se transforman a Newton para saber la fuerza que ejerce el caramelo

$$50\text{lb} \frac{1\text{kg}}{2.254\text{lb}} = 22.68\text{kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 = 222.264 \text{ [N]}$$

Reemplazando:

$$\text{Presion del caramelo: } p = \frac{F}{LD} = \frac{222.264\text{N}}{0.55\text{m} \times 0.45\text{m}} = 899.55[\text{N}/\text{m}^2]$$

La máquina operará con una presión del caramelo de $899.55[\text{N}/\text{m}^2]$ pero por motivos de diseño y seguridad este valor se multiplicará por un factor de seguridad de 1.5

$$P = 899.88 \times fs$$

$$P = 899.55 \times 1.5$$

$$P = 1349.33[\text{N}/\text{m}^2]$$

Ahora calcularemos el espesor que deberá tener el cilindro

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

Donde:

- t Espesor del cilindro.
- P Presión de diseño $1349.33 [\text{N}/\text{m}^2]$
- R Radio del cilindro $0.225 [\text{m}]$.
- S Esfuerzo permisible.
- E Eficiencia de la junta o soldadura.

Tabla 6-60. Eficiencias máximas permisibles de juntas para juntas soldadas con gas y con arco*

Fig. 6-138	Descripción de la junta	Grado de examen		
		Radio-grafla completa	Examen por puntos	No examinada por puntos
<i>a,b</i>	Juntas por ensamble con soldadura doble o con medios que permitan obtener la misma calidad de metal soldado a ambos lados de la junta	1.00	0.85	0.70
<i>b</i>	Junta por ensamble de soldadura simple, con banda de respaldo en su lugar	0.90	0.80	0.65
<i>c</i>	Junta por ensamble de soldadura simple, sin banda de respaldo. Sólo se permite para algunas juntas perimetrales.			0.60

* Del Código, Tabla UW-12.

Figura 3.45 Tabla de eficiencia de soldadura

Las soldaduras que usamos es de punto en el tambor serán por los dos lados para que el material quede perfectamente unido ya que no se utilizaran líquidos y no es necesario q sea hermético, además no existe contaminación ya q se funde con el mismo metal por lo que vemos que el valor de eficiencia es 0,85.

En la siguiente tabla se podrá observar las propiedades mecánicas del acero inoxidable 304 como el esfuerzo permisible del mismo (Ver Anexo VII).

Tabla 3.3 Propiedades Mecánicas del acero AISI 304.

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MÁX)	
Kg/mm ²	Ps i	Kg/mm ²	Ps i		ROCKWEL L	VICKER S
49	69 500	18	25 500	40	90	200

Fuente: (Catálogo DIPAC, 2016)

Transformando a N/m²

$$49 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} = 480525849.99 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Espesor del cilindro

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6P} = \frac{\frac{1349,33\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 0,225\text{m}}{480525849.99 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 0,85 - 0,6 * 1349,33 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$t = \frac{303.599 \text{ m}}{408446231.5 - 809.598} = 0,00000074330\text{m}$$

3.3.1.3 SELECCIÓN DEL ESPESOR DE LA LÁMINA DEL TAMBOR

En el mercado existen láminas de acero inoxidable de 0.4mm, 0.6mm, 0.7mm, elegiremos la que más se adapte y sea adecuada para nuestro tambor tomando en cuenta que el mínimo espesor soldable sin deformación es de 0.06m. Teniendo en cuenta esto se procederá a evaluar mediante una matriz de decisión.

Tabla 3.4 Espesor de láminas a escoger para el tambor

Espesor	Razón
0.4mm	Valor mínimo más cercano al obtenido en los cálculos
0.6mm	Valor mínimo soldable sin deformación
0.7mm	Valor superior al soldable con menor desgaste y disponible en el mercado

Criterios para elección de lámina de acero inoxidable

- **Costos**

La lámina de acero mientras de mayor grosor adquiere mayor costo.

- **Disponibilidad**

Las láminas de 0.4mm son de mayores escasas en el mercado ya que se las obtiene bajo pedido.

- **Deformación**

Una lámina de acero a mayor grosor tiene una menor deformación ya sea con el uso o condiciones de temperatura de trabajo.

- **Desgaste**

A mayor grosor la lámina tiende a un menor desgaste con el tiempo.

Tabla 3.5 Matriz de decisión

Espesores Criterios	0.4mm	0.6mm	0.7mm
Costo	10	8	3
Disponibilidad	2	7	10
Desgaste	2	5	10
Deformación	3	7	10
Total	17	27	33

Según la matriz de decisión se lo realizara con la lámina de acero de 0.7mm para la construcción del tambor giratorio.

3.3.1.4 ANALISIS DEL TAMBOR MEDIANTE SOLIDWORKS

En la Figura 3.46 se muestra el tambor bajo la tensión de Von Mises sometido a cargas equivalentes a 200N y un torque de 71.22N-m.

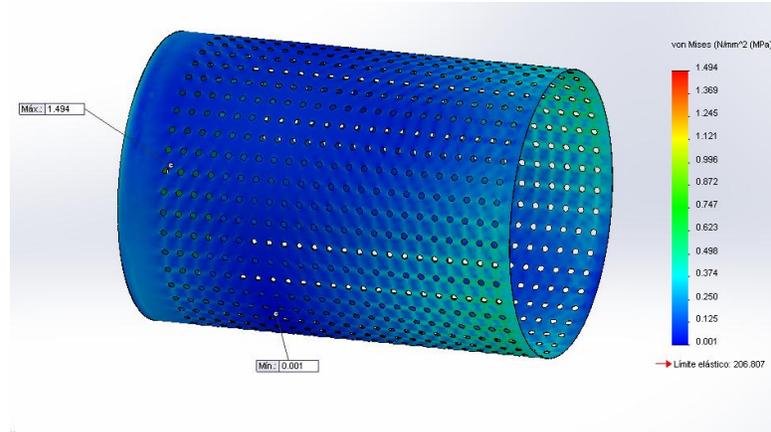


Figura 3.46 Tensión de Von Mises

De la siguiente figura se puede observar una tensión máxima de 1494Mpa y una tensión mínima de 0 Mpa las cuales nos permitirá trabajar normalmente en la máquina sin dificultad.

En la Figura 3.47 se observa el desplazamiento estructural sometido a cargas equivalentes a 200N y un torque de 71.22N-m.

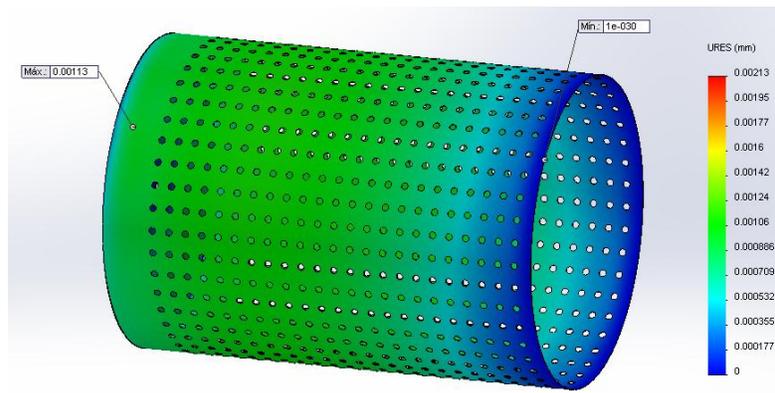


Figura 3.47 Desplazamiento Estructural.

Según la Figura 3.47 se puede concluir que no se tendrá una deformación significativa en el tambor del sistema de centrifugado, teniendo como valor máximo de desplazamiento 0.001 mm

y valor mínimo de 0mm. Tomando en cuenta el desplazamiento máximo y las funciones para las que está diseñada, por lo tanto, se puede afirmar que tiene una alta fiabilidad en su desempeño.

En la figura 3.48 se muestra el factor de seguridad del tambor sometido a cargas equivalentes a 200N y un torque de 71.22N-m.

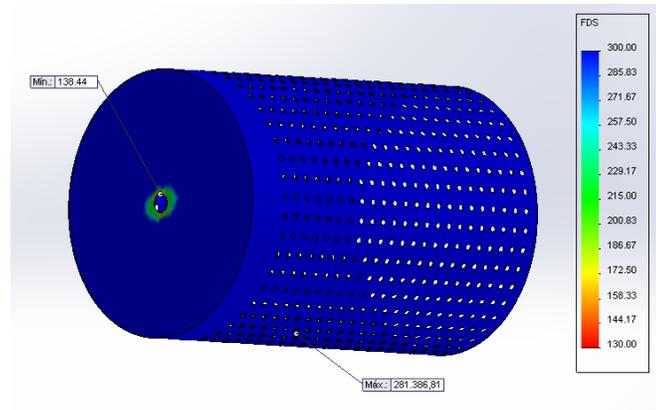


Figura 3.48 Factor de Seguridad del tambor.

En la Figura 3.48 se observa que: el factor de seguridad mínimo es de 138.4, utilizando un espesor del tambor de 0.7mm, se logró una alta confiabilidad para poder trabajar con la máquina sin dificultad, sabiendo que no fallará bajo los requerimientos de diseño.

3.3.1.5 CÁMARA DE ALMACENAMIENTO PARA DESPERDICIO

En esta cámara será el lugar en donde se almacenarán los desperdicios del caramelo los cuales podrán ser reutilizados a futuro por lo que tendrá que ser fabricado de un material no contaminante y puesto a que su función principal será el almacenamiento de desperdicios y su volumen será menor al que contendrá en el tambor y será evacuado continuamente, el grosor de la lámina no superara el valor calculado anteriormente.

Por tal caso se decidió usar el mismo espesor de 0.7mm para la cámara de almacenamiento

Funciones de la Cámara de almacenamiento para desperdicio

- Mantener el tambor giratorio en su lugar
- Contener los desperdicios del caramelo
- Despojar los desperdicios para luego ser reutilizados

Parámetros de funcionamiento

- Horas de uso: 4 horas
- Temperatura de funcionamiento: 30°C-35°C

3.3.2 SISTEMA MOTRIZ

Este sistema proporcionara movimiento de manera continua al tambor para que puedan separarse los caramelos con la suficiente fuerza necesaria para no romperlos ni dejar fragmentos pegados.

Con este sistema se realizará de manera uniforme la separación.

3.3.2.1 MOTOR

Funciones del Motor

- Proporcionar giro al eje y a la vez las paletas
- Dar potencia de giro a las paletas para mezclado y mediante golpe trocear el Caramelo

Parámetros de Funcionamiento

- Horas de Uso: 4 horas
- Temperatura de funcionamiento: 20°C

3.3.2.1.1 SELECCIÓN DEL MOTOR

El motor es el encargado de dar el movimiento al eje motriz mediante una serie de poleas que proporcionaran la velocidad adecuada que necesita el tambor para poder separar y distribuir de forma homogénea el caramelo dentro del cilindro.

Para saber el motor que necesitamos es necesario conocer todas las inercias q posee este sistema para que el motor pueda vencerlas sin ninguna dificultad.

Ecuación 3.30 Momento del cilindro

$$\sum M = \sum I * \alpha$$

Fuente: (MERIAM, 1980)

Donde:

M= momento

I= Inercia de las masas

α =aceleración angular

La inercia que se muestra en la ecuación es la sumatoria de todos los elementos que contiene el sistema los cuáles se los irán calculando a continuación.

$$\sum I = I_{eje} + I_{cil} + I_{volante} + I_{caramelo}$$

I_{eje} = Inercia del eje motriz, [Kg/m²]

I_{cil} = Inercia del cilindro [Kg/m²]

I_{volante} = Inercia de los volantes [Kg/m²]

I_{caramelo} = Inercia del caramelo [Kg/m²]

3.3.2.1.1.1 INERCIA DEL EJE MOTRIZ

Se asume un valor de $1\text{ in} = 25.4\text{ mm}$ AISI 304 para el eje motriz

Para calcular la inercia del eje se utilizará la ecuación.

Ecuación 3.31 Inercia del eje

$$I_{\text{eje}} = \frac{\pi * d_{\text{eje}}^4 * L_{\text{eje}} * \rho}{32}$$

Fuente: (MERIAM, 1980)

Donde:

d_{eje} diámetro del eje asumido = $1\text{ in} = 0.0254\text{ m}$

l_{eje} longitud del eje = 1 m

ρ Densidad del acero AISI 304, 7900 [Kg/m³]

Reemplazando:

$$I_{\text{eje}} = \pi * 0.0254^4 * 1\text{ m} * 7900 = 3.099 * 10^{-4} [\text{Kg} * \text{m}^2]$$

3.3.2.1.1.2 INERCIA DEL CILINDRO

El cilindro es tomado como un tubo hueco por lo cual la inercia se calculará con la siguiente formula.

Ecuación 3.32 Inercia del cilindro

$$I_{cil} = \frac{\pi * L * \rho_{ai} * (D_{ext}^4 - D_{int}^4)}{64}$$

Fuente: (MERIAM, 1980)

Donde:

- I_{cil} Inercia del cilindro de caramelo, [Kg*m²]
- L Longitud del cilindro de caramelo, 0.55 [m]
- ρ_{ai} Densidad acero inoxidable AISI 304, 7900 [Kg/m³]*
- D_{ext} Diámetro exterior del cilindro, 0.4514 [m]
- D_{int} Diámetro interior del cilindro, 0.45 [m]

Reemplazando:

$$\frac{\pi * 0.55 * 7900 * (0.4514^4 - 0.45^4)}{64} = 0.135 \text{ [Kg*m}^2\text{]}$$

3.3.2.1.1.3 INERCIA DEL VOLANTE

El volante es encargado de transmitir movimiento al eje del cilindro para que se pueda mover y oponerse también a un freno brusco cuando se detiene el motor.

El cilindro tendrá dos volantes los que ayudaran a que haya deformación posteriormente.

Ecuación 3.33 Inercia del volante

$$I_{vol} = 2(I_{hor} + I_{bar})$$

Fuente:

I_{vol} Inercia del volante, [Kg*m²]

I_{hor} Inercia de la horquilla, [Kg*m²]

I_{bar} Inercia de la barra (4 por volante), [Kg*m²]

Ecuación 3.34 Inercia de la horquilla

$$I_{hor} = \frac{\pi * L * \rho_{ai} * (D_{ext}^4 - D_{int}^4)}{64}$$

Fuente: (MERIAM, 1980)**Donde:**

I_{hor} Inercia de la horquilla, [Kg*m²]

L Longitud de la horquilla, 0.08 [m]

ρ_{ai} Densidad acero AISI 304, 7900 [Kg/m³]⁵⁹

D_{ext} Diámetro exterior de la horquilla, 0.0317 [m]

D_{int} = Diámetro interior de la horquilla, 0.0254 [m]

Reemplazando:

$$I_{hor} = 1.861 * 10^{-5} \text{ [Kg*m}^2\text{]}$$

Las horquillas están unidas a 4 barras por lo que la inercia de las barras será la siguiente.

Ecuación 3.35 Inercia de las barras

$$I_{\text{bar}} = 4 * \left(\frac{\rho_{\text{at}} * \pi * L_{\text{bar}} * d_{\text{bar}}^4}{16} + \frac{\rho_{\text{at}} * \pi * L_{\text{bar}}^3 * d_{\text{bar}}^2}{12} \right)$$

Fuente: (MERIAM, 1980)

Donde:

I_{bar} Inercia de la barra, [Kg*m²]

ρ_{at} Densidad del acero de transmisión AISI 304, 7900 [Kg/m³]

L_{bar} Longitud de la barra, 0.21 [m]

d_{bar} Diámetro de la barra, 0.019 [m]

Reemplazando:

$$I_{\text{bar}} = 0.03 \text{ [Kg*m}^2\text{]}$$

Ya obtenido la inercia de las horquillas y las barras podemos calcular la inercia del volante con la ecuación principal.

Reemplazando:

$$I_{\text{vol}} = 2(I_{\text{hor}} + I_{\text{bar}})$$

$$I_{\text{vol}} = 2(1.861 * 10^{-5} + 0.03)$$

$$I_{\text{vol}} = 0.06 \text{ [Kg*m}^2\text{]}$$

3.3.2.1.1.4 INERCIA DEL CARAMELO

La máquina en el momento de arrancar el caramelo se encuentra en el fondo del cilindro por lo que necesita una mayor fuerza de arranque por lo tanto hay la mayor inercia en este momento que se debe romper.

En la siguiente figura se mostrará la posición del caramelo.

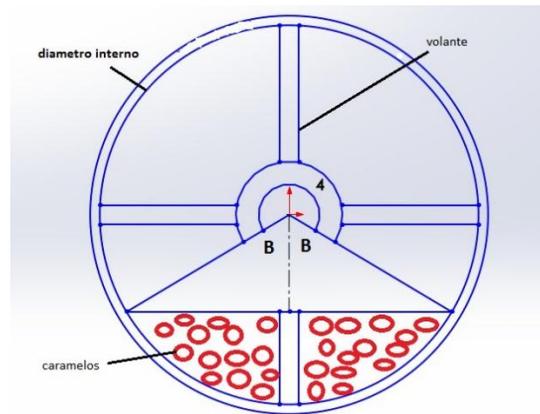


Figura 3.49 Ubicación de caramelos en el tambor

En la máquina se toma en cuenta que la masa del caramelo ocupara solo el 40 por ciento de la capacidad total del cilindro para que el caramelo pueda golpearse con libertad y poder partirse.

Ecuación 3.36 Perímetro ocupado del caramelo

$$P_{\text{per}} = 0.4 * \pi * D_{\text{int}}$$

Fuente: (MERIAM, 1980)

Donde:

P_{per} Perímetro ocupado por el caramelo, [m]

D_{int} Diámetro interno del cilindro, 0.45[m]

Remplazando:

$$P_{\text{per}} = 0.565 \text{ [m]}$$

Teniendo el valor del perímetro ocupado podemos calcular el valor de Beta que necesitamos.

Ecuación 3.37 Valor de Beta

$$2\beta = \frac{P_{\text{per}} * 360}{\pi * D_{\text{int}}}$$

Fuente: (Jütz & Scharkus, 1984)

Reemplazando:

$$\beta = 71.93 \text{ }^{\circ} * 1.255[\text{rad}]$$

Para calcular la inercia total necesitamos calcular el momento polar de inercia.

Ecuación 3.38 Inercia Polar

$$I_p = I_x + I_y$$

Fuente: (Gere & Goodno, 2006)

En donde I_x e I_y calculamos de las siguientes formulas.

$$I_x = \frac{r^4}{4} (\beta - \text{sen}\beta * \text{cos}\beta + \text{sen}^3\beta * \text{cos}\beta)$$

$$I_y = \frac{r^4}{12} (3\beta - 3\text{sen}\beta * \text{cos}\beta - 2\text{sen}^3\beta * \text{cos}\beta)$$

Reemplazando los valores obtenemos la Inercia Polar.

$$I_p = 3.085 * 10^{-3} \text{ m}$$

Ya obtenido el momento polar podremos obtener la inercia del caramelo total con la siguiente formula.

Ecuación 3.39 Inercia del caramelo

$$I_{\text{caramelo}} = \rho_{\text{caramelo}} * L * I_p$$

Fuente: (Gere & Goodno, 2006)

Donde:

I_{caramelo} inercia del caramelo

ρ_{caramelo} Densidad del caramelo = 653.6 Kg/m³

L Longitud del cilindro, 0.55 [m]

I_p Momento polar de inercia del área que ocupa el caramelo, 3.085*10⁻³m

I_p 1.108 Kg/m²

Para obtener la Inercia total obtenida, sumamos cada una de las Inercias calculadas

$$\sum I = (3.099 \times 10^{-4} + 0.135 + 0.06 + 1.108) \text{ Kg/m}^2$$

$$\sum I = 1.303 \text{ Kg/m}^2$$

Durante el troceado del caramelo existen momentos de torsión que son contrarios al eje del motor que al alcanzar los 35 grados el caramelo comienza a deslizarse en sentido contrario lo que permite que el centro de gravedad se mueva del punto original y para poder calcular el momento en este instante se lo hace de la siguiente manera.

Ecuación 3.40 Momento torsor

$$M_o = m * g * r_{int}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Donde:

M_o Momento torsor [Nm]

m masa de maní, 22.68 [Kg]

g gravedad, 9.8 [m/s²]

r_{int} Radio interno del cilindro, 0.225 [m]

M_o (22.68*9.8*0.225) Nm

$M_o=50.09$ Nm.

Para obtener el momento de torsión lo haremos con la siguiente formula

$$M_T - M_o = \sum I * \alpha c$$

Donde:

M_T Momento de torsión que hace el motor al eje

M_o Momento que se obtiene al deslizarse el caramelo en el cilindro = 50.09Nm

$\sum I$ Sumatoria de todas las Inercias = 1.303 Kg/m²

α aceleración angular = 2.18 rad/s²

Reemplazando:

$$M_T = 52.84 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Obtenido el momento de torsión calcularemos la potencia del motor que necesitaremos para vencer estas inercias.

$$P_{\text{mot}} = M_T * n_2$$

$$M_T = \text{momento de torsión} = 52.84 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$n_2 = \text{velocidad angular} = 5.235 \text{ rad/ s}$$

Reemplazando:

$$P_{\text{mot}} = \text{Potencia del motor} = (52.84 \text{ N} \cdot \text{m}) * (5.235 \text{ rad/ s}) = 276.6174 \text{ W}$$

$$P_{\text{mot}} = 0.37 \text{ Hp}$$

Ya que la disponibilidad en el mercado es de ¼ hp q es insuficiente y ½ hp superior se utilizará el de ½ hp en el cilindro.

3.3.2.2 TRANSMISIÓN**Funciones del sistema de transmisión**

- Dar movimiento al eje que es entregada por el motor.
- Permite cambiar la relación de velocidad fácilmente
- Permiten absorber choques en la transmisión, debido a la elasticidad de la correa.

Parámetros de funcionamiento

- Horas de uso: 4 horas al día
- Temperatura de trabajo: 18-20° C

3.3.2.2.1 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE TRANSMISIÓN

Para construir el sistema de centrifugado tomaremos en cuenta algunas opciones como bandas, cadenas engranajes y analizaremos las ventajas y desventajas que nos proporciona cada una de ellas para poder elegir la más conveniente para este sistema mediante una matriz de decisión y posteriormente seleccionar el método para reducir y transmitir la velocidad del motor hacia el eje.

Criterios de evaluación para la selección del método de transmisión

Elaboraremos una tabla comparativa entre los siguientes criterios para poder elegir nuestro método de transmisión.

- Costo
- Disponibilidad
- Mantenimiento
- Perdidas de transmisión

Para la elección de sistema se tomará una calificación de 1-10 siendo 10 el valor más conveniente y favorable.

Matriz de decisión

Tabla 3.6 Tabla comparativa de los métodos de transmisión.

	Costo	Calificación	Disponibilidad En el mercado	Calificación	Mantenimiento	Calificación	Perdidas de transmisión	Calificación	Total
Engranajes	Alto	3	Fabricación con requerimientos específicos	3	<ul style="list-style-type: none"> • Constante Lubricación • Baja resistencia al polvo e impurezas • Riguroso mantenimiento 	4	Bajas	10	20
Cadenas	Moderado	5	Mayor facilidad de encontrar en el mercado	6	<ul style="list-style-type: none"> • Constante Lubricación • Baja resistencia al polvo e impurezas • Mantenimiento moderado 	6	Moderado	7	24
Bandas	Económico	10	De fácil acceso en el mercado	10	<ul style="list-style-type: none"> • No necesita lubricación • Alta resistencia al polvo e impurezas • Mantenimiento ocasional 	10	Altas	3	33

Según los valores obtenidos en la matriz de decisión se optará por el método de transmisión mediante bandas ya que es un método de transmisión de bajo costo que podemos encontrar con mayor facilidad en el mercado, de un bajo mantenimiento, alta resistencia a factores externos y por no necesitar una transmisión de velocidad exacta.

Para el troceado del caramelo necesitamos una velocidad de 50 rpm para poder romper el caramelo cuando ya este se encuentre con una temperatura baja y no maleable, casi cristalizada,

así separar el producto final del residuo sin hacerlo daño y poder volver a ser utilizado los desperdicios.

Esto se logrará con dos juegos de bandas y poleas. La velocidad entregada por el motor es de 1750 rpm que con el primer juego lograremos bajar a 360 rpm y el segundo juego haremos que baje hasta 50 rpm aproximadamente.

3.3.2.3 REDUCCIÓN DE VELOCIDAD DE 1750RPM A 360 RPM

3.3.2.3.1 SELECCIÓN DE POLEAS DE 1750RPM A 360RPM

Primero se necesita encontrar la relación de velocidad que se obtiene dividiendo la velocidad entregada por el motor (1750rpm) y la velocidad a la cual se la desea reducir (360rpm).

Ecuación 3.41 Relación de velocidad

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

Fuente (Catálogo de Bandas Martin, s.f)

Donde:

I Relación de velocidad

n_1 Velocidad de polea conductora, 1750 rpm

n_2 Velocidad del eje de la máquina, 360 rpm

Reemplazando:

$$i = \frac{1750}{360} = 4.861$$

3.3.2.3.1.1 DIÁMETRO DE LA POLEA DEL MOTOR

Según la tabla nos muestra que no es de mayor importancia el diámetro de la polea que se utiliza para transmitir la velocidad de un motor de 0.5 hp y velocidad de giro de 1750 rpm por lo que se utilizara una un valor de la polea conductora de $2.25\text{in} = 57.15\text{mm}$

POTENCIA DEL MOTOR HP	RPM DEL MOTOR					
	575	695	870	1160	1750	3450
.50	2.50	2.50	2.50	—	—	—
.75	3.00	2.50	2.50	2.50	—	—
1.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25	—
1.50	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25
2.00	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50
3.00	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50
5.00	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50
7.50	4.25	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00
10.00	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75	3.00
15.00	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75
20.00	8.25	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50
25.00	9.00	8.25	6.75	6.00	4.50	4.50*
* 30.00	10.00	9.00	6.75	6.75	5.25	—
40.00	10.00	10.00	8.25	6.75	6.00	—
50.00	11.00	10.00	9.00	8.25	6.75	—
60.00	12.00	11.00	10.00	9.00	7.50	—
75.00	14.00	13.00	10.00	10.00	9.00	—
100.00	18.00	15.00	13.00	13.00	10.00	—
125.00	20.00	18.00	15.00	13.00	11.00	—
150.00	22.00	20.00	18.00	13.00	—	—
200.00	22.00	22.00	22.00	—	—	—
250.00	22.00	22.00	—	—	—	—
300.00	27.00	27.00	—	—	—	—

*NOTA: Los datos indicados sobre la línea han sido sugeridos en la norma MG 1-3.16 y MG 1-3.16A de NEMA (Nacional Electric Manufacturers Association). Los datos indicados debajo de la línea es información recopilada por la EEM (Electric Motors Manufacturers). En ambos casos los valores son conservadores ya que algunos motores y rodamientos pueden permitir el uso de poleas de menor diámetro. Consulte al fabricante del motor.

D-44

Figura 3.50 Diámetro mínimo recomendado para la polea del motor

Fuente: (Catálogo de Bandas Martin, s.f)

3.3.2.3.1.2 DIÁMETRO DE LA POLEA CONDUCTIDA

Obtenido el diámetro mínimo de la polea conductora y relación de velocidad podemos obtener el diámetro de la polea conducida con la siguiente formula.

Ecuación 3.42 Relación de transmisión

$$i = \frac{d_1}{d_2}$$

Fuente: (Catálogo de Bandas Martin, s.f)

Donde:

i Relación de Transmisión, 4.861

d_1 diámetro de la polea conducida, m

d_2 diámetro de la polea conductora, 57.15mm

Remplazando:

$$4.861 = \frac{d_1}{0.057m}$$

$$d_1 = 0.057m * 4.861 = 0.277m = 10.905[in]$$

En el mercado se encuentra poleas fabricadas de hierro fundido gris que transmiten velocidades menores a 33 m/s por lo cual se selecciona la polea adecuada para el sistema de centrifugado ya que la velocidad es menor a esta.

3.3.2.3.2 SELECCIÓN DE POLEAS DE 1750RPM A 360RPM

3.3.2.3.2.1 SELECCIÓN DE BANDA: 1750 RPM A 360 RPM

Selección del tipo de banda

Para seleccionar el tipo de banda que vamos a utilizar lo determinaremos según la figura mostrada teniendo en cuenta que necesitamos transmitir una potencia de 276.614kw y una velocidad de giro de 1750 rpm.

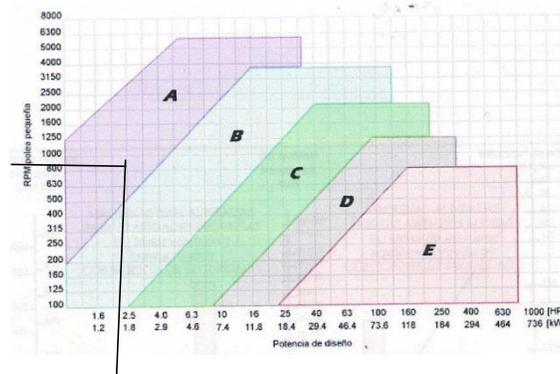


Figura 3.51 Gráfico de tipo de banda

Según el gráfico para transmitir la potencia y velocidad deseada tendremos que utilizar una banda de tipo A.

3.3.2.3.2.2 DISTANCIA MÍNIMA ENTRE CENTROS DE POLEAS

La distancia que debe haber entre los centros está determinada por las siguientes ecuaciones.

Ecuación 3.43 Distancia mínima y máxima entre centros

$$C_{\min} = d_1$$

$$C_{\max} = 3(d_1 + d_2)$$

Fuente: (Catálogo de Bandas Martin, s.f)

Donde:

C_{\min} = Distancia mínima entre centros, m

C_{\max} = Distancia máxima entre centros, m

d_1 Diámetro de la polea conducida, 0.277 m

d_2 Diámetro de la polea conductora, 0.05715 m

Reemplazando:

$$C_{\min} = 0.277m$$

$$C_{\max} = 3(0.277 + 0.057715) = 1.0041m$$

La distancia entre centros debe encontrarse entre los siguientes intervalos

$$0.277m \leq C \leq 1.0041m$$

La ubicación del motor y del eje del tambor permite elegir una distancia entre centros de 0.3 m
= 11.81 in

3.3.2.3.2.3 LONGITUD DE LA BANDA (lb)

Para determinar la longitud de la banda se determina con la siguiente ecuación

Ecuación 3.44 Distancia mínima y máxima entre centros

$$Lb = 2C + \pi/2(D1 + D2) + (D1 - D2)^2 / 4c$$

Fuente: (Catálogo de Bandas Martin, s.f)

Donde:

L_b Longitud de la banda, m

C Distancia entre centros, 0.3 m

d_1 Diámetro de la polea conducida, 0.277 m

d_2 Diámetro de la polea conductora, 0.05715 m

Reemplazando:

$$L_b = 0.3 + 1,57 * (0.277 + 0.5715) + \frac{(0.277 + 0.05715)^2}{4C} = 1.1329m$$

Para el sistema de centrifugado se usará una Banda tipo A con las siguientes especificaciones: relación de transmisión de 4.861 con velocidad de giro de 1750 rpm, una longitud de banda de 1.15m= 45.28 in

Según el tipo de banda A podemos obtener las siguientes características con las siguientes tablas

Relación de Velocidad	Combinación de Poleas		Velocidades Impulsadas y HP por Banda									Distancia Nominal entre Centros y Factor de Corrección por Longitud y Arco						
			3500 RPM Motriz			1750 RPM Motriz			1160 RPM Motriz			Designación de Largo de Banda A/AX						
	Motriz D.P.	Impuls. D.P.	Impuls. RPM	HP por Banda A	HP por Banda AX	Impuls. RPM	HP por Banda A	HP por Banda AX	Impuls. RPM	HP por Banda A	HP por Banda AX							
												26	31	35	38	42	46	51
4.48	6.6	29.6	780	11.91	13.58	390	8.24	8.73	259	6.00	6.28	—	—	—	—	—	—	
4.50	4.0	18.0	778	6.18	7.14	389	3.96	4.36	258	2.89	3.14	—	—	—	—	—	—	
4.56	5.4	24.6	768	9.67	10.93	384	6.34	6.78	255	4.59	4.86	—	—	—	—	—	—	
4.59	3.4	15.6	763	4.44	5.32	381	2.89	3.28	253	2.13	2.38	—	—	—	—	—	—	
4.62	6.4	29.6	757	11.59	13.18	378	7.93	8.42	251	5.77	6.05	—	—	—	—	—	—	
FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO												0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.67	4.2	19.6	750	6.73	7.73	375	4.31	4.71	249	3.13	3.39	—	—	—	—	—	—	
4.69	3.2	15.0	747	3.83	4.69	373	2.52	2.91	247	1.87	2.12	—	—	—	—	—	—	
4.73	5.2	24.6	740	9.22	10.43	370	6.01	6.44	245	4.36	4.62	—	—	—	—	—	—	
4.74	3.8	18.0	739	5.61	6.55	369	3.60	4.00	245	2.63	2.89	—	—	—	—	—	—	
4.77	6.2	29.6	733	11.25	12.76	367	7.62	8.09	243	5.54	5.81	—	—	—	—	—	—	
FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO												0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.87	3.2	15.6	718	3.83	4.69	359	2.52	2.91	238	1.87	2.12	—	—	—	—	—	—	
4.90	4.0	19.6	714	6.18	7.15	357	3.96	4.36	237	2.89	3.14	—	—	—	—	—	—	

Figura 3.52 Potencia transmitida por la banda tipo A

Fuente: (Catálogo de Bandas Martin, s.f)

Distancia Nominal entre Centros y Factor de Corrección por Longitud y Arco												Combinación de Poleas		Relación de Velocidad
Designación de Largo de Banda A/AX												Motriz D.P.	Impulsada D.P.	
55	60	68	75	80	85	90	96	105	112	120	128			
—	—	—	—	—	—	—	—	21.7	25.6	30.0	34.3	6.6	29.6	4.48
—	—	15.8	19.6	22.3	24.9	27.5	30.6	35.2	38.7	42.8	46.8	4.0	18.0	4.50
—	—	—	—	—	16.9	19.8	23.1	27.9	31.6	35.8	39.9	5.4	24.6	4.56
11.6	14.4	18.7	22.4	25.0	27.6	30.1	33.2	37.7	41.3	45.3	49.4	3.4	15.6	4.59
—	—	—	—	—	—	—	—	21.8	25.8	30.1	34.4	6.4	29.6	4.62
0.76	0.83	0.90	0.94	0.97	0.99	1.01	1.04	1.07	1.09	1.11	1.13			
—	—	13.8	17.8	20.5	23.2	25.8	28.9	33.6	37.2	41.2	45.3	4.2	19.6	4.67
12.5	15.2	19.5	23.1	25.7	28.2	30.8	33.8	38.4	41.9	46.0	50.0	3.2	15.0	4.69
—	—	—	—	—	17.0	19.9	23.2	28.1	31.8	35.9	40.1	5.2	24.6	4.73
—	—	15.9	19.8	22.4	25.0	27.6	30.7	35.3	38.9	42.9	47.0	3.8	18.0	4.74
—	—	—	—	—	—	—	—	21.9	25.9	30.3	34.6	6.2	29.6	4.77
0.79	0.84	0.91	0.95	0.97	1.00	1.02	1.04	1.07	1.09	1.11	1.13			
11.7	14.6	18.9	22.5	25.1	27.7	30.2	33.3	37.9	41.4	45.5	49.5	3.2	15.6	4.87
—	—	13.9	17.9	20.6	23.3	25.9	29.1	33.7	37.3	41.4	45.4	4.0	19.6	4.90
—	—	—	—	—	17.1	20.0	23.3	28.2	31.9	36.1	40.2	5.0	24.6	4.92
—	—	—	—	—	—	—	—	22.0	26.0	30.4	34.7	5.0	29.6	4.93
12.6	15.3	19.6	23.2	25.8	28.4	30.9	34.0	38.5	42.1	46.1	50.2	3.0	15.0	5.00

Figura 3.53 Tabla de corrección por longitud y arco

Fuente: (Catálogo de Bandas Martin, s.f)

$$C = 11.81 \text{ in} = 0.3 \text{ m}$$

P_b = Potencia transmitida por banda, 2.52 Hp

$f_{\theta-L}$ = Factor de corrección por longitud y arco, 0.79

3.3.2.3.2.4 CALCULO DEL NÚMERO DE BANDAS

Para el cálculo del número de bandas se calcula la potencia corregida y la potencia de diseño tomando en cuenta un factor de servicio K_s .

Driven Machinery	Source of Power	
	Normal Torque Characteristic	High or Nonuniform Torque
Uniform	1.0 to 1.2	1.1 to 1.3
Light shock	1.1 to 1.3	1.2 to 1.4
Medium shock	1.2 to 1.4	1.4 to 1.6
Heavy shock	1.3 to 1.5	1.5 to 1.8

Figura 3.54 Factor de servicio sugerido para bandas trapeciales

Fuente: (Nisbett R. G., 2008)

Este sistema de centrifugado tiene bajo impacto y un torque normal por lo cual el factor de servicio $K_s=1.1-1.3$

Obtenido estos datos procedemos con el diseño de potencia con la siguiente ecuación.

Ecuación 3.45 Potencia de diseño

$$P_{diseño} = P_{motor} * K_s$$

Fuente: (Nisbett R. G., 2008)

Donde:

$$P_{diseño} = \text{Potencia de diseño}$$

$$P_{motor} = \text{Potencia del motor que necesita para mover el caramelo}$$

K_s = factor de servicio de la banda

Reemplazando:

$$P_{diseño} = 276.614 * 1.3$$

$$P_{diseño} = 359.6W = 0.48HP$$

Para obtener el valor de la potencia ya corregida lo conseguimos de la siguiente formula, primero obteniendo la potencia adicional requerida según la relación de transmisión que obtuvimos anteriormente 4.861 en las bandas.

"Añada" HP por Relación de Velocidad									RPM del Eje más Rápido
1.02-1.04	1.05-1.08	1.09-1.12	1.13-1.18	1.19-1.24	1.25-1.34	1.35-1.51	1.52-1.99	2.00 o más	
0.03	0.07	0.11	0.14	0.18	0.21	0.24	0.27	0.30	1160
0.04	0.10	0.16	0.21	0.27	0.32	0.37	0.41	0.46	1750
0.09	0.20	0.33	0.43	0.55	0.63	0.73	0.83	0.92	3500
0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	50
0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	100

Figura 3.55 La potencia adicional según la relación de velocidad

Fuente: (Catálogo de Bandas Martin, s.f)

Obtenido la potencia adicional, podemos conseguir la potencia corregida.

Ecuación 3.46 Potencia corregida

$$P_{\text{corregida}} = (P_b + P_{\text{adicional}}) * f_{\theta-L}$$

Fuente: (Nisbett R. G., 2008)

Donde:

$P_{\text{corregida}}$ Potencia corregida

P_b Potencia que soporta la banda = 2.52Hp

$P_{\text{adicional}}$ Potencia adicional 343.022 W = 0.46 Hp

$f_{\theta-L}$ factor de correccion por longitud y arco = 0.79

Reemplazando:

$$P_{\text{corregida}} = (2.52 + 0.46) * 0.79$$

$$P_{\text{corregida}} = 2.35Hp$$

Para saber el número de bandas que necesitamos se lo obtiene de la siguiente ecuación.

Ecuación 3.47 Numero de Banda

$$N_b = \frac{P_{diseño}}{P_{corregida}}$$

Fuente: (Catálogo de Bandas Martin, s.f)

Donde:

N_b Número de bandas

$P_{diseño}$ *Potencia de diseño 0.48 Hp*

$P_{corregida}$ *Potencia corregida = 2.35Hp*

Reemplazando:

$$N_b = \frac{0.48}{2.35}$$

$$N_b = 0.204$$

Según el valor obtenido nos indica que una banda es suficiente para reducir la velocidad de 1750 rpm a 360 rpm.

3.3.2.4 REDUCCIÓN DE VELOCIDAD DE 360 RPM A 50 RPM**3.3.2.4.1 SELECCIÓN DE POLEAS DE 360RPM A 50RPM**

Primero se necesita encontrar la relación de velocidad que se obtiene dividiendo la velocidad entregada por el motor (360rpm) y la velocidad a la cual se la desea reducir (50rpm) según la ecuación 3.33

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

Donde:

I Relación de velocidad

n_1 Velocidad de polea conductora, 360 rpm

n_2 Velocidad del eje de la máquina, 50 rpm

Reemplazando:

$$i = \frac{360}{50} = 7.2$$

3.3.2.4.1.1 DIÁMETRO DE LA POLEA DEL MOTOR

Según la tabla podemos ver que para un motor de 0.5hp y una potencia de giro menor a 575 que es la obtenida se obtiene un valor de diámetro de polea de 2.50 in=63.5mm

POTENCIA DEL MOTOR HP	RPM DEL MOTOR					
	575	695	870	1160	1750	3450
.50	2.50	2.50	2.50	—	—	—
.75	3.00	2.50	2.50	2.50	—	—
1.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25	—
1.50	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25
2.00	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50
3.00	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50
5.00	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50
7.50	4.25	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00
10.00	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75	3.00
15.00	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75
20.00	8.25	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50
25.00	9.00	8.25	6.75	6.00	4.50	4.50*
* 30.00	10.00	9.00	6.75	6.75	5.25	—
40.00	10.00	10.00	8.25	6.75	6.00	—
50.00	11.00	10.00	9.00	8.25	6.75	—
60.00	12.00	11.00	10.00	9.00	7.50	—
75.00	14.00	13.00	10.00	10.00	9.00	—
100.00	18.00	15.00	13.00	13.00	10.00	—
125.00	20.00	18.00	15.00	13.00	11.00	—
150.00	22.00	20.00	18.00	13.00	—	—
200.00	22.00	22.00	22.00	—	—	—
250.00	22.00	22.00	—	—	—	—
300.00	27.00	27.00	—	—	—	—

Figura 3.56 Diámetro mínimo recomendado para la polea del motor

Fuente: (Catálogo de Bandas Martin, s.f)

3.3.2.4.1.2 DIÁMETRO DE LA POLEA CONDUCTIDA

Obtenido el diámetro mínimo de la polea conductora y relación de velocidad podemos obtener el diámetro de la polea conducida con la ecuación.

$$i = \frac{d_1}{d_2}$$

Donde:

i Relación de Transmisión, 7.2

d₁ diámetro de la polea conducida, m

d₂ diámetro de la polea conductora, 63.5mm

Remplazando:

$$7.2 = \frac{d_1}{0.0635\text{m}}$$

$$d_1 = 0.0635\text{m} * 7.2 = 0.4572\text{m} = 18 \text{ in}$$

En el mercado se encuentra este tipo de poleas que son adecuadas para este sistema de centrifugado.

3.3.2.4.2 SELECCIÓN DE BANDA: 360 RPM A 50 RPM

3.3.2.4.2.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE BANDA

Para seleccionar el tipo de banda que vamos a utilizar lo determinaremos según la figura 3.17 mostrada anteriormente con una potencia 0.3hp y una velocidad de giro de 360 rpm. Por lo tanto, obtenemos una banda de tipo A.

3.3.2.4.2.2 DISTANCIA MÍNIMA ENTRE CENTROS DE POLEAS

La distancia que debe haber entre los centros está determinada por ecuación.

$$C_{\min} = d_1$$

$$C_{\max} = 3(d_1 + d_2)$$

Donde:

C_{\min} Distancia mínima entre centros, m

C_{\max} Distancia máxima entre centros, m

d_1 Diámetro de la polea conducida, 0.4572 m

d_2 Diámetro de la polea conductora, 0.0635 m

Reemplazando:

$$C_{\min} = 0.4572\text{m}$$

$$C_{\max} = 3(0.4572 + 0.0635) = 1.5621\text{m}$$

La distancia entre centros debe encontrarse entre los siguientes intervalos

$$0.4572\text{m} \leq C \leq 1.5621\text{m}$$

La ubicación del motor y del eje del sistema de centrifugado de esta máquina permite elegir una distancia entre centros de 0.46 m = 11.81 in.

3.3.2.4.2.3 LONGITUD DE LA BANDA (Lb)

Para determinar la longitud de la banda se determina con la ecuación 3.36

$$L_b = 2C + \pi/2(D_1 + D_2) + (D_1 - D_2)^2 / 4c$$

Donde:

L_b Longitud de la banda, m

C Distancia entre centros, 0.46 m

d_1 Diámetro de la polea conducida, 0.4572 m

d_2 Diámetro de la polea conductora, 0.0635 m

Reemplazando:

$$L_b = 0.3 + 1,57 * (0.4572 + 0.0635) + \frac{(0.4572 + 0.0635)^2}{4C} = 1.884m$$

Para el sistema de centrifugado vamos a usar una Banda tipo A con las siguientes especificaciones: relación de transmisión de 7.2 con velocidad de giro de 360 rpm, una longitud de banda de 1.884m= 74.173 in

Según el tipo de banda A podemos obtener las siguientes características con las siguientes tablas

Relación de Velocidad	Combinación de Poleas		Velocidades Impulsadas y HP por Banda									Distancia Nominal entre Centros y Factor de Corrección por Longitud y Arco						
			3500 RPM Motriz			1750 RPM Motriz			1160 RPM Motriz									
	Motriz D.P.	Impuls. D.P.	Impuls. RPM	HP por Banda A	HP por Banda AX	Impuls. RPM	HP por Banda A	HP por Banda AX	Impuls. RPM	HP por Banda A	HP por Banda AX	Designación de Largo de Banda A/AX						
												26	31	35	38	42	46	51
7.24	3.4	24.6	484	4.44	5.32	242	2.89	3.28	160	2.13	2.38	—	—	—	—	—	—	
7.40	4.0	29.6	473	6.18	7.15	236	3.96	4.36	157	2.89	3.14	—	—	—	—	—	—	
7.52	5.0	37.6	465	8.76	9.92	233	5.68	6.10	154	4.12	4.38	—	—	—	—	—	—	
7.69	3.2	24.6	455	3.83	4.69	228	2.52	2.91	151	1.87	2.12	—	—	—	—	—	—	
7.79	3.8	29.6	449	5.62	6.55	225	3.61	4.00	149	2.64	2.89	—	—	—	—	—	—	

FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO

Figura 3.57 Potencia transmitida por la banda tipo A

Fuente: (Catálogo de Bandas Martin, s.f)

Distancia Nominal entre Centros y Factor de Corrección por Longitud y Arco												Combinación de Poleas		Relación de Velocidad
Designación de Largo de Banda A/AX												Motriz D.P.	Impulsada D.P.	
55	60	68	75	80	85	90	96	105	112	120	128			
—	—	—	—	—	18.0	21.0	24.4	29.2	33.0	37.1	41.3	3.4	24.6	7.24
—	—	—	—	—	—	—	—	23.2	27.3	31.7	36.0	4.0	29.6	7.40
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26.1	5.0	37.6	7.52
—	—	—	—	—	18.2	21.1	24.5	29.4	33.1	37.3	41.4	3.2	24.6	7.69
—	—	—	—	—	—	—	—	23.4	27.4	31.8	36.1	3.8	29.6	7.79
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.82	0.88	0.93	0.99	1.02	1.05	1.08			

Figura 3.58 Corrección por longitud y arco

Fuente: (Catálogo de Bandas Martin, s.f)

$$C = 11.81 \text{ in} = 0.46 \text{ m}$$

$$P_b = \text{Potencia transmitida por banda, } 2.89 \text{ Hp}$$

$$f_{\theta-L} = \text{Factor de corrección por longitud y arco, } 0.82$$

3.3.2.4.2.4 CALCULO DEL NÚMERO DE BANDAS

Ya obtenido anteriormente el $K_s=1.3$ y lo seguiremos conservando

Obtenido estos datos procedemos con el diseño de potencia con la ecuación.

$$P_{\text{diseño}} = P_{\text{motor}} * K_s$$

Donde:

$P_{diseño}$ Potencia de diseño

P_{motor} Potencia del motor que necesita para mover el caramelo

K_s = factor de servicio de la banda

Reemplazando:

$$P_{diseño} = 225 * 1.3$$

$$P_{diseño} = 292.5W = 0.39HP$$

Para obtener el valor de la potencia ya corregida lo conseguimos de la siguiente formula, primero obteniendo la potencia adicional requerida según la relación de transmisión que obtuvimos anteriormente 7.2 en las bandas.

"Añada" HP por Relación de Velocidad									RPM del Eje más Rápido
1.02-1.04	1.05-1.08	1.09-1.12	1.13-1.18	1.19-1.24	1.25-1.34	1.35-1.51	1.52-1.99	2.00 o más	
0.03	0.07	0.11	0.14	0.18	0.21	0.24	0.27	0.30	1160
0.04	0.10	0.16	0.21	0.27	0.32	0.37	0.41	0.46	1750
0.09	0.20	0.33	0.43	0.55	0.63	0.73	0.83	0.92	3500
0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	50
0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	100
0.01	0.03	0.05	0.06	0.08	0.09	0.10	0.12	0.13	500
0.01	0.03	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.14	0.16	600
0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.18	700
0.02	0.05	0.07	0.10	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	800
0.02	0.05	0.08	0.11	0.14	0.16	0.19	0.21	0.24	900

Figura 3.59 La potencia adicional según la relación de velocidad

Fuente: (Catálogo de Bandas Martin, s.f)

$$P_{\text{corregida}} = (P_b + P_{\text{adicional}}) * f_{\theta-L} \quad \text{Ec 3.37}$$

Donde:

$P_{\text{corregida}}$ Potencia corregida

P_b Potencia que soporta la banda = 2.89Hp

$P_{\text{adicional}}$ Potencia adicional 97W = 0.13 Hp

$f_{\theta-L}$ factor de correccion por longitud y arco = 0.82

Reemplazando:

$$P_{\text{corregida}} = (2.52 + 0.46) * 0.85$$

$$P_{\text{corregida}} = 2.476Hp$$

Para saber el número de bandas que necesitamos se lo obtiene con la ecuación.

$$N_b = \frac{P_{\text{diseño}}}{P_{\text{corregida}}}$$

Donde:

N_b Número de bandas

$P_{\text{diseño}}$ Potencia de diseño 0.39 Hp

$P_{\text{corregida}}$ Potencia corregida = 2.47Hp

Reemplazando:

$$N_b = \frac{0.39}{2.47}$$

$$N_b = 0.157$$

Según el valor obtenido nos indica que una banda es suficiente para reducir la velocidad de 360 rpm a 50 rpm

3.3.2.5 EJE

El eje es el que estará encargado de sostener al cilindro contenedor de los caramelos y dar movimiento al mismo que será transmitido por un conjunto de poleas y bandas.

También debe soportar el esfuerzo cortante que se generan en mayor parte en su exterior y la torsión al momento de girar el cilindro para romper el caramelo que será constante por tener una velocidad de giro igual.

Funciones del Eje

- Soportar el torque que genera el motor sobre el cilindro
- Transmitir movimiento al cilindro mediante los volantes de sujeción
- Soportar los esfuerzos cortantes y de torsión generados por el cilindro

Parámetros de Funcionamiento

- Horas de uso: 4 horas
- Temperatura de trabajo: 35°C

3.3.2.5.1 DISEÑO ESTÁTICO DEL EJE

El eje está sometido a torsión y flexión, para lo cual vamos a realizar diagramas de fuerza cortante y momento torsor.

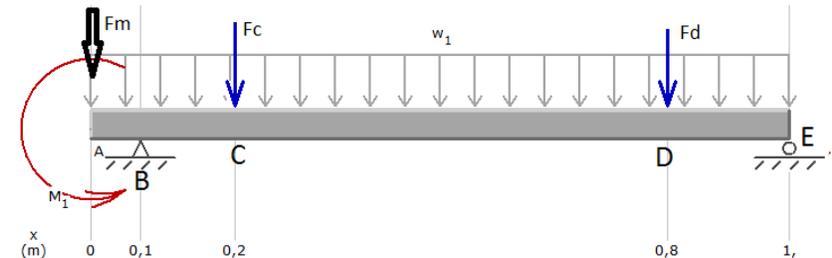


Figura 3.60 Diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión

Rb= Reacción en el punto B

Re= Reacción en el punto E

M1= Momento producido por el motor

Fm= Tensión transmitida por la cadena

W1 = Carga distribuida sobre el eje generada por el peso del eje, 60 N/m

AB= Distancia entre la polea conducida y el rodamiento, 0.07 m

BC= Distancia entre el rodamiento y el cilindro pelador, 0.13 m

CD= Longitud entre los volantes, 0.6 m

DE= distancia entre el cilindro y el rodamiento E, 0.17 m

Fc= Fuerza aplicada por el caramelo y el cilindro.

Fd= Fuerza aplicada por el caramelo y el cilindro.

Para calcular el momento torsor se lo hace con la siguiente ecuación para calcular la potencia del motor

$$M1 = \frac{P_{\text{mot}}}{n_2}$$

Donde:

M1 Momento torsor

P_{mot} Potencia del motor = 0.5Hp = 372.85 W

N₂ Velocidad angular = 5.235 rad/seg

Reemplazando:

$$M1 = \frac{P_{\text{pot}}}{n_2} = \frac{372.85 \text{ W}}{5.235 \text{ rad/s}} = 71.22 [\text{N} * \text{m}]$$

Con este valor podemos calcular la fuerza motriz que vamos aplicar con la siguiente ecuación.

$$F_m = \frac{M1}{D_{p,2}/2}$$

Donde:

F_m Fuerza motriz en la catalina N

M1 Momento torsor producido por el motor, 71.22N * m

D_{p,2} Diámetro de la polea conducida 18in = 0.4572 m

Reemplazando

$$F_m = \frac{71.22}{0.4572/2} = 311.5485 \text{ N}$$

Las fuerzas F_c y F_d son los puntos de contacto que tienen el cilindro con el eje los cuales soportan el peso del maní y del cilindro. Estas fuerzas vienen a ser de la misma magnitud ya que el cilindro se encuentra horizontal.

$$F_c = F_d = (m_{\text{caramelo}} * g + m_{\text{cilindro}} * g) / 2$$

Donde:

$F_c = F_d$ Fuerzas de contacto del cilindro y eje. N

m_{caramelo} masa del caramelo. =22.68kg

m_{cilindro} Masa del cilindro=8.62Kg

g gravedad= 9.8m/s^2

Reemplazando:

$$F_c = F_d = (22.68 * g + 8.62 * g) / 2$$

$$F_c = F_d = 153.37 \text{ N}$$

Según el diagrama obtenemos las reacciones R_b y R_e .

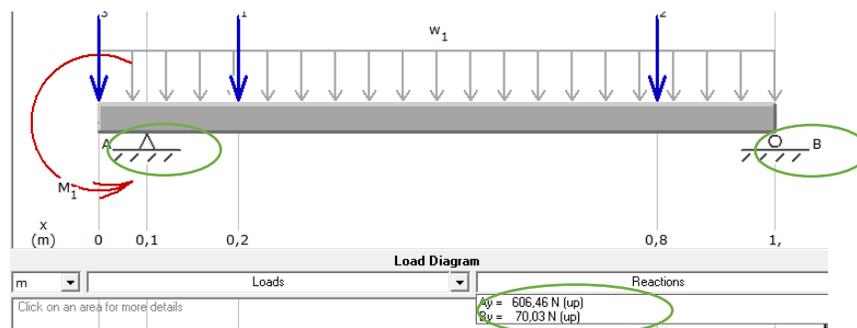


Figura 3.61 Reacciones R_b y R_e

$R_b = 606.46 \text{ N}$

$R_e = 70.03 \text{ N}$

Obtenidas las fuerzas podemos los siguientes diagramas de fuerzas cortantes, momentos y deflexión.

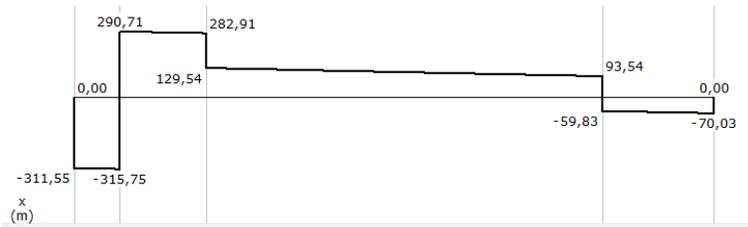


Figura 3.62 Diagrama de fuerzas cortantes

De la misma manera obtenemos el diagrama de momentos del eje

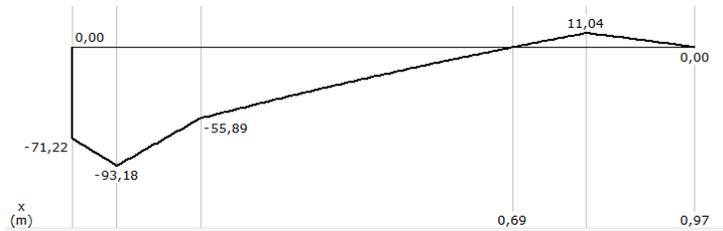


Figura 3.63 Diagrama de momentos

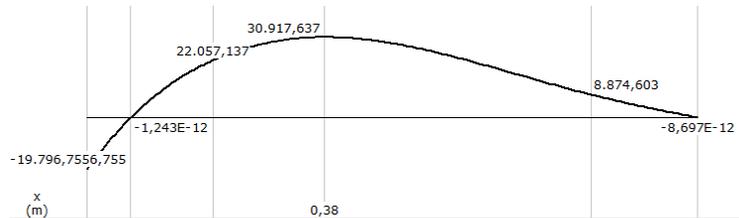


Figura 3.64 Diagrama de deflexión

Como podemos observar en el tramo de (0.07-0.2) m es la parte crítica del eje ya que está sometida a un mayor esfuerzo cortante por lo que debemos diseñar el eje con las características necesarias para este punto crítico.

Para el diseño debemos tomar en cuenta la parte crítica y los esfuerzos a los que está sometida como podemos observar en el siguiente gráfico los tipos de esfuerzo que está expuesto.

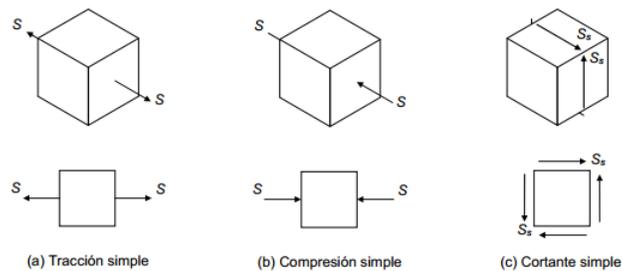


Figura 3.65 Tipos de esfuerzos

Fuente (Venegas, Libardo Useche, 2011)

Ya sabiendo los lugares críticos procedemos a calcular los esfuerzos de tensión y compresión con las siguientes formulas.

Ecuación 3.48 Esfuerzo de tensión debido a la flexión

$$\sigma_{(+)} = \frac{M}{I/C}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Ecuación 3.49 Esfuerzo de tensión debido a la flexión

$$\sigma_{(-)} = -\frac{M}{I/C}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

$$\tau = \frac{T * d}{2J}$$

Donde:

$\sigma_{(+)}$ Esfuerzo de tensión debido a la flexión.

$\sigma_{(-)}$ Esfuerzo de compresión debido a la flexión.

M Momento flector máximo, 93.18 N*m

T Momento de torsión, 71.22 N*m

J Momento polar de inercia del área transversal.

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$c = \frac{d}{2}$$

Donde:

I Inercia con respecto al eje horizontal de la sección crítica.

c Distancia del eje neutro a la fibra externa

d Diámetro del eje, [m]

Las fuerzas ejercidas que son de flexión y torsión se calculan de las siguientes formulas.

$$\sigma_{A,B} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_x = \frac{M}{I/C} = \frac{32M}{\pi d^3}$$

Reemplazando:

$$\sigma_x = \frac{M}{I/C} = \frac{32(93.18)}{\pi d^3} = \frac{949.12}{d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

Reemplazando:

$$\tau_{xy} = \frac{16(71.22)}{\pi d^3} = \frac{362.72}{d^3}$$

Con estos valores se reemplaza en la ecuación.

$$\sigma_{A,B} = \frac{474.56_x}{d^3} \pm \sqrt{\left(\frac{474.56}{d^3}\right)^2 + (181.36)^2}$$

$$\sigma_A = \frac{1071.99}{d^3}$$

$$\sigma_B = \frac{-122.87}{d^3}$$

En la separadora se utilizan materiales dúctiles por lo que se utiliza la teoría de la energía de la distorsión.

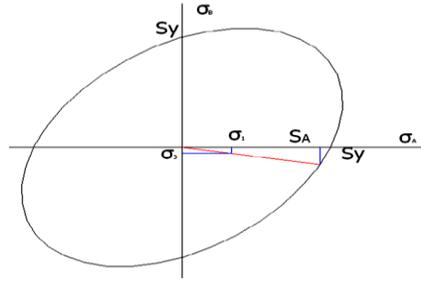


Figura 3.66 Teoría de la energía de la distorsión

Según la imagen se deduce la ecuación de la teoría de la energía de la distorsión.

$$S_y^2 = S_b^2 - S_A S_B + S_A^2$$

La ecuación de la recta en el cuadrante es:

$$S_B = -\frac{\sigma_B}{\sigma_A} S_A$$

Reemplazando:

$$S_B = -\frac{\frac{-122.87}{d^3}}{\frac{1071.99}{d^3}} S_A = 0.1146 S_A$$

Ya obteniendo el valor de S_B reemplazamos.

$$S_y^2 = (0.1146 S_A)^2 - S_A(0.1146 S_A) + S_A^2$$

$$S_y^2 = 0.89 S_A^2$$

$$S_y = 0.89 S_A$$

Para construir la separadora de caramelos utilizamos el acero AISI1018HR la cual nos da las siguientes propiedades (Ver Anexo II).

$$S_y = 276 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 568 \text{ MPa}$$

Con el valor de S_y lo reemplazamos en la ecuación anterior y obtenemos S_A

Reemplazando:

$$S_y = 0.89S_A$$

$$276 \text{ MPa} = 0.89S_A$$

$$S_A = 81\,702\,636.7$$

Como factor de seguridad se toma 1.5 como falla en el eje de transmisión sin que involucre vidas humanas obteniendo para el diseño.

$$n = \frac{S_A}{\sigma_A} = 1.5$$

Reemplazando:

$$1.5 = \frac{81\,702\,636.7}{\frac{1071.99}{d^3}}$$

$$d = 0.027012 \text{ m}$$

$$d = 27 \text{ mm}$$

3.3.2.5.2 ANÁLISIS DE FATIGA

Debemos analizar las variaciones que soportan las cargas en la máquina en el transcurso del tiempo por lo cual se realiza un análisis de fatiga dinámico.

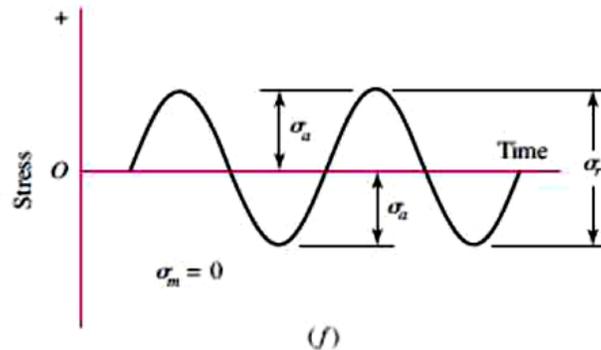


Figura 3.67 Diagrama de esfuerzos a través del tiempo

De la figura obtenemos:

Donde:

σ_{xa} Esfuerzo de tensión alternante en la dirección x.

σ_{xm} Esfuerzo medio en dirección x.

τ_{xya} Esfuerzo cortante alternante en la dirección x.

τ_{xym} Esfuerzo cortante medio en la dirección x.

Se obtuvo un diámetro de 27mm en el análisis del diseño estático, pero en el análisis dinámico el factor de seguridad utilizado es pequeño por lo cual se asume un diámetro de 31mm para obtener rangos de seguridad más altos.

Recordando:

M= Momento flector máximo, 93.18 N*m

T= Momento de torsión, 71.22 N*m

Para calcular los esfuerzos se lo hace con las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_{xa} = \frac{32M}{\pi d^3} ; \sigma_{xm} = 0$$

$$\tau_{xya} = 0 ; \tau_{xym} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

Como existen esfuerzos cortantes se debe obtener un esfuerzo equivalente.

Ecuación 3.50 Esfuerzos alternantes

$$\sigma_a' = \sigma_{xa}$$

Fuente: (Nisbett R. G., 2008)

Ecuación 3.51 Esfuerzos medios

$$\sigma_m' = \sqrt{3 * \tau_{xym}^2}$$

Fuente: (Nisbett R. G., 2008)

Reemplazando:

$$\sigma_{xa} = \frac{32 * 93.2}{\pi * 0.031^3}$$

$$\sigma_{xa} = 31.8 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xym} = \frac{16 \cdot 71.22}{\pi \cdot 0.031^3}$$

$$\tau_{xym} = 12.17 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a' = 31.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m' = \sqrt{3 \cdot 12.17^2}$$

$$\sigma_m' = 21.07 \text{ MPa}$$

Realizaremos el diseño de la resistencia a la fatiga para lo cual utilizaremos la siguiente ecuación:

Ecuación 3.52 Límite de resistencia a la fatiga

$$S_e = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \cdot K_f \cdot S_e'$$

Fuente: (Nisbett R. G., 2008)

Donde:

S_e Límite de resistencia a la fatiga.

K_a Factor de superficie.

K_b Factor de tamaño.

K_c Factor de confiabilidad.

K_d Factor de temperatura.

K_e Factor de modificación por concentración de esfuerzos.

K_f Factor de efectos diversos.

S_e' Límite de resistencia a la fatiga de la muestra de la viga rotatoria.

La resistencia a la fatiga se determina de la siguiente ecuación teniendo en cuenta las características del acero AISI1018HR

$$S_e' = 0.5 * S_{ut}$$

Reemplazando:

$$S_e' = 0.5 * 568$$

$$S_e' = 284 \text{ [MPa]}$$

Con una superficie maquinada determinamos el coeficiente de superficie de la siguiente manera.

$$K_a = aS_{ut}^b$$

$$K_a = 4.51 * 284^{-0.265} = 1.009$$

Coeficiente de tamaño

$$K_b = 0.879d^{-0.107} = 0.879(0.031)^{-0.107} = 0.874$$

Coeficiente de confiabilidad del 99%

$$K_c = 0.814$$

Factor de temperatura de una máquina que funciona a una temperatura máxima de 35°C.

$$K_d = \frac{S_T}{S_{RT}} = 1.005$$

Los efectos de concentración de esfuerzos se los realiza con las siguientes ecuaciones de factor de factor de confiabilidad (k_e) y factor de efectos varios (K_f)

Ecuación 3.53 Efectos de concentración

$$K_e = \frac{1}{K_f}$$

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

Fuente: (Nisbett R. G., 2008)

Donde:

K_f Factor de incrementar el esfuerzo

q Sensibilidad a la muesca, asumida en 1

K_t Factor teórico de concentración de esfuerzo, 2

Reemplazando:

$$K_f = 1 + 1(2 - 1) = 2$$

$$K_e = \frac{1}{2} = 0.5$$

Obtenemos el valor de la Resistencia a la fatiga.

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S_e'$$

$$S_e = 1.009 * 0.874 * 0.814 * 1.005 * 0.5 * 2 * 284$$

$$S_e = 204.88 \text{ Mpa}$$

Sabiendo que $\sigma_a' < S_e$ se realiza un diagrama de fatiga para poder determinar el valor del factor de seguridad.

$S_a < S_e$ Lo que nos indica que la vida del diseño es de manera prolongada e indefinida.

Según la teoría de falla de GOODMAN podemos calcular S_m con la siguiente ecuación.

Ecuación 3.54 Teoría de falla de GOODMAN

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{S_e}{S_{ut}} + \frac{\sigma_a'}{\sigma_m'}}$$

Fuente: (Nisbett & Budynast, 2008)

$$S_m = \frac{204.88}{\frac{204.88}{568} + \frac{31.8}{21.07}} = 109.56 \text{ MPa}$$

Ahora obtenemos el factor de seguridad con la siguiente ecuación.

$$nf = \frac{S_m}{\sigma_m'}$$

$$nf = \frac{109.56}{21.07} = 5.185$$

Con el factor de seguridad que hemos conseguido podemos ver que el diámetro del eje debe estar entre unos 32mm, pero como en el mercado se tienen valores estándares se escogerá el valor más cercano al obtenido.

3.3.2.5.3 ANÁLISIS DEL EJE SELECCIONADO

Los diámetros calculados para el eje de la máquina separadora de caramelo se lo han hecho en base a un eje sólido. Luego de haber realizado tanto el análisis de diseño estático como dinámico se dispone a justificar la selección del eje del eje solido en vez de un eje hueco.

Para lo cual se utilizará un eje solido de $1\frac{1}{4}$ y un eje hueco de 2

3.3.2.5.3.1 CRITERIO DE EVALUACIÓN

Para poder elegir el tipo de eje que se utilizara en la máquina de toman dos opciones que son de acero normal o de acero inoxidable para lo cual se tomaran características importantes entre cada una de ellos como son: resistencia a la deformación, costo, disponibilidad.

Parámetros:

Deformación. - Para la deformación es muy importante tomar en cuenta un eje solido en lugar de un eje hueco ya que tiene mayor resistencia a la deformación. Por lo tanto, este garantizara tener una mayor vida útil en el sistema y menores fallas en la misma.

Costo. - El precio del tubo de acero inoxidable es menor al de eje solido de acero inoxidable, pero sin embargo el tubo de acero inoxidable se lo vende en tubos enteros y no en metros como se lo puede conseguir el eje sólido. En este caso se puede abaratar costos comprando solo la necesidad necesaria para la máquina y no desperdiciar material.

Disponibilidad. - La disponibilidad en el mercado en amplia así que no tendremos ninguna dificultad en encontrar el material en ninguno de los dos ejes de hueco y eje solido

Matriz de decisión.

Según los parámetros analizados se hará una tabla comparativa calificando de 1-10 con mayor valor el que sea más conveniente y accesible para la máquina.

Tabla 3.7 Matriz de decisión: tipo de eje

Criterio	Eje Solido $1\frac{1}{4}$ (in)	Eje hueco 2(in)
Deformación	10	7
Costo	10	3
Disponibilidad	10	10
Total	30	20

3.3.3 ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA

Para la estructura de la máquina se utilizará un tubo cuadrado de galvanizado ASTM- A500 que soportará el peso de la máquina separadora de caramelos distribuido en 4 puntos de manera equitativa. La máquina tiene un peso aproximado de 47.6kg o 466,79N que será distribuida en los 4 puntos de apoyo de la estructura.

Tabla 3.8 Características del tubo estructural galvanizado

In	A	Espesor	Peso	Área	I	W	i	Sy
	Mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	Mpa
$1\frac{1}{4}$	30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15	350

Fuente: (Catálogo DIPAC, 2016)

Cada punto de apoyo está sometido a compresión por lo que calcularemos el esfuerzo que tiene cada uno de estos apoyos con la siguiente ecuación.

Ecuación 3.55 Esfuerzo de compresión

$$\sigma_c = \frac{W_{pt}}{A}$$

Fuente: (Nisbett R. G., 2008)

Donde:

σ_c Esfuerzo de compresión, N/cm².

W_{pt} Peso, 466,79 N.

A Área transversal, 1,35 cm².

Reemplazando:

$$\sigma_c = 345.77 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_c = 86.44 \text{ N/cm}^2$$

86.44 N/cm² (Ver Anexo II) es el valor de esfuerzo de compresión soportada por cada uno de los puntos de apoyo de la estructura, ya obtenido esto podemos calcular el factor de seguridad para la estructura con la siguiente ecuación.

Ecuación 3.56 Factor de seguridad

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{cTOTAL}}$$

Fuente: (Nisbett R. G., 2008)

Donde:

F_s Factor de seguridad.

σ_{CTOTAL} Esfuerzo de compresión 345.77 N/cm²

S_y Limite de fluencia

Reemplazando:

$$F_s = \frac{35000 \text{ N/cm}^2}{345.77 \text{ N/cm}^2}$$

$$F_s = 101.223$$

3.3.3.1 CALCULO DE ESFUERZO POR PANDEO

Se lo calcula en cada uno de los soportes de la máquina

$$\text{relación de esbeltez} = \frac{kL}{r}$$

Donde:

K Constante dependiente del extremo fijo.

L Longitud de los puntos de apoyo 0,78m

r Radio de giro, 0,0095m

Las columnas son de tipo empotradas libres para los cuales tomaremos el valor de la constante de 2.1 que son de forma práctica según la siguiente figura.

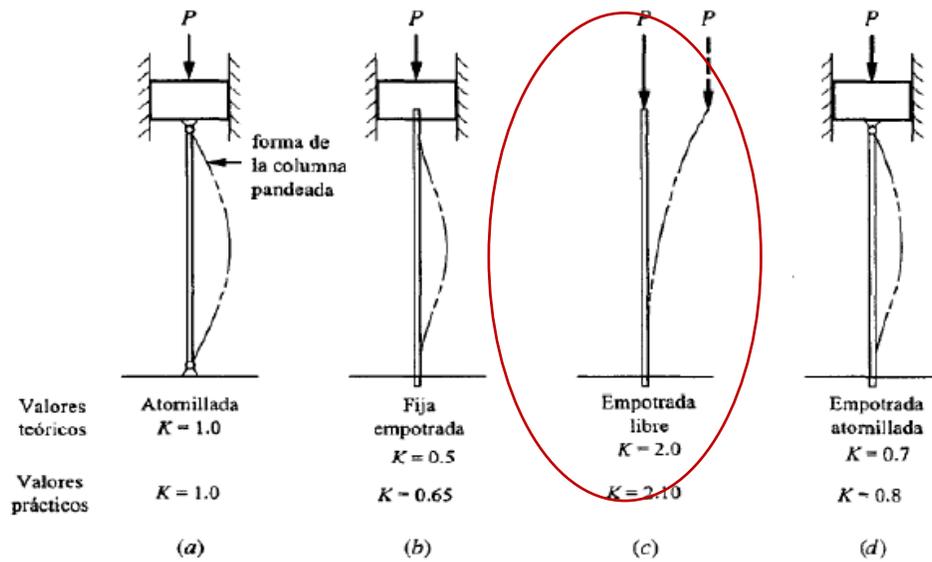


Figura 3.68 Constante dependiente del extremo fijo

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Reemplazando:

$$\text{relación de esbeltez} = \frac{2.1 * 0.78}{0.0095} = 172.42$$

Ecuación 3.57 Relación de esbeltez de transición

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}}$$

Donde:

C_c Relación de esbeltez de transición

E Módulo de elasticidad 200000 MPa

S_y Límite de cadencia 350 MPa

Reemplazando:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 200000}{350}}$$

$$C_c = \sqrt{11279.547}$$

$$C_c = 106.205$$

Para calcular la carga crítica se utilizará la fórmula EULER por ser mayor la relación de esbeltez a la relación de esbeltez de transición

Ecuación 3.58 Carga crítica

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

Fuente: (Nisbett R. G., 2008)

Donde:

P_{cr} Carga Crítica

A Área transversal, $1,12 \text{ cm}^2 = 0.000112 \text{ m}^2$

E Módulo elástico 200000 MPa

Relación de esbeltez= 172,42

K Constante longitud efectiva, 2,1

L Longitud, 0,78 m

r Radio de giro, 0,0095 m

Reemplazando:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 200000 * 0.000112}{\left(\frac{2.1 * 0.78}{0.0095}\right)^2}$$

$$P_{cr} = 7436.475 \text{ N}$$

Ecuación 3.59 Factor de Seguridad

$$n_s = \frac{P_{cr}}{P_r}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Donde:

n_s Factor de seguridad

P_{cr} Carga crítica 7436,475 N

P_r Carga real 478,24 N

Reemplazando:

$$n_s = \frac{7436,475 \text{ N}}{478,24 \text{ N}}$$

$$n_s = 15.55$$

3.3.3.2 ANALISIS DE LA ESTRUCTURA MEDIANTE SOLIDWORKS

En la Figura 3.69 se muestra la estructura del sistema de centrifugado bajo la tensión de Von Mises sometido a cargas equivalentes a totales de 530N y en la parte inferior de la estructura una carga equivalente a 100N correspondiente al motor.

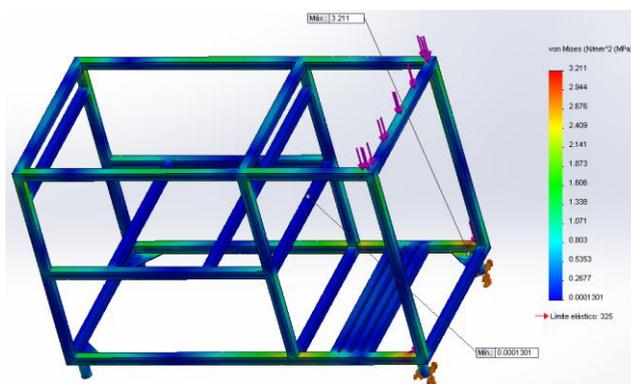


Figura 3.69 Tensión de Von Mises.

De la siguiente figura se puede observar una tensión máxima de 3.211Mpa y una tensión mínima de 0 Mpa las cuales nos permitirá trabajar normalmente en la máquina sin dificultad.

En la Figura 3.70 se observa el desplazamiento estructural sometido a cargas equivalentes a totales de 530N y en la parte inferior de la estructura una carga equivalente a 100N correspondiente al motor.

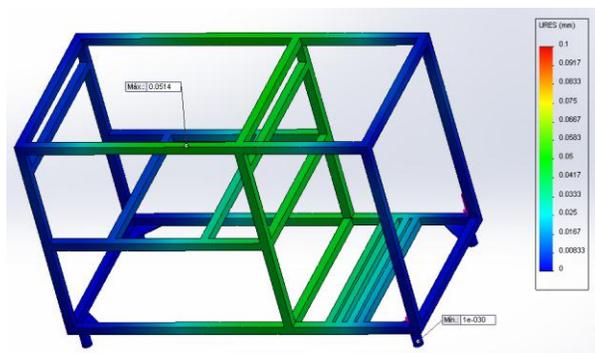


Figura 3.70 Desplazamiento Estructural.

Según la Figura 3.70 se puede concluir que no se tendrá una deformación significativa en la estructura del sistema de centrifugado, teniendo como valor máximo de desplazamiento 0.051 mm y valor mínimo de 0mm. Tomando en cuenta el desplazamiento máximo y las funciones para las que está diseñada, por lo tanto, se puede afirmar que tiene una alta fiabilidad en su desempeño.

En la figura 3.71 se muestra el factor de seguridad de la estructura del sistema de centrifugado sometido a cargas equivalentes a totales de 530N y en la parte inferior de la estructura una carga equivalente a 100N correspondiente al motor.

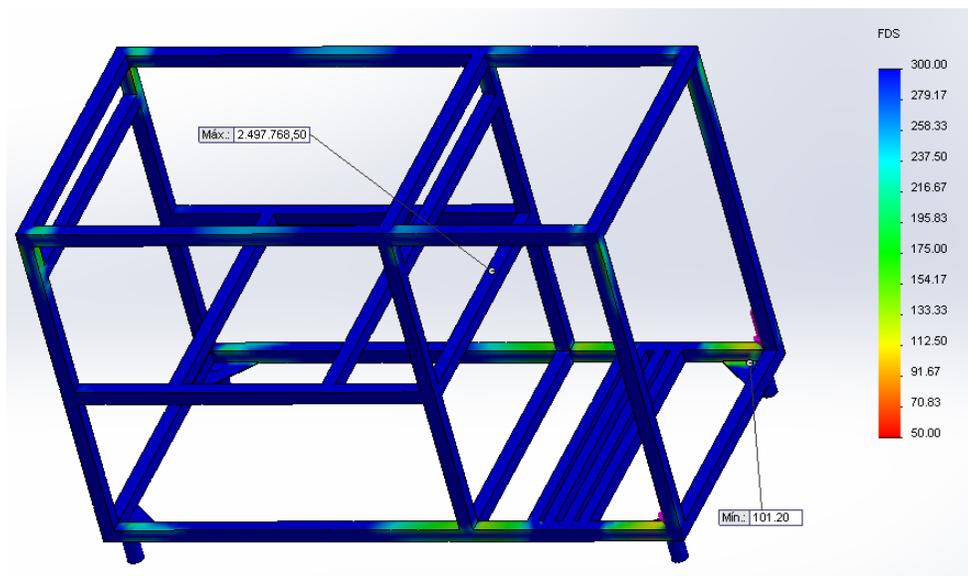


Figura 3.71 Factor de Seguridad de la estructura

En la Figura 3.71 se observa que: el factor de seguridad mínimo es de 101.20, por lo tanto, se puede concluir que se logró una alta confiabilidad para poder trabajar con la máquina sin dificultad, sabiendo que no fallará bajo los requerimientos de diseño.

3.3.3.3 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Para la máquina se utilizará el rodamiento UC207-20 (SKF YAR 207-104-2F/AH) que cuenta con las características adecuadas, según los parámetros necesarios tales como son temperatura, diámetro del eje, carga, etc.

3.3.3.3.1 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

d = Diámetro interior, 38 mm

D = Diámetro exterior, 72 mm

A= Ancho, 42,9 [mm]

C= Carga dinámica, 29.7 KN

Co= Carga estática, 22.8 KN

Pu = Límite de fatiga, 0,655 [KN]

V = Velocidad límite, 5300 [rpm]

Kr= Factor de cálculo, 0.025

Ecuación 3.60 Carga mínima radial

$$F_r = k_r \left(\frac{v * n}{1000} \right)^{2/3} \left(\frac{dm}{100} \right)^2$$

Donde:

Fr= Carga radial mínima

K_r = Factor de cálculo, 0.025

ν = Viscosidad del aceite a temperatura de funcionamiento, 30 °C

n = velocidad de giro, 50 [rpm] = 0,833 rps

d_m = Diámetro medio del rodamiento

$$d_m = (d + D)/2$$

Reemplazando:

$$d_m = \frac{(38 + 72)mm}{2}$$

$$d_m = 55 \text{ mm}$$

Input parameters

n_i Rotational speed of the inner ring	50 r/min
Operating temperature Bearing outer ring	30 °C
Grease used in the bearing	VT378
Viscosity at 40 °C	150.0 mm ² /s
Viscosity at 100 °C	15.5 mm ² /s

Result

ν Lubricant viscosity at operating temperature	267.2 mm ² /s
ν_1 Required viscosity at operating temperature for $\kappa=1$	218.7 mm ² /s
ν_{ref} Required viscosity at 40 °C for $\kappa=1$	122.8 mm ² /s
κ Viscosity ratio	1.22

Figura 3.72 Calculo de Viscosidad

Fuente: (Catálogo SKF, 2010)

Teniendo todos los datos obtenemos la carga mínima radial.

Reemplazando:

$$F_r = kr \left(\frac{122.8 * 0.833}{1000} \right)^{2/3} \left(\frac{55}{100} \right)^2$$

$$F_r = 0.0661 \text{ KN}$$

Debemos usar el diseño de carga estática para seleccionar el rodamiento ya que tenemos cargas radiales y cargas axiales mínimas en la máquina al estar en bajas velocidades, para esto usamos la siguiente ecuación:

$$P_o = 0,6F_r + 0,5F_a$$

Donde:

P_o Carga estática equivalente

F_r Carga radial 0.0661 KN

F_a Cargas axiales, 0 KN

Reemplazando:

$$P_o = 0,6 * 0.0661 + 0,5 * 0$$

$$P_o = 0.03966 \text{ KN}$$

Ya que la carga estática equivalente es menor a la carga radial se determina que P_o=F_r

3.3.3.3.2 FACTOR DE SEGURIDAD DEL RODAMIENTO

Ecuación 3.61 Factor de seguridad estático

$$S_o = \frac{C_o}{P_o}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Donde:

So= Factor de seguridad estático.

Po= Carga estática equivalente, 0,0661 KN

Co= Carga estática, 15,3 [KN]

Reemplazando:

$$S_o = \frac{15.3}{0.0661}$$

$$S_o = 231.46$$

3.3.3.3.3 VIDA DEL RODAMIENTO

Según las normativas ISO la vida de un rodamiento está dada por las siguientes formulas (Ver Anexo VIII y IX).

Ecuación 3.62 Vida del rodamiento

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

$$L_{10h} = \frac{1\,000\,000}{60 n} * \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

Donde:

L_{10} = vida nominal (fiabilidad 90%), en millones de revoluciones

L_{10h} = vida nominal (fiabilidad 90%), en horas de funcionamiento

C = capacidad de carga dinámica 29.7 KN

P = carga dinámica equivalente del rodamiento, 0.0531 KN

p = exponente de la ecuación de la vida, 3

n = velocidad 50rpm

Reemplazando

$$L_{10} = \left(\frac{29.7}{0.0531}\right)^3$$

$L_{10} = 174978941$ millones de revoluciones

$$L_{10h} = \frac{1\,000\,000}{60 \cdot 50} * \left(\frac{29.7}{0.0531}\right)^3$$

$L_{10h} = 28922139070$ horas de funcionamiento

CAPITULO IV

4 CONSTRUCCIÓN MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO

4.1 CONSTRUCCION.

Para la construcción de los elementos que conforman la máquina para elaboración de caramelos artesanales es necesario disponer de maquinaria y herramientas adecuadas que nos puedan facilitar la elaboración de los diferentes sistemas que cuenta la máquina; por lo tanto se ha visto necesario realizarlo en un taller mecánico que cuente con todos las herramientas necesarias para la construcción y ensamblaje del mismo, además de contar con la ayuda de personas con experiencia en el manejo y manipulación de las herramientas que utilizaremos.

Se debe tomar en cuenta para la construcción de la máquina que no se necesiten de herramientas especiales ya que este aumentaría el costo final de la máquina, además que los materiales a utilizar se encuentren en el mercado y en stock para no tener inconvenientes en el momento de empezar la construcción.

4.2 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Para la construcción de cada componente de la maquina se requiere de máquinas, equipos, materiales, instrumentos, etc.

A continuación, se detallan las máquinas, equipos, herramientas, instrumentos de medición, verificación, equipo de seguridad que se utilizó para la construcción y ensamblaje de la máquina para elaboración de caramelos artesanales.

4.2.1 MÁQUINAS Y EQUIPOS.

- Torno
- Fresadora
- Taladro de mano
- Taladro de pedestal
- Soldadora por arco eléctrico
- Esmeril
- Amoladora
- Equipo de pintura
- Dobladora
- Cortadora
- Roladora

4.2.2 HERRAMIENTAS

- Juegos de brocas: (1/4, 5/16, 3/8, 7/16, 1/2, 5/8, 7/8) in
- Diferentes tipos de llaves
- Remachadora
- Lima
- Lija
- Sierra
- Martillo
- Rayador
- Cuchillas para el torno
- Discos de corte y de desbaste

4.2.3 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y DE VERIFICACIÓN

- Escuadra
- Nivel
- Flexómetro
- Graduador
- Termómetro
- Balanza
- Calibrador Pie de Rey

4.2.4 EQUIPOS DE SEGURIDAD

- Mandil
- Gafas
- Mascara para soldar
- Guantes

4.2.5 MATERIA PRIMA

- Planchas de galvanizado de diferente espesor
- Planchas de acero inoxidable de diferente espesor
- Eje de acero inoxidable
- Tubo cuadrado de galvanizado 30mmx1.5
- Ángulos laminados diferentes medidas
- Ejes de acero de transmisión

4.2.6 ELEMENTOS NORMALIZADOS

- Tuercas (M8, M10, M12, M14, M20) bajo las normas DIN 934 / DIN 439
- Pernos (M8, M10, M12, M14, M20) bajo las normas DIN 933 / ISO 24017
- Arandelas (M12, M10) bajo las normas DIN 125 A / DIN 125 B / DIN127
- Remache avellanado
- Rodamientos UC 207-20 (SKF YAR 207-104-2F/AH)
- Interruptores bajo norma UNE-EN 60617-7
- Cable #18 color blanco y cable #12 colores: negro, rojo, azul

4.2.7 ELEMENTOS SELECCIONADOS

- Poleas
- Engranajes
- Cadenas
- Guarda motor
- Relé
- Bandas
- Motor-reductor
- Plc
- Ventiladores

4.3 PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE LAMINACIÓN

En las siguientes tablas se explicará cómo fueron construidas las diferentes partes de la máquina

Tabla 4.1 Procedimiento de la fabricación del sistema de Laminación

ELEMENTO	PROCESO DE FABRICACIÓN
Estructura	<ul style="list-style-type: none"> • Corte: Se realizó el corte en los tubos cuadrados de galvanizado y las planchas según el diseño ya establecido para poder sostener la máquina. • Taladrado: Se realizó las diferentes perforaciones en los tubos y planchas de acuerdo al diseño • Soldadura: Se realizó las soldaduras de los tubos cuadrados, planchas y ángulos debidos.
Rodillos Laminadores	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar: Los rodillos ya se los tenía en la fábrica de diferentes tipos y modelos de caramelos por lo cual no fue necesario construirlos, tan solo incorporarlos en la máquina.
Sistema de Transmisión motriz	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación: Para la transmisión se utilizaron engranajes que se encarguen de transmitir el movimiento otorgado por el motor, estas fueron adquiridas de un tamaño estándar en el mercado y colocadas en la máquina. • Perforación: se hicieron perforaciones en los engranajes para unir a un acople que ira al eje. • Tornear: Se torne a un eje con una chaveta para incorporar al motor-reductor y poder transmitir el movimiento.

4.4 PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE Y ENFRIAMIENTO

Tabla 4.2 Procedimiento de la fabricación del Sistema de Transporte y Enfriamiento.

ELEMENTO	PROCESO DE FABRICACIÓN
Estructura	<ul style="list-style-type: none"> • Corte: Se realizó el corte en los tubos cuadrados de galvanizado y las planchas según el diseño ya establecido para poder sostener la banda y el sistema de enfriamiento • Taladrado: Se realizó las diferentes perforaciones en los tubos y planchas de acuerdo al diseño para el transporte y el sistema de enfriamiento por el cual se extraerá el aire frío y caliente. • Soldadura: Se realizó las soldaduras de los tubos cuadrados, planchas y platinas
Rodillos de la Banda	<ul style="list-style-type: none"> • Corte: Se corta el tamaño deseado de los rodillos de un eje de acero de transmisión. • Tornear: Se tornea el eje para dejarlo del tamaño deseado para coincidir en los rodamientos • Desbaste: Se hace un pequeño desbaste en los rodillos para que la banda se pueda sujetar de la mejor manera sin deslizarse.
Tornillos Tensores de la Banda	<ul style="list-style-type: none"> • Corte: Se utilizó un tornillo sin fin del cual se cortó 20cm para cada lado de la banda, a la vez se hizo dos bocines, el primero por donde ingresará el tornillo sin fin y el segundo en donde se empotrará. • Tornear: Se torneo los tornillos en un extremo para poder tensar la banda sin dificultad. A la vez se tornea un bocín para poder ingresar los rodamientos. • Taladrado: Se hicieron las perforaciones necesarias para los tornillos y pernos necesarios.

4.5 PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CENTRIFUGADO

Tabla 4.3 Procedimiento de la fabricación del Sistema de Centrifugado.

ELEMENTO	PROCESO DE FABRICACIÓN
Estructura	<ul style="list-style-type: none"> • Corte: Se realizó el corte en los tubos cuadrados de galvanizado y las planchas según el diseño ya establecido para poder sostener la máquina. • Taladrado: Se realizó las diferentes perforaciones en los tubos y planchas de acuerdo al diseño • Soldadura: Se realizó las soldaduras de los tubos cuadrados, planchas y ángulos debidos.
Cilindro Rotatorio	<ul style="list-style-type: none"> • Trazado: Se realizó el trazado en una plancha de acero inoxidable AISI 304. • Corte: Se cortó el tamaño especificado para realizar el cilindro y las tapas del mismo. • Doblar: Se da forma de cilindro con una roladora. • Taladrado: Se hace los agujeros en el cilindro para que pueda caer el desperdicio por estos agujeros. • Soldadura: Se suelda el cilindro y las aspas del mismo con un Angulo pronunciado para que pueda golpearse el caramelo y separarse.
Eje de Transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Corte: Se cortó el eje de acero inoxidable según la longitud requerida (DIPAC)
Volante	<ul style="list-style-type: none"> • Corte: Se cortó para formar del volante, un eje hueco de acero inoxidable. • Soldadura: Se soldó las partes del volante para terminarlo.
Caja de desperdicios	<ul style="list-style-type: none"> • Trazado: Se realizó el trazado en una plancha de acero inoxidable AISI 304. • Corte: Se realizó el corte las planchas según el diseño. • Doblar: Se realizó el dobles de las planchas de acero inoxidable

Los detalles del procedimiento de construcción de las siguientes partes de la máquina se pueden observar en el Anexo 1 del presente trabajo.

4.6 MONTAJE DE LA MÁQUINA

Después de la construcción de las partes de la máquina se procede al montaje y ensamblaje de los siguientes sistemas que la conforman de la siguiente manera.

4.6.1 MONTAJE DEL SISTEMA DE LAMINACION

1. Acoplar y ajustar los rodillos de laminación en la estructura.
2. Acoplar el sistema de piñones que nos transmitirán el movimiento a los rodillos.
3. Acoplar y ajustar el eje del molino a los engranajes.
4. Acoplar el engrande de menor tamaño al eje del motor
5. Montar el motor en la estructura metálica.
6. Colocar las cadenas que transmitirán el movimiento a los engranes.
7. Alinear el motor y la cadena de transmisión.
8. Instalar el paro de emergencia.

4.6.2 MONTAJE DEL SISTEMA DE TRANSPORTA Y ENFRIAMIENTO

1. Colocar el soporte de la banda transportadora.
2. Sujetar los bocines a los tornillos sin fin.
3. Sujetar el bocín a la estructura.

4. Acoplar y ajustar los rodillos a los rodamientos.
5. Sujetar el domo a la mesa.
6. Sujetar y ajustar los ventiladores al domo.
7. Acoplar la polea al motor.
8. Acoplar la polea al eje del rodillo motriz
9. Sujetar el motor en la estructura metálica.
10. Colocar las bandas que transmitirá el movimiento en las poleas.
11. Alinear el motor y la banda de transmisión
12. Instalar la banda de poliuretano en la mesa.
13. Tensar la banda con los rodillos tensores.
14. Instalar el sistema eléctrico

4.6.3 MONTAJE DEL SISTEMA DE CENTRIFUGADO

1. Colocar las chumaceras de pared en la estructura.
2. Ajustar los pernos de la chumacera para fijar con el eje
3. Acoplar el cilindro rotatorio a la estructura
4. Sujeción del eje con las chumaceras a la estructura de la máquina.
5. Acoplar y sujetar la polea al eje de transmisión.
6. Acoplar y alinear la polea reductora a la polea del motor y del eje
7. Acoplar la polea al motor
8. Sujetar el motor en la estructura metálica.
9. Colocar las bandas que transmitirá el movimiento en las poleas.
10. Alinear el motor y la banda de transmisión
11. Instalar el sistema eléctrico.

4.7 PRUEBAS DE CAMPO

Teniendo el ensamblaje de los diferentes sistemas es necesario realizar las pruebas de campo, las cuales nos ayudaran a verificar que los parámetros de diseño y tiempo de funcionamiento concuerden con lo dispuesto anteriormente y así garantizar un correcto funcionamiento.

4.7.1 CRITERIO DE EVALUACIÓN

Los resultados que se obtuvieron en las diferentes pruebas de campo serán catalogados de la siguiente manera, en los cuales bajo será el porcentaje de calidad menor y alto el producto en condiciones óptimas.

Tabla 4.4 Criterio de evaluación de calidad

CRITERIO DE EVALUACIÓN	
CALIDAD	%
BAJO	0-25
MEDIO	40-65
ALTO	90-100

4.7.2 VELOCIDAD ANGULAR DE LOS RODILLOS

Tabla 4.5 Velocidad angular de rodillos

	Rodillo laminador superior	Rodillo laminador inferior	Resultados	
			Compactación de la masa	Formación del laminado
Velocidad angular rpm	21	21	Medio	Medio
	8.31	8.31	Alto	Alto

4.7.2.1 ANALISIS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO

Puesto en funcionamiento los rodillos se probó con diferentes velocidades angulares, en la cual se dispuso de poleas de $3\frac{1}{2}$ in relación 1-1, posteriormente se dispuso poleas de siguiente manera $3\frac{1}{2}$ in (eje del motor), $7\frac{3}{4}$ in (eje del rodillo) y finalmente por pérdidas de transmisión del motor a los rodillos se cambió las poleas por engranajes y las bandas por cadenas, obteniendo los resultados mencionados en las tabla 4.4 y concluyendo que la velocidad angular adecuada de los rodillos es de 8.31 rmp.

4.7.3 VELOCIDAD ANGULAR DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Se dará un criterio de evaluación de la velocidad angular adecuada para el transporte sin deformar los caramelos y dando un tiempo adecuado para el enfriamiento de los mismos.

Tabla 4.6 Velocidad angular de banda transportadora

	Banda Transportadora	Resultados	
		Transportación Sin deformación	Enfriamiento, Endurecimiento Del caramelo
Velocidad angular rpm	21	Bajo	Bajo
	8.31	Alto	Alto

4.7.3.1 ANALISIS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO

La banda transportadora debe tener una velocidad acorde al sistema de laminación puesto que la masa sale todavía maleable y el cambio de velocidad en este deformaría la lámina y una velocidad angular demasiada alta no permite el endurecimiento del caramelo adecuadamente.

Realizando las pruebas de campo se obtuvo como resultado que la velocidad angular adecuada es de 8.31 rpm.

4.7.4 VELOCIDAD ANGULAR DEL TAMBOR ROTATORIO

Para determinar la velocidad angular adecuada para el troceado y separación del caramelo se lo hizo en una máquina similar para maní con una velocidad angular de 50 rpm en el sistema de centrifugado, dándonos esta velocidad una calidad en el producto optimas separando el caramelo perfectamente y sin romperlo.

4.7.5 RELACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR RODILLOS VS BANDA TRANSPORTADORA

Se determinará la relación de velocidad angular adecuada entre los rodillos del sistema de laminación vs la banda transportadora.

Tabla 4.7 Relación de la velocidad angular rodillos vs banda transportadora

	Rodillos Laminadores	Banda Transportadora	Resultados	
			Transportación Sin deformación	Enfriamiento, Endurecimiento Del caramelo
Velocidad angular rpm	21	21	Medio	Bajo
	8.31	21	Bajo	Bajo
	8.31	8.31	Alto	Alto

4.7.5.1 ANALISIS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO

Estando en funcionamiento los dos sistemas se puede concluir que tanto el sistema de laminación como la banda transportadora deben tener la misma velocidad de lo contrario la masa no se llega a compactar adecuadamente y se deformaría la lámina del caramelo, por otra parte, si

la velocidad es muy alta no permite el enfriamiento adecuado del laminado dando dificultad en el siguiente proceso de centrifugado.

Concluyendo que la velocidad angular adecuado para los dos sistemas conjuntos es de 8.31 rpm como se muestra en la tabla 4.6.

4.7.6 RELACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR BANDA TRANSPORTADORA VS TAMBOR ROTATORIO

Tabla 4.8 Relación de la velocidad angular banda transportadora vs tambor rotatorio

	Banda Transportadora	Tambor Rotatorio	Resultados	
			Ingreso del laminado sin deformación	Endurecimiento del caramelo adecuado para la separación
Velocidad angular rpm	21	50	Bajo	Bajo
	8.31	50	Alto	Alto

4.7.7.1 ANALISIS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO

Estando en funcionamiento los dos sistemas se puede concluir que tanto la banda transportadora como el tambor no necesariamente deben tener la misma velocidad angular pero el ingreso del caramelo no debe ser demasiada alta para no tener interferencia con los volantes del tambor y su ingreso sea de forma fluida y continua.

Por lo tanto, concluimos que las velocidades angulares son de 8.31rpm y 50 rpm respectivamente como se lo muestra en los resultados de la tabla 4.7. Concluyendo que la velocidad angular adecuado para los dos sistemas conjuntos es de 8.31 rpm como se muestra en la tabla 4.6.

4.7.7 CALIDAD DEL PRODUCTO ENTREGADO

En la siguiente tabla se calificará de 0-100%, teniendo en cuenta como 100% el valor máximo y producto de óptima calidad.

Tabla 4.9 Calidad del producto en pruebas

Fecha	Cinta laminada de caramelo (%)	Endurecimiento de la cinta de caramelo (%)	Troceado de caramelo (%)	Masa de caramelo elaborado respecto a la masa total a laminar (%)
15/08/2016	30	30	10	23.3
02/09/2016	80	40	25	48.3
20/09/2016	95	95	60	83.3
05/10/2016	98	98	90	95.3
07/10/2016	99	100	100	99.6
16/12/2016	99	100	100	99.6

4.7.7.1 ANALISIS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO

Estando en funcionamiento los tres sistemas con las características analizadas y velocidad de funcionamiento a las que operaban respectivamente se dispuso hacer las pruebas pertinentes del producto dando una calidad del producto máxima del 99.6% y pérdidas casi nulas como se muestra en la tabla 4.9.

Para obtener un producto de buena calidad la máquina deberá operar bajo los siguientes parámetros de velocidad:

Sistema de laminación: 8.31 rpm

Sistema de transporte y enfriamiento: 8.31 rpm

Sistema centrifugado: 50rpm

Para obtener esta calidad del producto se recomienda ingresar la masa a la máquina a una temperatura de 60-65°C.

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El proyecto de titulación de una máquina para la elaboración de caramelos artesanales según su diseño y construcción cumple con los parámetros y estándares de funcionamiento predispuestos al inicio del proyecto obteniendo un producto de buena calidad, para lo cual se recomienda el ingreso de la masa de caramelo con un espesor que no sobrepase los 5cm de espesor y una temperatura que oscile entre 60-65°C.
- En base a las pruebas de campo realizadas se puede concluir que la velocidad óptima para los rodillos laminadores es de 8.31 rpm; si la velocidad es mayor no permite un enfriamiento adecuado de la masa en el proceso posterior, así como también no permite una compactación adecuada de la masa de caramelo.
- En base a las pruebas de campo realizadas se puede concluir que la velocidad optima de la banda transportadora es de 8.31 rpm siendo una velocidad similar al de los rodillos, de no ser así el caso y tener una velocidad diferente la masa tomaría una deformación en el transcurso de la banda transportadora; por otro lado, si la velocidad es mayor a la ya mencionada no da el tiempo necesario a enfriar la masa ya laminada-
- La ubicación y dirección de los ventiladores también es estratégica para que la masa se enfríe de una manera adecuada, el flujo de aire y extracción de calor de la masa fue distribuida de la siguiente manera, los dos ventiladores principales ingresaban aire y los 2 posteriores extraían el aire caliente.

- Los diferentes sistemas de la máquina proporcionan un ahorro de dinero y recurso humano; realizando de forma artesanal se desperdiciaba materia prima ya que la velocidad en los rodillos no era constante y la persona encargada paraba por momentos, por lo tanto la masa se enfriaba paulatinamente y hacia que esta sea más propensa para adherirse en los rodillos; por otra parte se reduce el recurso humano que puede ser aprovechada en otros procesos, siendo de manera artesanal 4 personas encargadas para la producción del caramelo y realizando los procesos con la máquina hasta 2 personas.
- Los tiempos de producción se vieron reducidos de la siguiente manera:

Tabla 5.1 Tabla comparativa

	TIEMPOS DE PRODUCCION (seg)			
	LAMINADO DE LA MASA (1m)	ENFRIAMIENTO DE LA MASA (1m)	SEPARACIÓN DEL CAMELO	SEPARAR CAMELO DEL RESIDUO
MÁQUINA	45	45	30	0
PRODUCCIÓN ARTESANAL	38	240-350	60	120

En 1m de masa de caramelo se desprenden 164 caramelos, para la misma cantidad la máquina lo realiza en 120seg y de forma artesanal se demora 458seg.

Por lo cual concluimos que la máquina ayuda a optimizar la producción en un 381%.

- El diseño mecánico y la construcción del mismo no presentan dificultades ya que se contó con la maquinaria necesaria para q esta se realice de una forma optima
- La máquina presenta partes móviles que pueden afectar seriamente a los usuarios de forma física, por lo cual es estrictamente necesario el uso de protecciones como son: paro

de emergencia ubicados estratégicamente alrededor de la máquina, protección para ventiladores, cubierta para tambor rotatorio, protección para los rodillos laminadores y señales de precaución y peligro en la máquina para los operadores.

- Para el uso correcto de la máquina se debe realizar un Manual de Operación y mantenimiento. Ver ANEXO XIII

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda antes de utilizar la máquina limpiar los desperdicios de la máquina con un trapo y agua de preferencia tibia o caliente de las partes que la máquina tengan contacto con el caramelo, tales como son los rodillos, tambor rotatorio, bandeja de residuos y banda transportadora, no interferir con las partes eléctricas y de control.
- Para revisar el tambor rotatorio detener primero la máquina ya sea con el botón de apagado o el switch de encendido y apagado colocado en el sistema centrifugo.
- No ingresar las manos muy cerca de los rodillos laminadores ya que puede incurrir en daños severos a las personas, únicamente ingresar la masa mediante la bandeja de ingreso.
- Mantener lubricadas las catarinas de los rodillos y del eje del motor.
- Para el uso adecuado y evitar fallas y mal manejo de la máquina se recomienda utilizar el Manual de Operación y Mantenimiento. Ver ANEXO XIII

BIBLIOGRAFÍA

Azucares y Dulces. (29 de 10 de 2014).

Beer, F. (2010). *Mecánica Vectorial para Ingenieros*.

Cambridge. (s.f.). *Cambridge engineered solutions*. Obtenido de <http://cambridge-es.com/sites/default/files/CES-bandas-metalicas-espanol.pdf>

Cantabria, U. d. (s.f.). *Sistemas Energéticos (Master I.I.)*. Obtenido de <http://personales.unican.es/renedoc/index.htm>

Catálogo Chorino. (2013). *Bandas transportadoras y correas de transmisión*.

Catálogo de Bandas Martin. (s.f). *Catálogo de Bandas Martin*.

Catálogo DIPAC. (2016). *DIPAC PRODUCTOS DE ACERO*. Obtenido de <http://www.dipacmanta.com/>

Catálogo SKF. (2010). *Rodamientos y Sellos SKF*. Obtenido de <http://www.skf.com/binary/81-66366/457601SP.pdf>

Cesarruiz.webnod. (s.f.). Obtenido de <http://cesarruiz.webnode.com.co:file:///C:/Users/Personal/Downloads/TransmisionPorCadenas.pdf>

Emprendedor, S. (s.f.). *Solo Emprendedor*. Obtenido de <http://salonemprendedor.blogspot.com/2008/10/cmo-fabricar-caramelos-y-dulce-de-leche.html>.

Ferdinand P. Beer. (2010). *Mecánica Vectorial Para Ingenieros*. Mexico: McGraw-Hill.

Gere, J. M., & Goodno, B. J. (2006). *Mecánica de Materiales*. McGRAW-HILL.

GGDBANDAS. (2017). Obtenido de <http://www.ggdbandas.com/producto/poliuretano-blanco-2-capas/>

Guías Empresariales. (s.f). *FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO Y ESCALAS DE PRODUCCION*. Obtenido de Guías Empresariales:

<http://www.contactopyme.gob.mx/guiasempresariales/guias.asp?s=14&guia=11&giro=1&ins=695>

Industrias Metalúrgica, M. (2012). *Reductores de velocidad a engranajes*. Obtenido de <http://www.metalurgicasmg.com.ar/download/Selecci%C3%B3n>

Infarma. (2016). *Infarma*. Obtenido de <http://www.infarma.com.ar/>

Ingemecánica. (2012). *Transmisión por cadenas cálculo y diseño*. Obtenido de ingemecanica
Web site: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html#seccion3>

Jütz, H., & Scharkus, E. (1984). *Tablas para la industria Metalúrgica*. REVERTE S.A.

Maskepack. (2010). *maskepack*. Obtenido de <http://www.maskepack.com/pdf/catalogo%20transportadores%20maskepack%20-%20cintas.pdf>

MERIAM, J. L. (1980). *Dinámica*. REVERTE S.A.

Micesa. (s.f). *grupomicesa*. Obtenido de <http://www.grupomicesa.com/>

Nisbett, J., & Budynast, R. G. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de SHigley*. Santa Fe: McGRAW-HILL.

Pirelli. (1961). *Manual de calculo de cintas transportadora*. Obtenido de http://www.martinezgambino.com.ar/catalogo_cintas_transportadoras.pdf

Plasempaques. (s.f.). Obtenido de Plasempaques: <http://www.plasempaques.com/>

Robert L. Mott, P. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: PEARSON EDUCACIÓN.

Saráuz Terán, J. (2011). *Diseño y construcción de una máquina para elaboración de tortillas de harina de trigo para la empresa TAQUITO´S*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.

Savatech. (febrero de 2010). *Catálogo Savatech*. Obtenido de Sava: <https://nebula.wsimg.com/a885327d1269c179c563dd0a7935e71f?AccessKeyId=B21C9C2ED288CB5E1DF1&disposition=0&alloworigin=1>

Soloemprendedor. (s.f.). *Soloemprendedor*. Obtenido de <http://salonemprendedor.blogspot.com/2008/10/cmo-fabricar-caramelos-y-dulce-de-leche.html>

Somca. (12 de agosto de 2016). *Somca Maquinaria Agroindustrial*. Obtenido de <http://www.somca.com/sitio/index.php/transportadores-para-carga-de-camiones>

Venegas, Libardo Useche. (2011).

Viloria, J. (2010). *Motores Trifásicos características, cálculos y aplicaciones*. S.A. EDICIONES PARANINFO.

ANEXO I PLANOS

}

ANEXO II CATALOGOS DE DIPAC

PLANCHAS GALVANIZADAS

Especificaciones Generales

Acero base	Calidad Comercial o según tabla de Laminado al Frío
Norma	ASTM A653 (Norma de recubrimiento)
Espesores	0.30mm a 2.90mm
Rolls	X 1219mm y por fijas
Planchas	4 X 8 pies y medidas especiales
Flot	Regular Mínima Zero.



RECOBRIMIENTO	(TOTAL AMBAS CARAS)	
	TIPO	oz / pie ²
G-40	40	120
G-60	60	180
G-90	90	270

PRODUCTO / MERCADO	COMERCIAL, CONSTRUCCIÓN Y EDIFICIOS	INDUSTRIAL	LÍNEA BLANCA	AUTOMOTRIZ
Lámina Galvanizada	Techos y paredes, perfiles y tubería en general, poleas, soportes de cielo falso, ductos de aire, silos para almacenar granos, accesorios para construcción, cortinas metálicas, señalizaciones de caméras, estructuras, techos y soportes de establecimientos.	Aire acondicionado, ventiladores de techo y ventana, tapas, extractores de humo, casas móviles, ductos, bisagras, recipientes, cajas eléctricas, pizarrones electrónicos, motores, láminas, etc.	Respaldo de refrigeradores, estufas y lavadoras, soportes, bases, uniones, esquineros y accesorios de fijación y otras partes no expuestas, etc.	Mollers, uniones, soportes, pisos, carter, guantera, portaestéreos, cinchas y otras partes no expuestas, etc.

PLANCHAS INOXIDABLES

Especificaciones Generales

Norma	304, 316, 430
Espesores	Desde 0.40mm hasta 15.00mm
Rolls	X 1220mm
Planchas	4 x 8 pies
	Largos y calidades especiales bajo pedido

Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a JIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICION QUIMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Austenita	17 Cr-8Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 - 7,50	0,06	0,030	3,50 - 5,5
	18 Cr-8Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 - 10,00	0,06	0,030	4,00 - 6,00
	17Cr-7Ni	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 - 8,00
	18Cr-8Ni-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 - 10,00
	18Cr-8Ni	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 - 10,50
	18Cr-8Ni-extra-low-C	SUS 304 L	304L	4306	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 - 13,00
	18Cr-12Ni	SUS 305	305	3855	0,12 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 - 13,00
	29Cr-12Ni	SUS 309 S	309 S	4845	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 - 15,00
	25Cr-20Ni	SUS 310 S	310 S		0,08 max	1,50	2,00 - max	0,04	0,030	15,00 - 22,00
	18Cr-12Ni-3,5Mo	SUS 316	316	4401	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 - 14,00
	18Cr-12Ni-7,5Mo-extra-low-C	SUS 316 L	316 L	4404	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 - 16,00
	18Cr-12Ni-2Mo-2Cu	SUS 316 J1		4505	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 - 14,00
	18Cr-12Ni-3,5Mo	SUS 317	317	4402	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	16,00 - 19,00
	18Cr-12Ni-3,5Mo-extra-low-C	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	11,00 - 15,00
	18Cr-8Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 - 13,00
	18Cr-8Ni-Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 - 13,00
Ferrita	13Cr-AI	SUS 405	405	4002	0,08 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,08 max
	16Cr	SUS 420	420	4009	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4016	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,09 max
	18Cr-Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensita	13Cr-low Si	SUS 403	403	4024	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,08 max
	13Cr	SUS 410	410	4000	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,09 max
	13Cr-high C	SUS 420 J2	420	4021	0,25 - 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,80 - 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Endurecido por precipitación	17Cr-7Ni-1Al	SUS 631	631		0,09 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,50 - 7,75

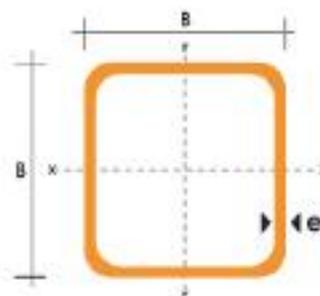
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20.00mm a 100.00mm
Espesor	Desde 2.00mm a 5.00mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.05	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.85	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	8.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.05	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.09	2.92
75	4.0	8.99	10.90	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.80	3.99
100	3.0	9.17	11.41	175.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	228.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84



EJES ACERO INOXIDABLE

Especificaciones Generales

Material	AS1304
Dureza HB	249-278
Límite de fluencia	225 N/mm ²
Aplicaciones	INDUSTRIAS ALIMENTICIAS, CERVECERA, AZUCARERA, ALIMENTICIA, UTENSILIOS DOMESTICOS INDUSTRIA DEL CUERO FARMACEUTICA, DENTAL, ETC...



DIMENSIONES

DIAMETRO	LONGITUD
3/16"	6m.
1/4"	6m.
5/16"	6m.
3/8"	6m.
1/2"	6m.
5/8"	6m.
3/4"	6m.
1"	6m.
1-1/4"	6m.
1-1/2"	6m.
2"	6m.
2-1/2"	6m.
3"	6m.
3-1/2"	6m.
4"	6m.
5"	6m.
6"	6m.

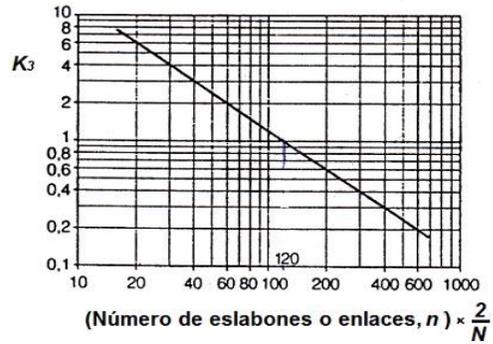
PROPIEDADES QUÍMICAS

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10,5	18 - 20

ANEXO III COEFICICNETES CORRECTORES

Coeficientes correctores

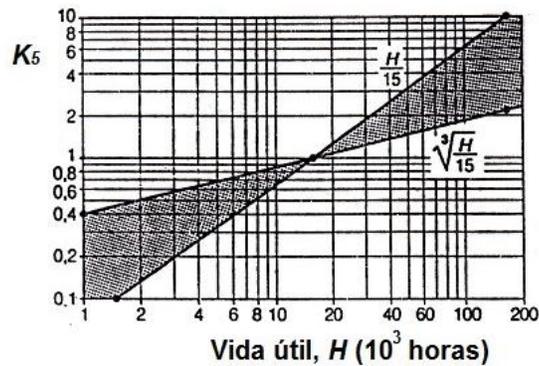
✓ Coeficiente K3



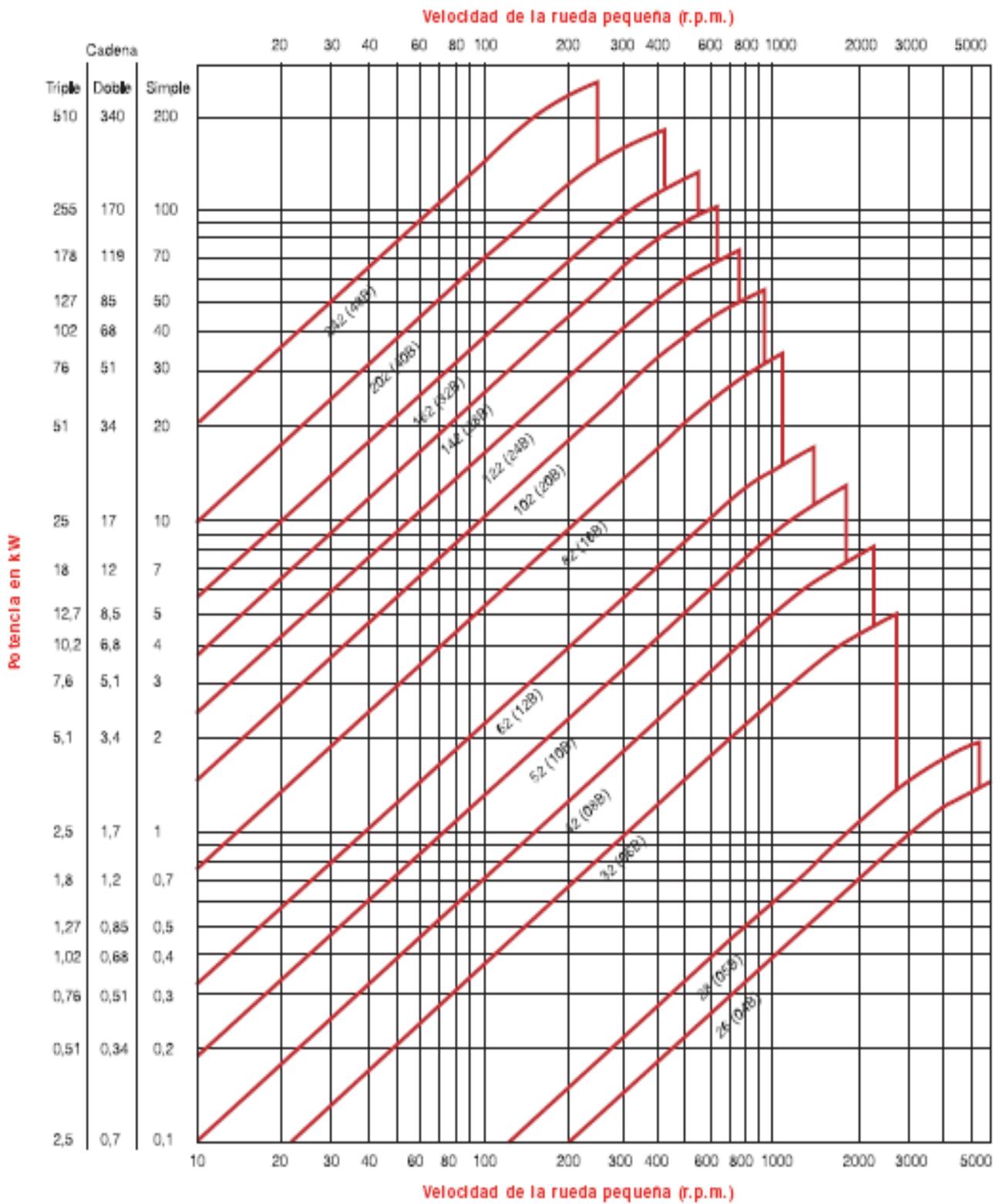
✓ Coeficiente K4

Tipo de carga	Ejemplo de máquinas	Motor eléctrico o turbina	Accionamiento	
			Motor de combustión interna Trans. hidráulica	Trans. mecánica
Regular	Agitadores de líquidos. Bombas centrífugas y de engranajes. Compresores centrífugos. Elevadores y transportadores con carga regular. Generadores y alternadores. Hiladoras. Maquinaria de imprenta. Maquinaria para la fabricación de papel. Montacargas y ascensores. Teleféricos. Maquinas herramientas (toros, taladradoras, fresadoras, rectificadoras). Ventiladores y máquinas soplantes.	1	1	1,2
Irregular	Agitadores de sustancias poco fluidas. Bombas de émbolo de más de 2 cilindros. Compresores alternativos de más de 2 cilindros. Hélices (aplicaciones marítimas). Elevadores y transportadores con carga irregular. Laminadoras. Mezcladores. Maquinaria para carpintería. Maquinaria para formar tubos. Trefiladoras. Molinos para materias homogéneas y blandas. Telares.	1,3	1,2	1,4
A golpes	Aparatos de elevación. Bombas de 1 y 2 cilindros. Dragas. Excavadoras. Elevadores y transportadores con carga muy irregular y pesada. Grúas. Maquinaria para perforación. Maquinaria para fabricar ladrillos. Maquinas herramientas (prensas, cizallas, limadoras, cepilladoras). Molinos para materias duras e irregulares. Rotocultivadores. Trituradoras.	1,5	1,4	1,7

✓ Coeficiente K5



ANEXO IV CATALOGO DE CADENAS



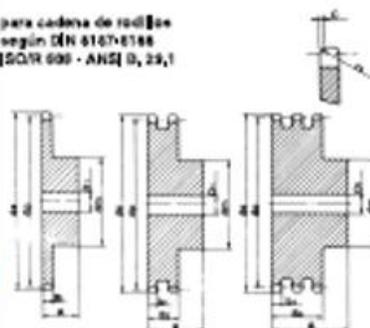
ANEXO V CATALOGO DE CATARINAS

PIÑONES DENTADOS 08B

Calidad, dimensiones y acabados según normas DIN-ASA-ANSI

Z	d _e	d _f	SIMPLE			DOBLE			TRIPLE		
			d _m	D ₁	A	d _m	D ₁	A	d _m	D ₁	A
8	37,2	33,18	20	10	25						
9	41,0	37,13	24	10	25						
10	45,2	41,10	26	10	25	26	10	32			
11	48,7	45,07	28	10	25	30	11	35	30	14	50
12	53,0	49,07	33	10	28	35	12	35	34	14	50
13	57,4	53,06	37	10	28	38	12	35	38	14	50
14	61,8	57,07	41	10	28	42	12	35	42	14	50
15	65,5	61,09	45	10	28	46	12	35	46	14	50
16	69,6	65,10	50	12	28	50	14	35	50	16	50
17	73,6	69,11	52	12	28	54	14	35	54	16	50
18	77,8	73,14	56	12	28	58	14	35	58	16	50
19	81,7	77,16	60	12	28	62	14	35	62	16	50
20	85,8	81,19	64	12	28	66	14	35	66	16	50
21	89,7	85,22	68	14	28	70	16	40	70	20	55
22	93,8	89,24	70	14	28	70	16	40	70	20	55
23	98,2	93,27	70	14	28	70	16	40	70	20	55
24	101,8	97,29	70	14	28	75	16	40	75	20	55
25	105,8	101,33	70	14	28	80	16	40	80	20	55
26	110,0	105,36	70	16	30	85	20	40	85	20	55
27	114,0	109,40	70	16	30	85	20	40	85	20	55
28	118,0	113,42	70	16	30	90	20	40	90	20	55
29	122,0	117,46	80	16	30	95	20	40	95	20	55
30	126,1	121,50	80	16	30	100	20	40	100	20	55
31	130,2	125,54	80	16	30	100	20	40			
32	134,3	129,56	80	16	30	100	20	40			
33	138,4	133,60	80	16	30	100	20	40			
34	142,6	137,64	80	16	30	100	20	40			
35	146,7	141,68	80	16	30	100	20	40	110	20	55
36	151,0	145,72	80	16	35	110	20	40	120	25	55
37	154,6	149,76	80	16	35						
38	158,6	153,80	80	16	35	110	20	40	120	25	80
39	162,7	157,83	80	20	35						
40	166,8	161,87	80	16	35	110	20	45			

Piñón 1/2" x 5/16"

 para cadena de rodillos
según DIN 4137/4138
[ISO/R 600 - ANSI B, 29,1]


PIÑÓN	ISO mm	ASA-40 mm
Radio diente r _s	13	13,5
Ancho radio C	1,3	1,6
Ancho radio piñón B ₁	7,2	7,2
Ancho radio piñón b ₁	7	7
Ancho radio piñón B ₂	21	21,4
Ancho radio piñón B ₃	31,9	35,8
CADENA	mm	mm
Paso	12,7	12,7
Ancho interior	7,75	7,84
Ø Rodillo	8,51	7,94

ANEXO VI CATALOGO DE POLEAS

Dimensiones en pulgadas, peso en libras

2 Ranuras																			
F = 1 3/32																			
No. de Parte	Diámetro		Tipo	Buje	Barreno Máximo del Buje	E	K	Largo Total del Barreno	M	Peso sin Buje	No. de Parte	Tipo	Buje	Barreno Máximo del Buje	E	K	Largo Total del Barreno	M	Peso sin Buje
	DE	Paso 3V																	
1 3V 220 JA	2.20	2.15	E-1	JA	1 1/4	3/16	7/16	1 1/8	5/16	.7	2 3V 220 JA	E-1	JA	1 1/4	31/32	7/16	1 1/8	5/16	.9
1 3V 235 JA	2.35	2.30	E-1	JA	1 1/4	3/16	7/16	1 1/8	5/16	.8	2 3V 235 JA	E-1	JA	1 1/4	31/32	7/16	1 1/8	5/16	1.0
1 3V 250 JA	2.50	2.45	E-1	JA	1 1/4	3/16	7/16	1 1/8	5/16	.8	2 3V 250 JA	E-1	JA	1 1/4	31/32	7/16	1 1/8	5/16	1.2
1 3V 265 JA	2.65	2.60	C-1	JA	1 1/4	3/16	1/2	1 1/8	0	.9	2 3V 265 JA	D-1	JA	1 1/4	3/8	1/2	1 1/8	9/32	1.3
1 3V 280 JA	2.80	2.75	C-1	JA	1 1/4	3/16	1/2	1 1/8	0	.9	2 3V 280 JA	D-1	JA	1 1/4	3/8	1/2	1 1/8	9/32	1.4
1 3V 300 JA	3.00	2.95	C-1	JA	1 1/4	3/16	1/2	1 1/8	0	1.0	2 3V 300 JA	D-1	JA	1 1/4	3/8	1/2	1 1/8	9/32	1.6
1 3V 315 JA	3.15	3.10	C-1	JA	1 1/4	3/16	1/2	1 1/8	0	1.0	2 3V 315 JA	D-1	JA	1 1/4	3/8	1/2	1 1/8	9/32	1.8
1 3V 335 JA	3.35	3.30	C-1	JA	1 1/4	3/16	1/2	1 1/8	0	1.1	2 3V 335 SH	D-1	SH	1 1/4	7/64	9/4	1 1/8	9/32	2.0
1 3V 365 SH	3.65	3.60	D-1	SH	1 1/4	3/16	0	1 1/8	1/16	1.3	2 3V 365 SH	D-1	SH	1 1/4	7/64	9/4	1 1/8	9/32	2.4
1 3V 412 SH	4.12	4.07	D-1	SH	1 1/4	3/16	0	1 1/8	1/16	1.7	2 3V 412 SH	D-1	SH	1 1/4	3/32	1/2	1 1/8	9/32	2.7
1 3V 450 SH	4.50	4.45	D-2	SH	1 1/4	3/16	0	1 1/8	1/16	2.1	2 3V 450 SH	D-1	SH	1 1/4	3/8	1/2	1 1/8	9/32	2.9
1 3V 475 SH	4.75	4.70	D-2	SH	1 1/4	3/16	0	1 1/8	1/16	2.5	2 3V 475 SH	D-1	SH	1 1/4	3/8	1/2	1 1/8	9/32	3.1
1 3V 500 SH	5.00	4.95	D-2	SH	1 1/4	3/16	0	1 1/8	1/16	2.8	2 3V 500 SH	D-1	SH	1 1/4	3/8	1/2	1 1/8	9/32	3.6
1 3V 530 SH	5.30	5.25	D-2	SH	1 1/4	3/16	0	1 1/8	1/16	3.2	2 3V 530 SH	D-1	SH	1 1/4	3/8	1/2	1 1/8	9/32	4.5
1 3V 560 SH	5.60	5.55	D-2	SH	1 1/4	3/16	0	1 1/8	1/16	3.2	2 3V 560 SH	D-1	SH	1 1/4	3/8	1/2	1 1/8	9/32	5.0
1 3V 600 SH	6.00	5.95	D-2	SH	1 1/4	3/16	0	1 1/8	1/16	3.5	2 3V 600 SH	D-1	SH	1 1/4	3/8	1/2	1 1/8	9/32	5.5
1 3V 650 SH	6.50	6.45	D-3	SH	1 1/4	3/16	0	1 1/8	1/16	3.9	2 3V 650 SDS	D-3	SDS	2	3/8	1/2	1 1/8	9/32	5.8
1 3V 690 SH	6.90	6.85	D-3	SH	1 1/4	3/16	0	1 1/8	1/16	4.5	2 3V 690 SDS	D-3	SDS	2	3/8	1/2	1 1/8	9/32	6.6
1 3V 800 SDS	8.00	7.95	C-3	SDS	2	3/16	0	1 3/8	0	5.5	2 3V 800 SDS	D-3	SDS	2	3/8	1/2	1 1/8	9/32	7.0
1 3V 1060 SDS	10.60	10.55	C-3	SDS	2	3/16	0	1 3/8	0	8.0	2 3V 1060 SK	C-3	SK	2 3/8	7/16	1/4	1 1/8	9/32	10.0
1 3V 1400 SK	14.00	13.95	C-3	SK	2 3/8	1/16	0	1 1/8	0	13.5	2 3V 1400 SK	C-3	SK	2 3/8	7/16	1/4	1 1/8	9/32	16.0
1 3V 1900 SK	19.00	18.95	C-3	SK	2 3/8	1/16	0	1 1/8	0	17.0	2 3V 1900 SK	C-3	SK	2 3/8	7/16	1/4	1 1/8	9/32	25.0
	25.00	24.95									2 3V 2500 SF	C-3	SF	2 3/8	7/16	1/4	2 1/8	1/32	28.0

* F = 3/4" para la polea 1 3V 800 SDS y para la 1 3V 1060 SDS, F = 13/16" para la polea 1 3V 1400 SK y para la 1 3V 1900 SK

☆ Las dimensiones E y M son nominales, pueden variar dependiendo de las tolerancias en los ejes. Las poleas tipo E están barrenadas para montaje reverso.

ANEXO VII PROPIEDADES DEL ACERO INOXIDABLE 304

APÉNDICE 6 PROPIEDADES DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Designación del material		Condición	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en pulgadas)
Número AISI	UNS		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
Aceros austeníticos							
201	S20100	Recocido	115	793	55	379	55
		1/4 duro	125	862	75	517	20
		1/2 duro	150	1030	110	758	10
		3/4 duro	175	1210	135	931	5
		Duro total	185	1280	140	966	4
301	S30100	Recocido	110	758	40	276	60
		1/4 duro	125	862	75	517	25
		1/2 duro	150	1030	110	758	15
		3/4 duro	175	1210	135	931	12
		Duro total	185	1280	140	966	8
304	S30400	Recocido	85	586	35	241	60
310	S31000	Recocido	95	655	45	310	45
316	S31600	Recocido	80	552	30	207	60
Aceros ferríticos							
405	S40500	Recocido	70	483	40	276	30
430	S43000	Recocido	75	517	40	276	30
446	S44600	Recocido	80	552	50	345	25
Aceros martensíticos							
410	S41000	Recocido	75	517	40	276	30
416	S41600	Q&T 600	180	1240	140	966	15
		Q&T 1000	145	1000	115	793	20
		Q&T 1400	90	621	60	414	30

ANEXO VIII FACTORES DE AJUSTE DE LA VIDA DEL RODAMIENTO

1) El factor n representa la probabilidad de fallo, es decir, la diferencia entre la fiabilidad requerida y el 100 %

Tabla 1

Valores para el factor de ajuste de la vida a_1

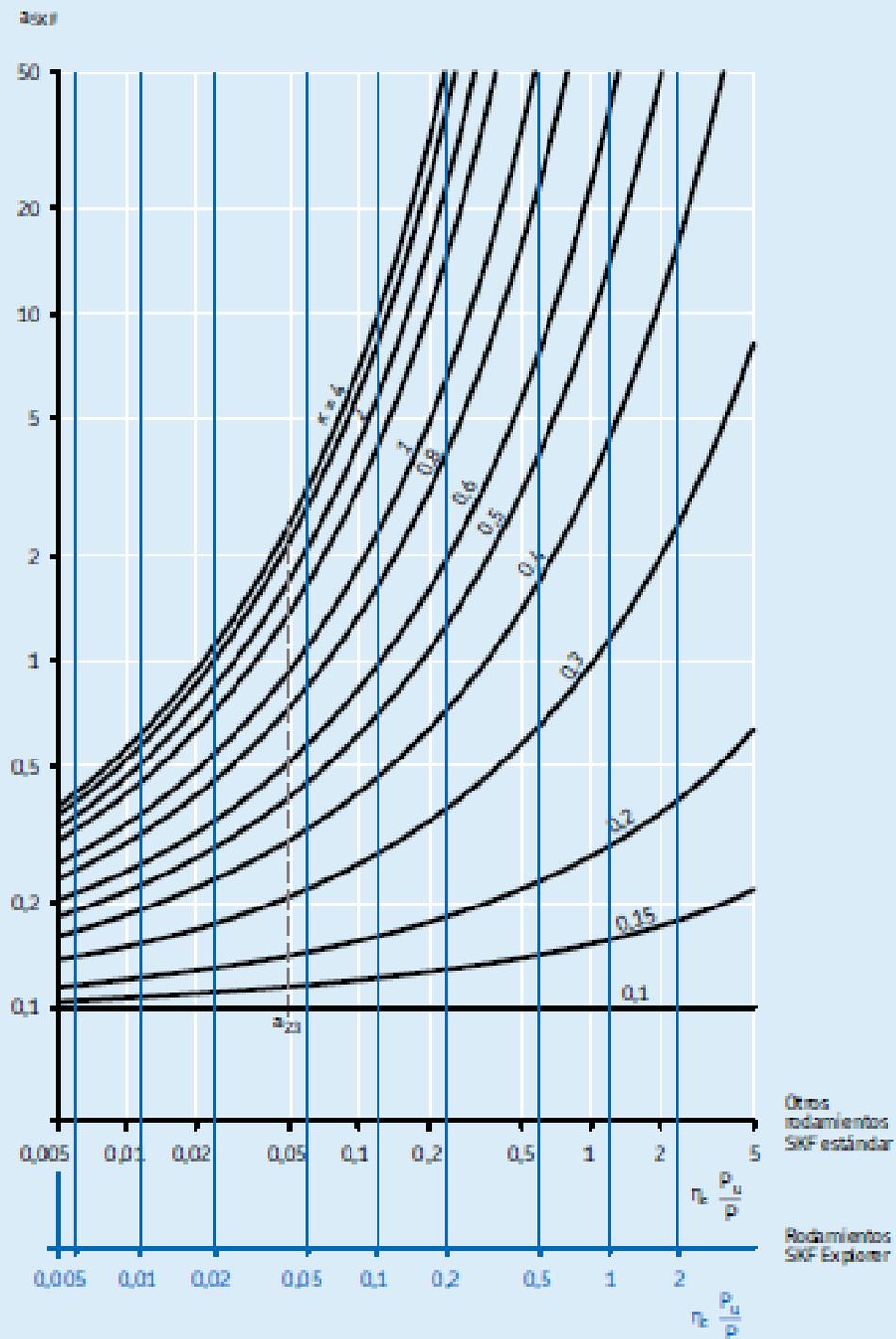
Fiabilidad %	Probabilidad de fallo n %	Vida nominal SKF L_{nm}	Factor a_1
90	10	L_{10m}	1
95	5	L_{5m}	0,62
96	4	L_{4m}	0,53
97	3	L_{3m}	0,44
98	2	L_{2m}	0,33
99	1	L_{1m}	0,21

SKF

Selección del tamaño del rodamiento

Diagrama 1

Factor a_{500} para rodamientos radiales de bolas

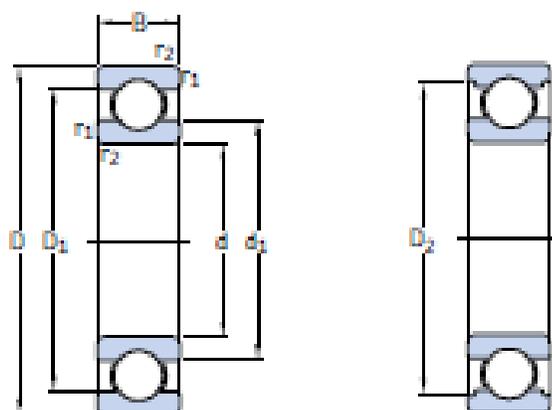


Si $\kappa > 4$, utilice la curva para $\kappa = 4$

Dado que el valor de $\eta_r \cdot (P_L/P)$ tiende a cero, a_{500} tiende a 0,1 para todos los valores de κ

La línea de puntos marca la posición de la antigua escala $a_{231}(\kappa)$, donde $a_{500} = a_{231}$

ANEXO IX CATALOGO DE RODAMIENTOS SKF



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_0	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm	kg	-	
25	37	7	4,36	2,6	0,125	38000	24000	0,022	61805
	42	9	7,02	4,3	0,193	36000	22000	0,045	61905
	47	8	8,06	4,75	0,212	32000	20000	0,060	* 16005
	47	12	11,9	6,55	0,275	32000	20000	0,080	* 6005
	52	9	10,6	6,55	0,28	28000	18000	0,078	98205
	52	15	14,8	7,8	0,335	28000	18000	0,13	* 6205
	52	15	17,8	9,8	0,40	28000	18000	0,12	6205 ETN9
	62	17	23,4	11,6	0,49	24000	16000	0,23	* 6305
	62	17	26	13,4	0,57	24000	16000	0,21	6305 ETN9
	80	21	35,8	19,3	0,82	20000	13000	0,53	6405
28	58	16	16,8	9,5	0,405	26000	16000	0,18	62/28
	68	18	25,1	13,7	0,585	22000	14000	0,29	63/28
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32000	20000	0,027	61806
	47	9	7,28	4,55	0,212	30000	19000	0,051	61906
	55	9	11,9	7,35	0,31	28000	17000	0,085	* 16006
	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	17000	0,12	* 6006
	62	10	15,9	10,2	0,44	22000	14000	0,12	98206
	62	16	20,3	11,2	0,48	24000	15000	0,20	* 6206
	62	16	23,4	12,9	0,54	24000	15000	0,19	6206 ETN9
	72	19	29,6	16	0,67	20000	13000	0,35	* 6306
	72	19	32,5	17,3	0,74	22000	14000	0,33	6306 ETN9
	90	23	43,6	23,6	1,00	18000	11000	0,74	6406
35	47	7	4,75	3,2	0,17	28000	18000	0,030	61807
	55	10	9,56	6,8	0,29	26000	16000	0,080	61907
	62	9	13	8,15	0,38	24000	15000	0,11	* 16007
	62	14	16,8	10,2	0,44	24000	15000	0,16	* 6007
	72	17	27	15,3	0,66	20000	13000	0,29	* 6207
	72	17	31,2	17,6	0,75	20000	13000	0,27	6207 ETN9
	80	21	35,1	19	0,82	19000	12000	0,46	* 6307
	100	25	55,3	31	1,29	16000	10000	0,95	6407

ANEXO X CATALOGO DE BANDAS TRANSPORTADORAS

Products datasheet



UPRO 2/13W-M

Schematic structure

6D: 392201



Belt Applications

General Conveying belt. Food Industry.

Fabric Information

Number of plies	2
Top fabric	Polyester monofilament, with lateral stability
Bottom fabric	Polyester monofilament, with lateral stability, antistatic

Basic technical data

Total thickness	1.3mm	0.051 in.
Weight	1.3kg/M ²	0.27 lbs./sq. ft.
Standard width	3200mm	126 in.
Tension for		
Tk elongation	6N/mm	34 lbs./in.

Belt support

Roller	Yes
Slider bed	Yes
Troughed	No

Minimum pulley diameter

Normal flexion	6mm	0.24 in.
Counter flexion	12mm	0.47 in.

Suggested joint methods

One ply finger

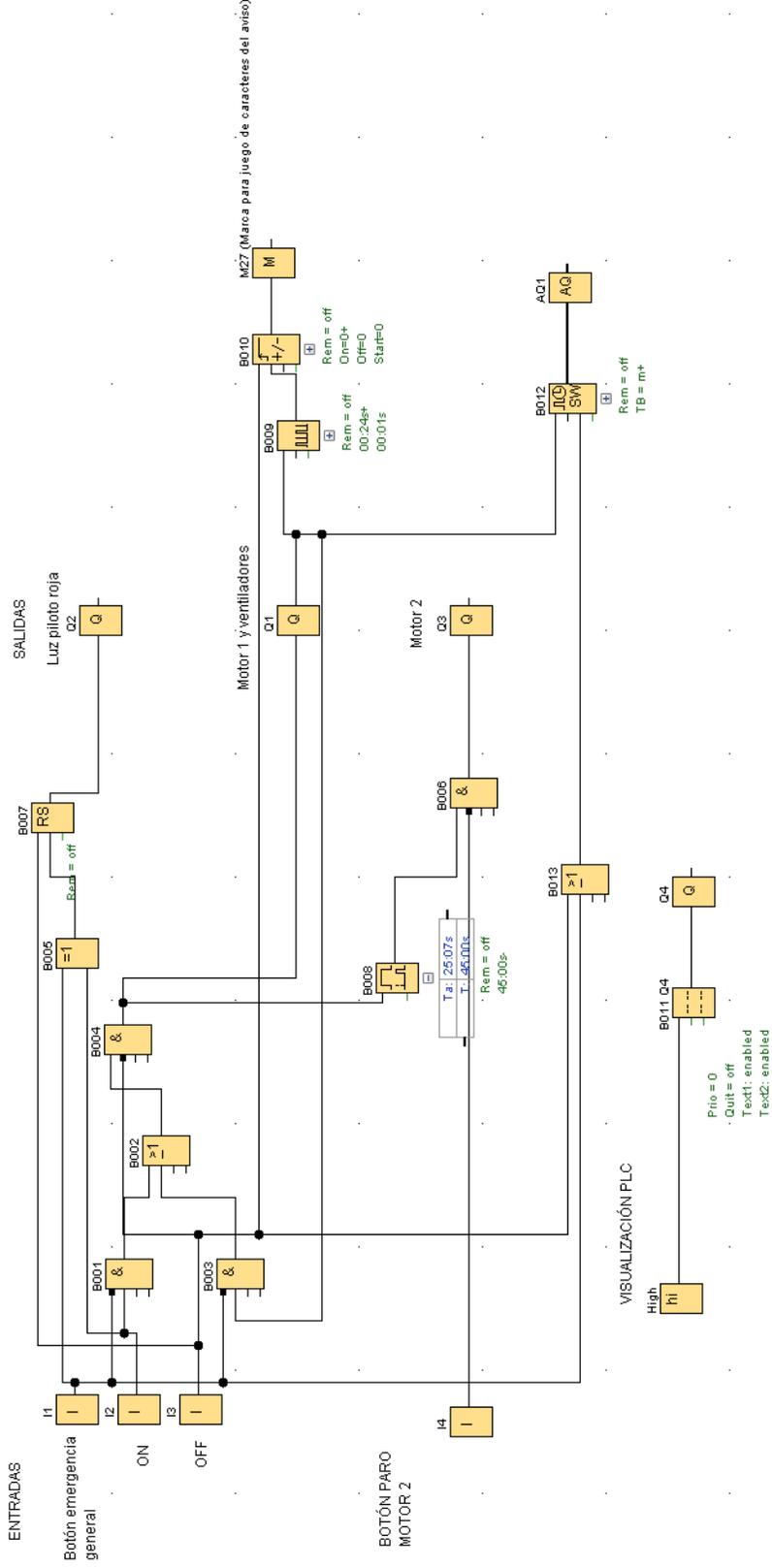
Detailed technical data

Top cover		
-Thickness	0.2mm	0.008 in.
-Material	Polyurethane	
-Hardness	ShoreA 86	
-Color	White	
-Surface	Matt finish	
Middle layer		
-Thickness	0.2mm	0.008 in.
-Material	Polyurethane	
-Hardness	ShoreA 86	
-Color	White	
Bottom cover		
-Material	Fabric impregnation PU	
-Color	Transparent	

Chemical resistant and other characteristics

- * Top cover permitted according to the FDA-prescriptions to paragraph 177.2800 for transport of all unpackage foodstuffs
- * Good resistance to animal, mineral and vegetable oil and fat
- * Good performance to go through the knife edge conveying
- * Temperature range of -20 °C to +80 °C

ANEXO XI PROGRAMACIÓN DE PLC-LOGO



ANEXO XII DIAGRAMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE																									
2	<p>The diagram illustrates a control circuit. It features a terminal block at the top with terminals labeled 1 through 11. A power source is connected to terminals 1 and 2. A relay with four contacts (1, 2, 3, 4) is connected to terminals 3 and 4. The relay's contact 1 is connected to a fan (Ventilador). Contact 2 is connected to a green pilot light (Luz piloto verde). Contact 3 is connected to another green pilot light (Luz piloto verde). Contact 4 is connected to a common terminal. The fan and pilot lights are connected to a common return line.</p>																																																							
3																																																								
4																																																								
5																																																								
6																																																								
7																																																								
8																																																								
9																																																								
10																																																								
11																																																								
12																																																								
13																																																								
14																																																								
15																																																								
16																																																								
17																																																								
18																																																								
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE																													DIAGRAMA ELECTRICOD GENERAL																											
Carrera de Ing. Mecatrónica																																																								
Diagrama de control																																																								
Autor: Jorge Luis Aldás Quiñgla														Fecha:																																										
														Revisado: Ing. Carlos Villarreal																																										

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE																									
1																																																								
2																																																								
3																																																								
4																																																								
5																																																								
6																																																								
7																																																								
8																																																								
9																																																								
10																																																								
11																																																								
12																																																								
13																																																								
14																																																								
15																																																								
16																																																								
17																																																								
18																																																								
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE																AUTOR: Jorge Luis Aldás Quiñga																																								
Carrera de Ing. Mecatrónica																Fecha:																																								
Diagrama de potencia																Revisor: Ing. Carlos Villarreal																																								

ANEXO XIII MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

ANEXO XVIII MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Manual de operación y mantenimiento

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA MÁQUINA PARA LA ELABORACIÓN DE CAMELOS PARA LA FÁBRICA “LA GOLOSINA”

2017

JORGE ALDÁS

Contenido

Introducción.....	267
-------------------	-----

Sección I

Información del producto.....	267
-------------------------------	-----

Ficha Técnica.....	267
--------------------	-----

Sección II

Preparación de Trabajo.....	269
-----------------------------	-----

Sección III

Operación.....	270
----------------	-----

Parada de emergencia del sistema.....	271
---------------------------------------	-----

Sección IV

Precauciones.....	272
-------------------	-----

Sección V

Aviso de Seguridad.....	273
-------------------------	-----

Aviso de Seguridad 1.....	272
---------------------------	-----

Aviso de Seguridad 2.....	274
---------------------------	-----

Aviso de Seguridad 3.....	274
---------------------------	-----

Sección VI

Mantenimiento de la máquina.....	275
----------------------------------	-----

Plan de Mantenimiento.....	277
----------------------------	-----

Lubricación de ruedas dentadas y cadenas de rodillos.....	279
---	-----

Ajuste de la tensión de las cadenas	279
---	-----

Lubricación del reductor.....	279
-------------------------------	-----

Introducción

Este manual contiene información sobre una máquina para la elaboración de caramelos para la fábrica “la golosina”, la cual describe el funcionamiento, inspección y mantenimiento de la máquina, así como las instrucciones de seguridad que deben respetarse durante estas operaciones.

SECCION I

Información sobre el producto

El producto que usted ha adquirido es una máquina para la elaboración de caramelos para la fábrica “la golosina” cuya función es compactar y dar forma a la masa, endurecerla y trocearla separando el producto final de los residuos.

Esta máquina consta de 3 sistemas: Sistema de Laminación, Ver ANEXO I (CIME-DIB-001), Sistema de Transporte y Enfriamiento Ver ANEXO I (CIME-DIB-002), y Sistema de Centrifugado Ver ANEXO I (CIME-DIB-003). En estos planos se mostrará más detalladamente las partes que conforman cada uno de los sistemas.

Ficha Técnica

- **Sistema de Laminación**

Dimensiones generales: largo 580mm, ancho 540 mm, alto 1310 mm

Peso aproximado: 52 kg

Temperatura ingreso de la masa: 60-65°C

Espesor de entrada de la masa: Máx. 50mm

Ajuste de espesor de la masa: por tornillo sinfín

Motor eléctrico monofásico 110/220V - 60 Hz, potencia 3/4 HP, velocidad 1700 rpm
(compartido con Sistema de Transporte y Enfriamiento)

Relación de transmisión 3:1

Transmisiones por cadena

Velocidad Angular de los rodillos: 8.31rpm

Botón paro de emergencia: parte anterior, superior derecha.

Sistema de Transporte y Enfriamiento

Dimensiones generales: largo 1230mm, ancho 545 mm, alto 1327 mm

Peso aproximado: 67 kg

Enfriamiento mediante 3 ventiladores tubulares+ 1 venterol

Banda de Poliuretano.

Motor eléctrico monofásico 110/220V - 60 Hz, potencia 3/4 HP, velocidad 1700 rpm
(compartido con Sistema de Laminación).

Relación de transmisión 3:1.

Transmisiones por cadena

Velocidad Angular de los rodillos: 8.31rpm.

Ajuste de la banda transportadora: tornillo sinfín.

Interruptor general: parte posterior, inferior derecha.

Botón paro de emergencia: parte posterior, inferior derecha.

Sistema de Centrifugado

Dimensiones generales: largo 1465mm, ancho 630 mm, alto 1170 mm

Peso aproximado: 80 kg

Tambor agujerado con paletas de Acero inoxidable 304

Motor eléctrico monofásico 110/220V - 60 Hz, potencia 1 HP, velocidad 17300 rpm
(compartido con Sistema de Laminación).

Reducción de velocidad de 17300 rpm a 50 rpm mediante poleas.

Transmisiones por bandas.

Velocidad Angular del tambor 50rpm.

Bandeja de Recolección de residuos de acero inoxidable 304.

Botón paro de emergencia: parte posterior, superior derecha.

SECCIÓN II

Preparación para el trabajo

1. Verificar que el interruptor general ubicado en la parte posterior inferior derecha del Sistema de Transporte y enfriamiento se encuentre en la posición de apagado.
2. Verificar que los rodillos de laminación, Ver ANEXO I (CIME-DIB-001-03) se encuentren limpios y sin residuos de caramelo utilizando agua temperada y detergente para vajilla.
3. Verificar que la Banda transportadora este tensada correctamente (tensión aproximada 95 N), verificándolo con un tensiómetro.
4. Verificar que la compuerta de inspección del tambor rotario Ver ANEXO I (CIME-DIB-003-14) esté cerrado.
5. Verificar que el tambor rotatorio Ver ANEXO I (CIME-DIB-003-14), bandeja de residuos Ver ANEXO I (CIME-DIB-003-17) y tobogán de caramelos Ver ANEXO I (CIME-DIB-

003-19), se encuentren limpios y sin residuos, utilizando agua temperada y detergente para vajilla.

6. Verificar que el botón de emergencia ubicado en cada Sistema se encuentren presionados; Ubicación: **SECCIÓN I** (Ficha Técnica).
7. Verificar que los guarda motores en el tablero de control (ubicado en la parte posterior inferior derecha del Sistema de Transporte y Enfriamiento) no se encuentren en la posición de apagado.
8. Verificar que el interruptor del venterol (ubicado en la parte frontal superior del Sistema de Transporte y enfriamiento), se encuentre en la posición de encendido.
9. Verificar que el paso de los rodillos para el laminado de caramelo Ver ANEXO I (CIME-DIB-001-03) no sobrepase los 2.5mm de separación entre ellos.
10. Verificar que la masa de caramelo se encuentre en una temperatura de 60-65°C antes de ingresar a la máquina, para lo cual se puede utilizar un termómetro de contacto exclusivo para alimentos.
11. El equipo se encuentra listo para comenzar la fabricación de caramelos

SECCIÓN III

Operación

1. Conectar la máquina a una toma de 110V.
2. Encender la máquina con el botón on/off, ubicado en la parte posterior inferior derecha del Sistema de Transporte y enfriamiento.
3. Ingresar la masa de caramelo en los rodillos Ver ANEXO I (CIME-DIB-001-03), con un espesor que no sobrepase lo 50mm.

4. Colocar antiadherente (harina) por la tolva, ubicada en la parte superior de los rodillos
Ver ANEXO I (CIME-DIB-001-03), en caso de ser necesario.
5. Ingresada la cinta de caramelo totalmente en el Sistema de centrifugado, esperar de 45-60 segundos para que el caramelo se trocee totalmente.
6. Sin apagar la máquina, abrir la compuerta ubicada en la parte frontal del Sistema de centrifugado, mediante el seguro ubicado en la parte derecha del mismo para la salida del producto Ver ANEXO I (CIME-DIB-003-06).
7. Apagar la máquina con el botón on/off ubicado en la parte posterior inferior derecha del Sistema de Transporte y enfriamiento.
8. Una vez apagada la máquina, retirar el producto restante que no haya salido por la compuerta.
9. Vaciar la bandeja de residuos en un recipiente adecuado para su reutilización.
10. Si es necesario detener la máquina durante el proceso, presionar el botón on/off y la máquina se parará.

Parada de emergencia del sistema

Si se suscita una emergencia por un posible accidente de aplastamiento o corte, se presiona el botón de parada de emergencia, el cual se encuentra ubicado en zonas estratégicas además de contar con un general en el tablero de control; Ubicación: **SECCIÓN I** (Ficha Técnica).

SECCIÓN IV

Precauciones

1. No tocar ningún sistema de transmisión (Bandas, Poleas, Cadenas, Catarinas) mientras la máquina esté en funcionamiento.
2. No introducir objetos en las cavidades del sistema de transmisión.
3. No introducir la mano en los rodillos Ver ANEXO I (CIME-DIB-001-03) cuando la máquina esté funcionando.
4. No introducir la mano u otros objetos en los ventiladores o venterol.
5. No introducir la mano en las puertas delanteras y traseras del Sistema de Centrifugado, Ver ANEXO I (CIME-DIB-003-06, CIME-DIB-003-08, CIME-DIB-003-09).
6. No levantar la tapa superior Ver ANEXO I (CIME-DIB-003-01) del Sistema de Centrifugado mientras la máquina esté funcionando
7. No ingresar la mano u objetos extraños en el tambor rotatorio Ver ANEXO I (CIME-DIB-003-14), mientras la máquina se encuentre en funcionamiento.
8. No mojar las partes eléctricas de los diferentes sistemas.
9. Si nota alguna variación en el funcionamiento de la máquina de caramelos, apague la máquina y llame al técnico para su revisión pertinente.

SECCIÓN V

Avisos de seguridad

Esta sección contiene información sobre distintas señales de advertencia y su ubicación exacta en la máquina. Familiarícese con todas las señales de advertencia.

Si las señales no son visibles por suciedad, limpie el área con un trapo ligeramente húmedo con agua, no utilice excesiva agua ni disolventes ya que puede despegar el adhesivo.

Aviso de Seguridad 1



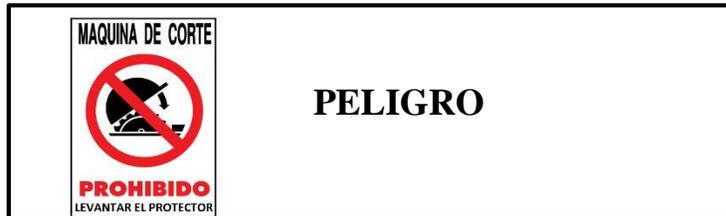
No opere este producto ni trabaje en él hasta que haya leído y comprendido todas las instrucciones y señales de advertencias que se encuentran en el Manual de Operación y Mantenimiento. Si no se hace caso a las instrucciones y a las señales de advertencia, puede producirse accidentes leves y graves.

Esta etiqueta está ubicada en la salida de la masa a través del molino, lugar que es totalmente visible.

Aviso de Seguridad 2

En esta zona usted puede sufrir aplastamiento si introduce cualquier extremidad. Si no se hace caso a las instrucciones y a las señales de advertencia que se encuentran en el Manual de Operación y Mantenimiento, puede producirse accidentes leves y graves.

Esta etiqueta está ubicada en el sistema de laminación y formado.

Aviso de Seguridad 3

En esta zona usted puede sufrir cortes si introduce cualquier extremidad. Si no se hace caso a las instrucciones y a las señales de peligro que se encuentran en el Manual de Operación y Mantenimiento, puede producirse accidentes leves y graves.

Esta etiqueta está ubicada en el sistema de centrifugado.

SECCIÓN VI

Mantenimiento de la Máquina

Antes de efectuar tareas de mantenimiento, sean estas preventivas o correctivas, se debe interrumpir el suministro de energía eléctrica mediante el interruptor general ubicado en la parte posterior inferior derecha del Sistema de Transporte y enfriamiento.

Tabla 6.1 Mantenimiento de la máquina

PARTE	PASOS	DETALLE
Estructura de la maquina	<ul style="list-style-type: none"> - Observar que no exista oxido en las partes metálicas de la máquina. - Revisar que no exista de soldaduras ocasionadas por el uso. 	En caso de existir oxidación en la maquina proceder a lijar y pintar con pintura epóxica.
Sistema de laminación.	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar que el sistema se encuentre posicionado correctamente. - Limpiar cadenas, piñones, catarinas y lubricar (la lubricación se puede realizar mensualmente). 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar el funcionamiento de la Catarina / piñón. Limpiar y lubricar. - Revisar que el motor no tenga temperatura y vibración excesiva. - Verificar que la cadena se encuentre tensionada correctamente.

Sistema de transporte y enfriamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar que no exista pandeo de la banda. - Verificar que la banda se encuentre centrada. - Verificar que los ventiladores se encuentren funcionando. 	<ul style="list-style-type: none"> - Templar la banda hasta observar que no existe pandeo. - Nivelar la banda.
Sistema de centrifugado	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar que la compuerta este cerrado. - Verificar que no exista residuos de producto en el tambor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limpiar el tambor, la bandeja de residuos y el tobogán con agua de preferencia tibia.
Ajuste general	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar que todos los elementos se encuentren centrados y fijos a la estructura de la máquina. - Verificar posibles contaminantes. 	<ul style="list-style-type: none"> - En caso de haber pernos y tuercas flojas, centrarlas y ajustar.

Plan de mantenimiento

Se debe tener un mantenimiento continuo de la máquina ya que esta se encuentra en contacto con masa, la cual contiene líquidos que pueden ocasionar daños a largo plazo a la estructura si no se lleva un Plan de Mantenimiento como se muestra en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2 Plan de Mantenimiento

DESCRIPCION	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL
BANDAS Y POLEAS			X		
MOTOR				X	
CABLES ELECTRICOS	X				
REAUJUSTE DE PERNOS			X		
RODAMIENTOS				X	

LIMPIEZA
GENERAL DE
PARTES

VACIADO **X**
BANDEJA DE
RESIDUOS

LIMPEZA DE **X**
VENTILADORES
Y VENTEROL

LIMPIEZA **X**
BANDA DE
POLIURETANO

Lubricación

DESCRIPCION	TRIMESTRAL	ANUAL	LUBRICANTE
Rodamientos		X	Grasa LGHP2
Motor-Rodamientos		X	Grasa LGHP2

Venterol-Rodamientos	X	Grasa LGHP2
Catarinas-Cadenas	X	Grasa LGHP2

Lubricación de ruedas dentadas y cadenas de rodillos

Las cadenas de transmisión deben mantenerse lubricadas con Grasa LGHP2. La aplicación del lubricante se hace en forma manual, ya sea con pincel o con aceitera, y con una periodicidad de 90 días. La aplicación del lubricante debe efectuarse estando la cadena limpia de suciedad y en el espacio que permite el juego entre placas interiores y exteriores.

Ajuste de la tensión de las cadenas

El alargamiento de las cadenas es consecuencia del desgaste en funcionamiento. Un alargamiento excesivo puede causar vibraciones y ruido en la transmisión, e incluso que la cadena salte. Para acceder a las cadenas y sus tensores se debe extraer la tapa lateral que está ubicada en la parte lateral izquierda y verificar que su tensión sea aproximadamente de 3700lbf.

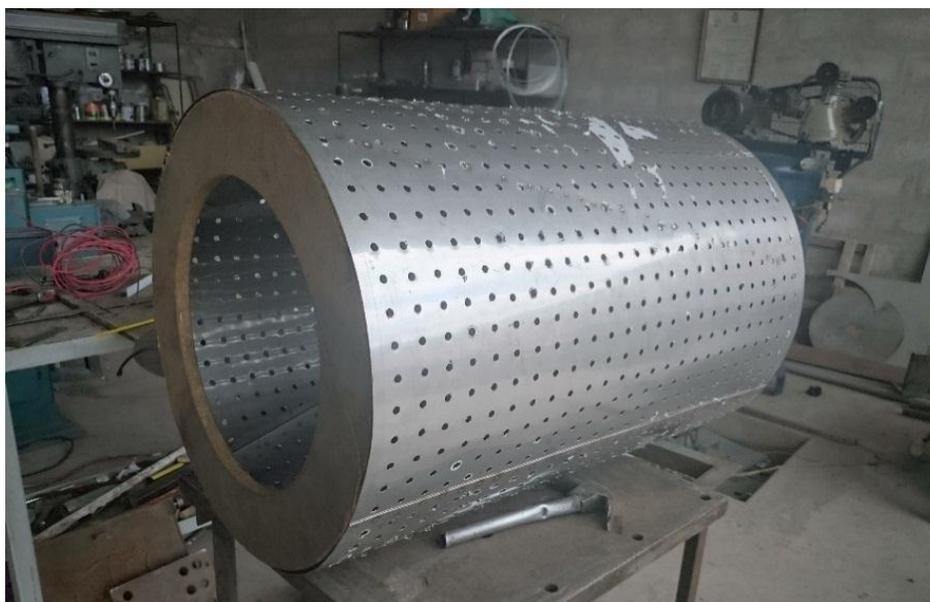
Lubricación del reductor

El reductor de velocidad se lubrica por medio de aceite que se encuentra cargado en su cárter. Periódicamente debe verificarse que el nivel de aceite sea el correcto, y en caso de ser necesario se repondrá nivel, utilizando el aceite recomendado por el fabricante del reductor. Para ello se consultará la ficha técnica del mismo.

**ANEXO XIV DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE DE LA MÁQUINA PARA
ELABORACIÓN DE CAMELOS ARTESANALES.**



Estructura y soporte del Sistema de Centrifugado



Tambor Rotatorio con perforaciones para desalajo de desperdicios y aspas



Montaje de las Poleas y eje de transmisión



Entrada y salida del caramelo



Bandeja de recolección de desperdicios



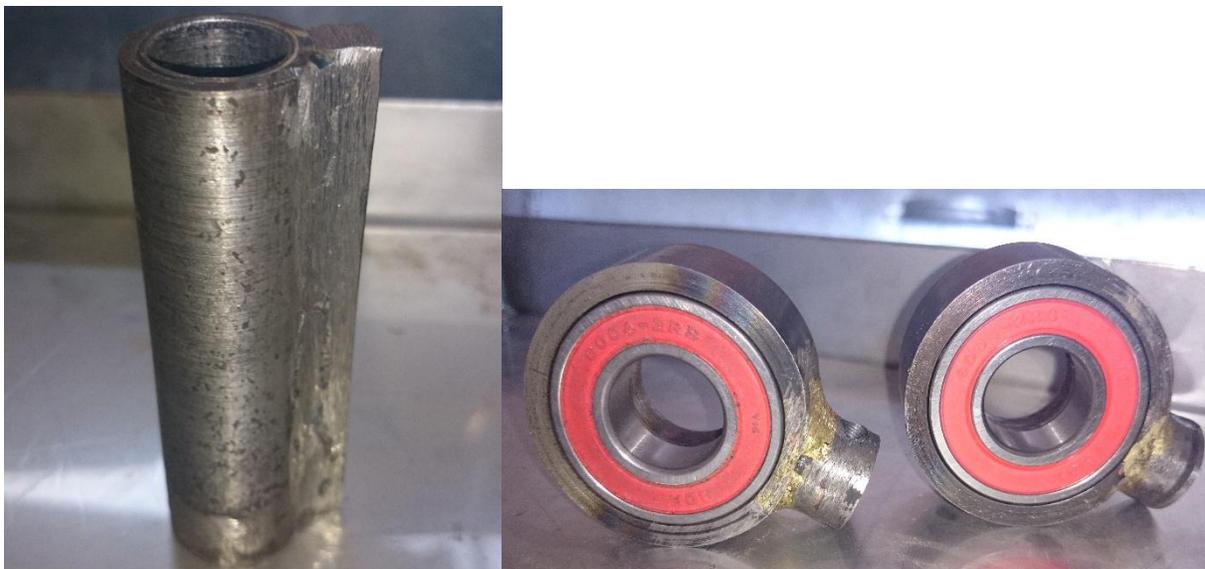
Sistema de centrifugado completo



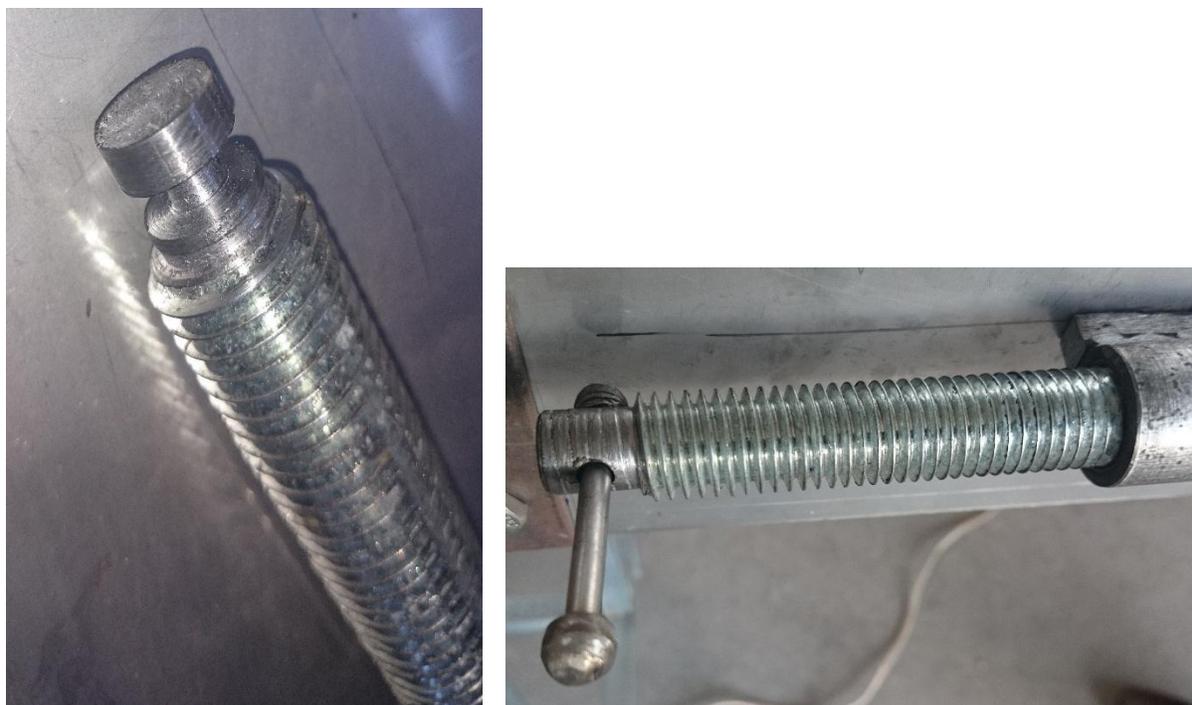
Estructura de la Banda Transportadora



Torneado y desbaste de los rodillos



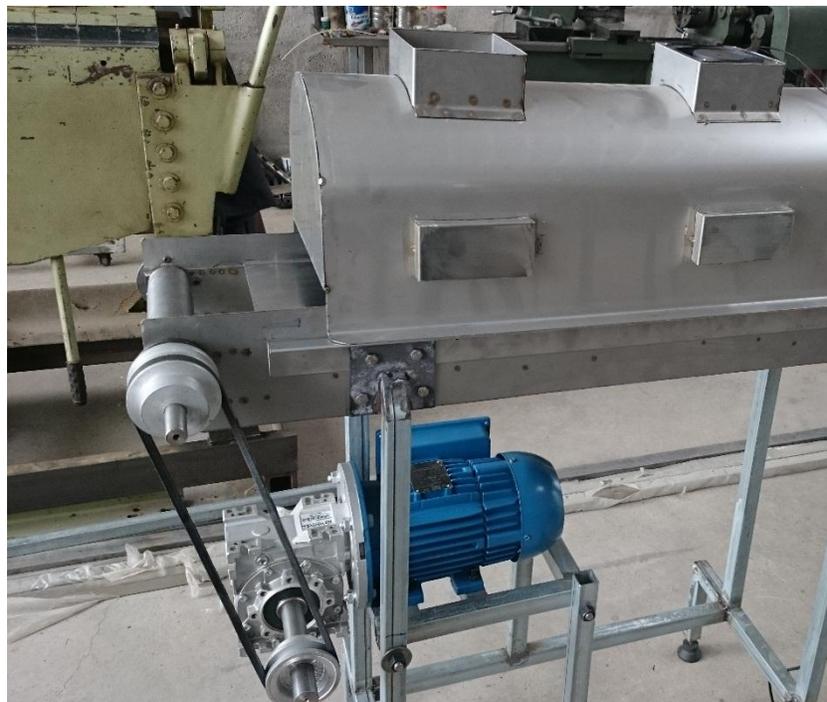
Bocín A y Bocín B



Tornillos tensores



Rodillos Tensores



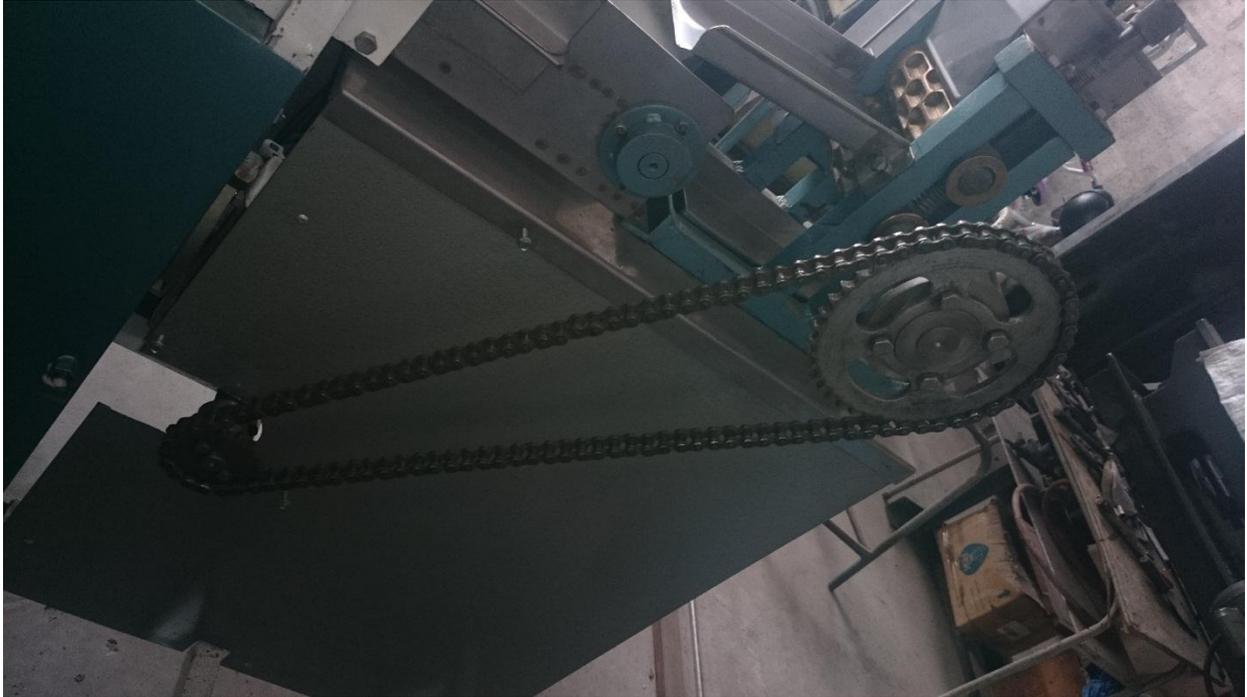
Montaje del motor eléctrico en la Banda Transportadora



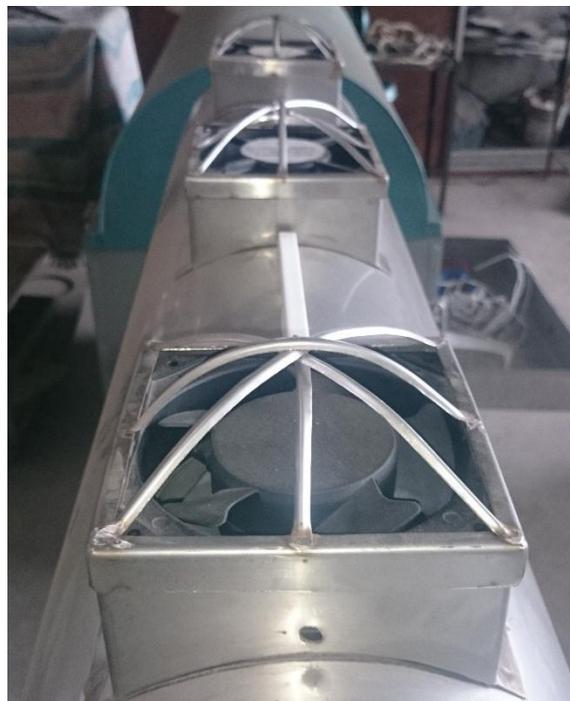
Soporte para los rodillos laminadores



Engranés para transmisión del motor a los rodillos



Transmisión por cadena



Protecciones de seguridad en ventiladores