

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS MECÁNICOS**

**TEMA:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CORTADORA DE
MANZANAS, PLÁTANOS, PIÑA Y PAPAYA CON DIMENSIONES DE 40
cm. x 40 cm. x 150 cm. PARA LA EMPRESA EL SALINERITO.**

**AUTORES:

LÓPEZ JIBAJA LONNY FERNANDO
VINTIMILLA ESPINOSA BERNABÉ SEBASTIÁN**

**TUTOR:

ING. LARCO CALVACHE ENRIQUE FERNANDO**

Quito, marzo 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Lonny Fernando López Jibaja y Bernabé Sebastián Vintimilla Espinosa con documentos de identidad N° 1717448219 y 1720847415 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CORTADORA DE MANZANAS, PLÁTANO, PIÑA Y PAPAYA CON DIMENSIONES DE 40CM X 40CM X 150 CM PARA LA EMPRESA SALINERITO”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Mecánicos en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores, nos reservamos los derechos morales de la obra citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en forma impresa y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Lonny Fernando López Jibaja

CI 171744821-9



Bernabé Sebastián Vintimilla Espinosa

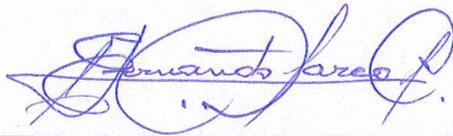
CI 172084741-5

Quito, marzo 2019

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi asesoría y dirección fue desarrollado el trabajo de titulación, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CORTADORA DE MANZANAS, PLÁTANOS, PIÑAS Y PAPAYAS CON DIMENSIONES DE 40 CM X 40 CM X 150 CM PARA LA EMPRESA EL SALINERITO” realizado por Lonny Fernando López Jibaja y Bernabé Sebastián Vintimilla Espinosa, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación

Quito, marzo 2019



Ing. Larco Calvache Enrique Fernando

C.I. 170413355-0

DEDICATORIA

A Dios por permitirme culminar una etapa más de mi vida , de muchas que serán, a mis padres Fernando López y Luby Jibaja que con sus consejos y sus valores permitieron que pueda ser cada día mejor, mis hermanos Joss-Thomas, Roy y Marcus que con sus palabras lograron dar ánimos a todo lo que realizaba, estuvieron cuando más los necesitaba y supieron responder de la mejor manera, mi mayor inspiración y que siempre será para toda la vida; a mi hija Isabella López la persona que me da fuerzas para lograr todo lo que me propongo.

Lonny

Le dedico a mi madre por apoyarme incondicionalmente, a todos mis amigos y conocidos gracias por creer en mí y en mi trabajo. A mis profesores por guiarme en el camino correcto y corregirme cuando me descarrilaba.

Bernabé

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica Salesiana, a los docentes y autoridades que conforman la carrera de Ingeniería Mecánica por brindarnos sus conocimientos y valores adquiridos en el transcurso de su experiencia. Al Ingeniero Fernando Larco tutor del proyecto que con su experiencia y conocimientos se hizo posible la realización del proyecto. A la empresa SALINERITO que con sus necesidades se pudo realizar la construcción de la máquina cortadora de frutas mediante las autoridades de la empresa.

Índice

Glosario	1
Introducción	3
Abstract	4
Objetivos	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
Descripción del problema	6
CAPITULO 1	7
Fundamentos Teóricos	7
1.1 Proceso para la producción de frutas deshidratadas	7
1.2 Propiedades de las frutas	7
1.2.1 Plátano	8
1.2.2 Manzana	9
1.2.3 Piña	10
1.2.4 Papaya hawaiana	11
1.3 Elementos que contiene la máquina cortadora de frutas	12
1.3.1 Estructura	12
1.3.2 Motor	14
1.3.3 Poleas	15
1.3.4 Bandas	15
1.4 Tipos de corte y máquina que lo realiza	15
1.4.1 Corte manual	15
1.4.2 Corte tipo troquel con máquina troqueladora	16
1.4.3 Corte circular con cortadora Eléctrica	16
1.4.4 Corte por empuje en dado con cortadora de dados:	17
1.4.5 Cortadora con banda de alimentación (corte circular):	17

1.5 Materiales	18
1.5.1 Acero inoxidable	18
1.5.2 Acero AISI 304	18
1.5.3 Acero AISI 316	19
1.5.4 Acero AISI 410	19
CAPÍTULO 2	21
Alternativas	21
2.1 Criterios de selección	21
2.1.1 Materiales	21
2.1.2 Costos	21
2.1.3 Tipo de corte	21
2.1.4 Mantenimiento	21
2.1.5 Seguridad	21
2.1.6 Capacidad	21
2.2 Alternativa 1: Cortadora tipo troquel	22
2.3 Alternativa 2: Cortadora eléctrica con sierra circular	23
2.4 Alternativa 3: Cortadora con banda de alimentación	24
2.5 Análisis de alternativas	25
2.6 Selección de la mejor alternativa	27
CAPÍTULO 3	28
Diseño	28
3.1 Fuerza necesaria para el corte de las frutas	29
3.2 Fórmulas	34
3.3 Cálculo del espesor de cuchillas	38
3.4 Torque generado por el corte del producto	38
3.5 Selección del material para las cuchillas	38
3.6 Selección de la chumacera	38

3.7 Cálculo de la resistencia a la fluencia en cortante	39
3.8 Cálculo del esfuerzo máximo cortante.....	39
3.9 Inercia Rotacional	40
3.10 Cálculo de velocidad de giro	40
3.11 Cálculo de poleas	41
3.12 Transmisión de bandas	43
3.13 Selección de motor	44
3.14 Velocidad tangencial de la banda.....	44
3.15 Tensión de banda 1	45
3.16 Torque de la banda 1.....	46
3.17 Tensión de banda 2.....	46
3.18 Torque de la banda 2.....	47
3.19 Cálculo de ejes bajo cargas estáticas	48
3.20 Cálculo estático de bastidor	50
CAPITULO 4.....	58
Costos	58
4.1 Costos directos	58
4.1.2 Costos de materia prima	58
4.1.2.1 Costos de materiales	58
4.1.3 Costos de mano de obra directa	61
4.2 Costos indirectos.....	63
4.2.1 Costos adicionales.....	63
4.2.2 Costos de diseño.....	63
4.2.3 Costo total de la máquina	63
4.3 Cálculo del VAN y TIR	65
CAPITULO 5.....	68
Construcción y resultados.	68

5.1 Construcción	68
5.1.1 Proceso de construcción.....	68
5.2 Ensamble	73
5.3 Pruebas y capacidad del equipo.....	77
5.3.1 Análisis de la empresa con corte manual	77
5.3.2 Análisis de tiempo de corte con la máquina	77
5.3.3 Pruebas de corte	81
5.3.4 Evaluación de la maquina cortadora de frutas	83
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES.....	86
REFERENCIAS:.....	87
ANEXOS:.....	92
MANUAL DE LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.....	119

Índice de figuras

Fig. 1 Flujograma de producción	7
Fig. 2 Partes de una platanera	8
Fig. 3 Manzanas	10
Fig. 4 Papaya hawaiana.....	12
Fig. 5 Descripción del proceso	13
Fig. 6 Corte manual.....	15
Fig. 7 Cortadora tipo troquel.....	16
Fig. 8 Cortadora eléctrica con cuchilla giratoria.....	17
Fig. 9 Cortadora de dado.....	17
Fig. 10 Cortadora con banda de alimentación.	18
Fig. 11 Funcionamiento cortadora tipo troquel.....	22
Fig. 12 Funcionamiento cortadora circular	23
Fig. 13 Funcionamiento de cortadora con banda de alimentación.....	24
Fig. 14 Modelo de la máquina a construir.	28
Fig. 15 Esquema del disco de cuchillas o corte	29
Fig. 16 Elementos para la práctica	29
Fig. 17 Manzana con un peso de 0.1Kg.....	30
Fig. 18 Plátano con un peso de 0.09Kg	30
Fig. 19 Piña con un peso de 0.15Kg	30
Fig. 20 Papaya con un peso de 0.1Kg.....	31
Fig. 21 Tipos de bandas	37
Fig. 22 Disposición de poleas	42
Fig. 23 Transmisión de bandas	43
Fig. 24 Tensión de bandas.	45
Fig. 25 Diagrama de funcionamiento.....	48
Fig. 26 Diagrama de fuerzas y momentos	49
Fig. 27 Diagrama de cuerpo libre	51
Fig. 28 Diagramas de cuerpo libre en vistas frontal y lateral	51
Fig. 29 Reacciones	52
Fig. 30 Gráfica S-N.....	57
Fig. 31 Vigas y Columnas.....	68
Fig. 32 Vigas laterales y entrelazadas.....	69

Fig. 33 Soporte del motor	69
Fig. 34 Cuchilla.....	70
Fig. 35 Plato Porta cuchillas	70
Fig. 36 Eje principal.....	71
Fig. 37 Eje secundario.....	71
Fig. 38 Tapa posterior tolva	72
Fig. 39 Tolva de alimentación	72
Fig. 40 Tolva de expulsión.....	72
Fig. 41 Bandeja	73
Fig. 42 Cubierta eje principal.....	73
Fig. 43 Perforaciones en bastidor.....	74
Fig. 44 Plato y cuchillas.....	74
Fig. 45 Bastidor con poleas, ejes y plato	75
Fig. 46 Conjunto con bandas	75
Fig. 47 Conjunto con paneles.....	76
Fig. 48 Resultado de la fuerza de corte en el eje primario.....	92
Fig. 49 Resultados de la fuerza de corte en el plano YZ.	92
Fig. 50 Resultados del momento de flexión.	92
Fig. 51 Resultados de momento de flexión en el plano YZ.....	93
Fig. 52 Resultado de deflexión del eje primario.	93
Fig. 53 Resultado de deflexión del eje primario en el plano YZ.	93
Fig. 54 Resultado del esfuerzo cortante.....	94
Fig. 55 Resultado del esfuerzo cortante en el plano YZ.	94
Fig. 56 Resultado de la fuerza de corte en el eje secundario.	95
Fig. 57 Resultado de la fuerza de corte en el plano YZ.	95
Fig. 58 Resultado del momento de flexión.	95
Fig. 59 Resultado del momento de flexión en el plano YZ.	96
Fig. 60 Resultado de la deflexión del eje secundario.....	96
Fig. 61 Resultado de la deflexión en el plano YZ.....	96
Fig. 62 Resultado del esfuerzo cortante.....	97
Fig. 63 Resultado del esfuerzo cortante en el plano YZ.	97
Fig. 64 Desplazamiento crítico	98
Fig. 65 F_x	98
Fig. 66 F_y	99

Fig. 67 F_z	99
Fig. 68 M_x	100
Fig. 69 M_y	100
Fig. 70 M_z	101
Fig. 71 S_{max}	101
Fig. 72 S_{min}	102
Fig.73 $S_{max} (M_x)$	102
Fig. 74 $S_{min} (M_x)$	103
Fig. 75 $S_{max} (M_y)$	103
Fig. 76 $S_{min} (M_y)$	104
Fig. 77 S_{axial}	104
Fig. 78 T_x	105
Fig. 79 T_y	105
Fig. 80 T	106

Índice de tablas

Tabla 1 Propiedades del plátano	8
Tabla 2 Propiedades fisicoquímicas del plátano para diferentes estados de madurez	9
Tabla 3 Propiedades de la manzana	10
Tabla 4 Propiedades fisicoquímicas de la piña	11
Tabla 5 Propiedades fisicoquímicas de la papaya.....	12
Tabla 6 Propiedades mecánicas de AISI 304	19
Tabla 7 Propiedades mecánicas de AISI 316	20
Tabla 8 Propiedades mecánicas AISI 410.....	20
Tabla 9 Criterios de ponderación	26
Tabla 10 Análisis de Alternativas	27
Tabla 11 Medidas de la manzana	32
Tabla 12 Medidas del plátano	32
Tabla 13 Medidas de la papaya	33
Tabla 14 Medidas de la piña	33
Tabla 15 Momentos de inercia del plato	40
Tabla 16 Momentos de inercias de las cuchillas	40
Tabla 17 Reacciones bastidor.....	53
Tabla 18 Sumario de resultados	54
Tabla 19 Costos de materia prima utilizada	59
Tabla 20 Costos de materiales normalizados	60
Tabla 21 Costos de mano de obra empleada	62
Tabla 22 Costo total de la máquina.....	64
Tabla 23 Flujo de ingresos	65
Tabla 24 Flujo de egresos	65
Tabla 25 Flujo de efectivo neto.....	66
Tabla 26 Tiempo de corte manual para la manzana.....	78
Tabla 27 Tiempo de corte de la manzana con la máquina	78
Tabla 28 Tiempo de corte manual para el plátano	78
Tabla 29 Tiempo de corte para el plátano con la máquina.....	78
Tabla 30 Tiempo de corte manual para la piña	79
Tabla 31 Tiempo de corte para la piña con la máquina	79
Tabla 32 Tiempo de corte manual para la papaya.....	80

Tabla 33 Tiempo de corte para la papaya con la máquina	80
Tabla 34 Tiempo total de corte	80
Tabla 35 Pruebas con manzanas.....	81
Tabla 36 Pruebas con plátanos	82
Tabla 37 Pruebas con piñas	82
Tabla 38 Pruebas con papayas	83

Glosario

Bastidor: Es una estructura combinada entre vigas largas y vigas transversales donde se fijan todos los grupos mecánicos y elementos [1].

Carga estática: Es la operación estacionaria de una fuerza o un momento que llega a actuar sobre algún objeto. Para la fuerza o momento lleguen a ser estacionarios o estáticos tienen que tener magnitud, dirección y puntos de aplicación que no tiendan a variar el tiempo [2].

Chumacera: Pieza de metal o madera que soporta el giro de un eje con un orificio en el cual descansa el mismo [3].

Corrosión: Se define como el daño que ejerce a un material por el deterioro que da un efecto de un ataque electroquímico por su entorno [4].

Corrosión por tensión: Es la rotura que se produce la corrosión específica y por las combinaciones de efectos de tensión que llegan al metal [5].

Ductilidad: Propiedad que poseen diferentes materiales, siendo los más comunes los materiales asfálticos o aleaciones metálicas que bajo la acción de una fuerza, pueden llegar deformarse plásticamente de manera razonable sin romperse [6].

Energía cinética: Se define como la energía asociada que tienen los cuerpos que se encuentran en movimiento, depende de la masa y de la velocidad del cuerpo [7].

Ferrita: Es la solución sólida del carbono dentro de la estructura cristalina del hierro puro.

Grado alimenticio: Material que no debe:

- Permitir el desplazamiento de sustancias que son nocivas o transmitir colores, olores o sabores a los alimentos
- Ser "duradero, resistente a la corrosión y no absorbente"
- Poseer suficiente "peso y grosor para resistir lavados repetidos"
- Ser "acabado para tener una superficie lisa y fácil de limpiar"
- Tener resistencia a "picaduras de astillado, rasguño, rayado, distorsión y descomposición"

Límite de fatiga: Es el esfuerzo fluctuante máximo que puede llegar a soportar un material durante un número infinito de ciclos [8].

Martensita: Es una fase meta estable compuesta por hierro que este sobre saturada con carbono y que es el producto de una transformación sin difusión de la austenita.

Punzón: Es una artilugio de acero, que puede tener forma cilíndrica o prismática, con el cual, se presiona desde la punta opuesta a la superficie que se quiere empujar desde una distancia segura.

Relación de transmisión: Se define la relación de transmisión, como el cociente que se tiene entre la velocidad de salida y la velocidad de entrada o también al cociente entre el número de dientes del engranaje del motor y el número de dientes del engranaje conducido [9].

Resistencia a la fluencia: Esfuerzo máximo necesario para inducir una cantidad especificada de fluencia en un período específico. Se lo puede utilizar para describir la tensión máxima que genera a un material a temperatura constante por la cual su velocidad de fluencia disminuye con el tiempo [10].

Solidificación: Es el procedimiento para lograr que un líquido se vuelva sólido y así poder definirse como solidificación como un proceso de tipo físico que realiza un cambio de estado de la materia [11].

Sólidos solubles: Es aquel que tiende a formar un sistema homogéneo con otros sólidos.

Tasa interna de retorno (TIR): Es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Se puede definir como el porcentaje del beneficio o pérdida que tendrá la inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto [12].

Tolva: Es un elemento que tiene similitud a un embudo con un gran tamaño que se lo puede destinar a un depósito y canalización que pueden tener materiales granulares o pulverizantes, se los puede montar sobre un chasis que tengan el trabajo de transportar [13].

Valor actual neto (VAN): Criterio de inversión que consiste en restablecer los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión [14].

Introducción

El presente proyecto tiene como fin el diseño y construcción de una máquina cortadora de plátanos, manzanas, piñas y papayas, enfocado en mejorar el proceso de corte para optimizar los tiempos de trabajo existentes, con lo que se puede aumentar la productividad de la micro empresa **EL SALINERITO** ubicada en la parroquia Salinas, cantón Guaranda, provincia Bolívar.

En el capítulo uno se detalla cada uno de los productos anteriormente mencionados y se analiza su contextura y valor nutricional, a su vez se citará los tipos de máquinas cortadoras que existen en el campo alimenticio y los materiales que se van a utilizar para construir la máquina.

En el capítulo dos se selecciona la alternativa más adecuada para la construcción de la máquina cortadora con los requerimientos específicos como son costos, mantenimiento, esfuerzos a los que estará sometida la máquina, material que se requiere para procesos alimenticios, facilidad de construcción, etc.

En el capítulo tres se desarrolla los cálculos necesarios para el diseño de la máquina con el tipo de material seleccionado para este caso. La máquina estará constituida por un porta cuchillas que tendrá dos cuchillas de acero AISI 400 que está diseñada para cortar las frutas que requiera y así obtener un corte adecuado; se tendrá un proceso semi-automático de corte.

En el capítulo cuatro se presentan los costos de construcción y capacidad de producción dentro de la empresa EL SALINERITO para comparar el tipo de corte anterior al actual que se tiene con la máquina.

En el capítulo cinco se realiza el proceso de construcción y resultados de mejoramiento de la producción.

Palabras claves: cuchillas, contextura, frutas, cálculos, producción.

Abstract

The purpose of this project is the design and construction of a cutting machine for bananas, apples, pineapples and papayas, focused on improving the cutting process to optimize the existing work times, which can increase the productivity of the micro company EL SALINERITO located in the Salinas parish, Guaranda canton, Bolívar province.

In chapter one each of the aforementioned products is detailed and their texture and nutritional value are analyzed, in turn, the types of cutting machines that exist in the food field and the materials that will be used to build the machine .

In chapter two the most suitable alternative for the construction of the cutting machine is selected with the specific requirements such as costs, maintenance, efforts to which the machine will be subjected, material that is required for food processes, ease of construction, etc.

In chapter three the necessary calculations for the design of the machine are developed with the type of material selected for this case. The machine will be constituted by a blade holder that will have two blades of AISI 400 steel that is designed to cut the fruits that it requires and thus obtain an adequate cut; There will be a semi-automatic cutting process.

Chapter four presents the costs of construction and production capacity within the company EL SALINERITO to compare the type of cut before the current one with the machine.

In chapter five the process of construction and results of improvement of production is carried out.

Keywords: blades, contexture, fruits, calculations, production.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar y construir una máquina cortadora de manzanas, plátanos, piña y papaya con dimensiones de 40 cm x 40 cm x 150 cm para la empresa EL SALINERITO.

Objetivos específicos

- Analizar y estudiar los procesos de corte de frutas comprobando el estado de producción actual de la empresa.
- Seleccionar la alternativa más adecuada para mejorar los procesos de producción mediante la construcción de un cortador de frutas.
- Diseñar y construir una cortadora de frutas manual.
- Evaluar mediante pruebas el funcionamiento y capacidad del equipo
- Analizar la rentabilidad de la cortadora de frutas comparando la producción actual con la deseada y los costos referenciales de la máquina.

Descripción del problema

En la comunidad de la parroquia Salinas, cantón Guaranda, ubicado en la provincia de Bolívar, se encuentra ubicada la empresa de “EL SALINERITO”, que ofrece productos de frutas deshidratadas en conserva, que comercializan dentro y fuera de la provincia.

Se ha podido observar que el corte de frutas que tienen pequeñas y medianas empresas, se lo efectúa manualmente con riesgos laborales, lo que genera pérdidas del producto, económicas y laborales con el bajo rendimiento de producción que puede llevar al fracaso de la empresa.

En el proceso existen tres personas: al ingresar la materia prima a las instalaciones, se da inicio tres fases de trabajo, el primero es el pelado, el segundo es el corte y el último el deshidratado de las frutas; en cada proceso los tres operarios se dedican a cada fase de trabajo por lo que existe mucho tiempo para que salga el producto listo para la distribución al mercado nacional.

En la fase de cortado los operarios realizan el trabajo de forma manual por medio de herramientas como son los cuchillos domésticos, que son potencialmente peligrosas ya que un descuido puede causar accidentes lamentables y perjudicar a la empresa, sin mencionar el incumplimiento de las medidas sanitarias.

La producción depende completamente de la fuerza que tienen que ejercer los operarios en cada fase, aproximadamente 15 días entre pelado, corte y deshidratado; el tiempo de corte de frutas es generalmente de 7 días laborables.

Para el proceso de deshidratado se tiene 3 hornos con capacidad de 250 kg cada uno, pero solo uno funciona para el proceso por lo tanto exceder esta cantidad sería un perjuicio para la empresa.

CAPITULO 1

Fundamentos Teóricos

1.1 Proceso para la producción de frutas deshidratadas

En el área de preparación de frutas deshidratadas existen varios procesos para poder obtener el producto final para la venta al mercado nacional. Ver figura 1.

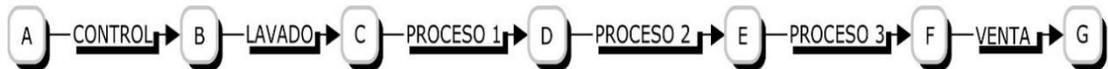


Fig. 1 Flujograma de producción

Donde:

A: Compra de la materia prima (frutas).

B: Calidad de la materia prima (frutas).

C: Lavado de la materia prima (frutas).

D, E y F: Clasificar por tipo de fruta.

G: Venta del producto al cliente.

Proceso 1: Es el proceso de pelado de las frutas

Proceso 2: Es el proceso de corte de las frutas

Proceso 3: Es el proceso deshidratado de la fruta

Se realiza el pedido a los distribuidores en la venta de las frutas (frutas), se realiza un control de calidad a cada fruta para retirar cualquiera que se encuentre en mal estado (dañada), se procede a lavar todas las frutas aceptadas, después pasa al proceso de pelado, se clasifica a cada tipo de frutas para poder realizar proceso de corte, se organiza según la fruta para el ingreso al horno deshidratador y comenzar el proceso, finalmente el producto está listo para el empaquetado y posterior venta en el mercado.

1.2 Propiedades de las frutas

En las frutas existen parámetros como el peso seco, sólidos solubles, acidez pH, color y la dureza, como por ejemplo: en frutas como la papaya, el plátano que cuando llega a su color amarillo o naranja es cuando tiene un grado de madurez y se lo puede consumir [15].

Para observar las propiedades fisicoquímicas de las frutas es necesario tener un personal capacitado, este análisis se puede tener la firmeza, el aroma y sabor de cada fruta y tiene un costo elevado

1.2.1 Plátano

El plátano aporta inmensos beneficios médicos. Esto es en gracias a que ayudan a la retención de calcio, nitrógeno y fósforo en el cuerpo, los cuales ayudan en la reconstrucción de tejidos; el plátano (*Musa acuminata x balbisiana*) es originaria de las regiones tropicales del sur de Asia, se da en climas tropicales, el plátano viene de una platanera de cual brota la penca con la fruta, ver figura 2, contiene una gran cantidad de vitaminas como: A, B, C y D; alto contenido de potasio (23%) [16], [17]. Así como una gran cantidad de calorías, proteínas y grasa natural; también un pH estable y buen índice de sólidos solubles. Ver tablas 1 y 2.

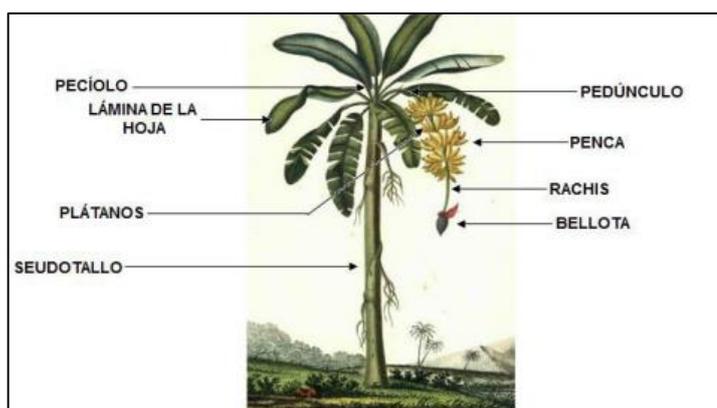


Fig. 2 Partes de una platanera

Los mayores beneficiarios de esta fruta son para los deportistas ya que tiene una gran cantidad de glúcidos y fibras que ayuda a los huesos y músculos del cuerpo humano, las personas que padecen de hipertensión, diabetes también las consumen para beneficio medicinal [16], [17].

Tabla 1 Propiedades del plátano [16], [17]

Fruta	Fuente	Calorías	Agua (g)	Proteína (g)	Carbohidratos (g)	Cenizas (g)
Plátano común (pulpa) 100g	Tabla de composición de alimentos del ICBF,2005	101	74,5	3,5	20,45	0,9

Tabla 2 Propiedades fisicoquímicas del plátano para diferentes estados de madurez [16], [17]

Fruta	EM	Propiedades Fisicoquímicas				
		pH	Acidez titulable, g/100ml	Sólidos solubles °Brix	Índice de madurez	Dureza (N)
Plátano	1	5,62+-0,11 ^a	0,13+-0,02 ^a	1,11+-0,38 ^a	8,61+-2,21 ^a	470,70±12.43
	2	5,45+- 0,12 ^{ab}	0,0017+-0,01 ^b	6,00+-0,67 ^b	34,57+-2,16 ^b	468,42±12.11
	3	5,23+- 0,08 ^{bc}	0,19+-0,01 ^{bc}	11,56+-0,77 ^c	59,76+-0,42 ^c	469,40±12.15
	4	5,05+- 0,9 ^{cd}	0,22+-0,01 ^{cd}	14,22+-0,77 ^d	63,68+-0,17 ^d	465,58±12.20
	5	4,93+- 0,03 ^d	0,25+0,00 ^{de}	16,00+-0,00 ^d	64,00+0,00 ^d	468,85±12.00
	6	4,460,04 ^e	0,28+-0,01 ^e	18,22+-0,77 ^e	64,32+0,11 ^d	470,50±12.14
	7	4,29+- 0,02 ^e	0,28+-0,02 ^f	20,67+-1,34 ^f	64,58+-0,14 ^d	470,65±12.43

1.2.2 Manzana

La manzana (*Pyrus malus*) se encuentra en regiones templadas y en lugares montañosos, va desde colores amarillo casi blanco hasta un rojo opaco, tiene una estructura firme con una pulpa carnosa con sabor ácido azucarado [18]. Ver tabla 3.

Las manzanas tienen un gran beneficio para el ser humano es un fruto nutritivo, sano, digestivo que sirve de forma medicinal, tiene una gran cantidad de vitaminas como: A, E, K. Además tienen un alto valor en contenido de sodio, magnesio, potasio y fósforo sus beneficios son que ayuda a evitar el asma, anemia y bronquitis [19].

La fibra de la manzana, y principalmente la pectina, son consideradas favorables para las funciones gastrointestinales, a la vez que ayuda a nivelar el nivel de azúcar en la sangre y el colesterol [20].

Los consumidores de manzanas tienen en cuenta la frescura, la jugosidad, el buen sabor, aroma y color de piel agradable de las frutas. Desde el punto de vista comercial, los criterios más importantes se basan en la evaluación de la firmeza, coloración y tamaño de las manzanas. Ver figura 3.



Fig. 3 Manzanas

Tabla 3 Propiedades de la manzana

Variedad	Dureza(N)	Jugosidad (g jugo/100g pulpa)	Sólidos solubles (°Brix)	pH	Acidez (g ácido málico /100g de pulpa)	Firmeza (kgf/cm ²)
Caricia	48,53a	48,58 ^a	13,8 ^a	3,6 ^a	0,2744 ^a	7.2
Eva	44,25a	53,91 ^a	15,1b	3,8b	0,2258b	5.5
Princesa	77,43b	68,60b	13,7 ^a	3,9b	0,2252b	6.2

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas por el test de Duncan ($p \leq 0,05$). El test de Duncan sirve para poder verificar diferentes tipos de procesos que se tiene para examinar experimentalmente como una variable independiente. Este se utiliza para comparar todos los pares de medias que existen en un proceso experimental.

Respecto a la textura, los consumidores demandan manzanas firmes y crujientes. De todas maneras, no todas las manzanas necesitan tener los mismos valores de firmeza, y los valores óptimos dependen de las características individuales de cada variedad [20].

1.2.3 Piña

La piña (*Ananas comosus*) es una fruta tropical de forma ovalada con una corteza muy rugosa que dependiendo de su maduración comienza a cambiar de color verde a un color amarillo con marrón, tiene una carne dulce y jugosa con un olor suave y dulzón[21]. Esta fruta posee vitaminas como A, B, C, ya que posee una alta fuente de antioxidantes y minerales como el hierro, magnesio, yodo, zinc.

Los beneficios que aporta la piña al ser humano son variados, se utiliza como alimento para bajar de peso, ayuda a tener un buen colágeno de la piel y los órganos, es un agente para tener huesos sanos, sintetiza los glóbulos rojos y brinda grandes beneficios al controlar la frecuencia cardíaca del ser humano [22].

Por su color atractivo y por sus interesantes propiedades nutricionales y medicinales, la piña genera una alta demanda en todos los mercados; sin embargo, tiene la desventaja de ser una fruta climatérica con picos de producción en una sola época del año, es por esta razón que su procesado a través de diferentes técnicas agroindustriales como la deshidratación (método de conservación), se vislumbra una práctica eficaz para su preservación [23].

El establecimiento de las principales propiedades de la piña en estado fresco se toman en cuenta la talla, masa, firmeza, pH y el contenido de sólidos solubles (SSC) [23]. Ver tabla 4.

Tabla 4 Propiedades fisicoquímicas de la piña [23]

Propiedades de la Fruta Entera y Cortada (cubos)					
Fruta	Masa (g)	Talla (cm)	Firmeza (kgf/cm ²)	pH	SSC (°Brix)
Entera	927	16	6,26	4,04	14
Cubos	7,67	2x5x1+-0,02	2,17	4,04	14

1.2.4 Papaya hawaiana

La papaya es una fruta con un sabor dulce que contiene nutrientes ricos en algunas vitaminas como: A, C, B1, B2, Niacina o B3, calcio potasio, sodio, fosforo, hierro. La papaya hawaiana se da en climas tropicales como en las provincias de la costa, Los Ríos, Santo Domingo y Santa Elena; en estos lugares su cultivo todo el año [24]. Puede tener colores amarillo verdosos hasta rojos. Ver figura 4. También posee una gran cantidad de calorías, proteínas y grasa natural. Ver tabla 5.



Fig. 4 Papaya hawaiana

Tabla 5 Propiedades fisicoquímicas de la papaya

Fruta	EM	Propiedades Fisicoquímicas				
		pH	Acidez titulable, g/100ml	Sólidos solubles °Brix	Índice de madurez	Firmeza (kgf/cm ²)
Papaya hawaiana	1	5,65+- 0,05 ^a	0,15+-0,00a	6,64+-0,91 ^a	44,26+-6,08a	12.93Aa
	2	5,77+- 0,02b	0,14+-0,01ab	6,82+-0,17 ^a	50,02+-3,35ab	12.93Aa
	3	5,8+- 0,01bc	0,12+-0,01bc	7,60+0,35 ^a	61,77+-5,16ab	12.75Aa
	4	5,82+- 0,01bc	0,11+-0,01cd	8,18+-0,14ab	72,77+-9,13bc	12.63Aa
	5	5,85+- 0,01cd	0,10+-0,00de	9,33+-0,37bc	93,33+-3,74dc	12.75Aa
	6	5,9+-0,02d	0,09+-0,01e	10,20+-0,41cd	109,66+-9,71d	12.63Aa
	7	5,97+- 0,0,e	0,09+-0,01e	11,56+-1,02d	139,54+- 19,99e	3.02ab

**Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas por el test de Duncan ($p \leq 0,05$)

1.3 Elementos que contiene la máquina cortadora de frutas

1.3.1 Estructura

Es recomendable que toda estructura esté constituida por materiales inoxidables austéniticos con las siguientes series (AISI 200 y 300), debido a que se trata de alimentos para el consumo del ser humano, que pueda tener sus características y

propiedades mecánicas de acuerdo al lugar de trabajo, que sean anticorrosivas, resistan ambientes húmedos, jornadas de trabajo muy extensas. Para la estructura se utilizará acero inoxidable que sean resistentes a lo que se va a usar.

Para su ensamble se dará uso a procesos comerciales de soldadura que existe en el mercado, para nuestra máquina se utilizará una soldadura manual con electrodo revestido (SMAW).

La cortadora de fruta debe estar diseñada de acuerdo al tamaño del lugar de trabajo, que sea ligera y se pueda movilizar siempre y cuando se lo requiera.

1.3.1.2 Proceso de uniones con en la estructura

Soldadura por arco eléctrico (SMAW)

El proceso de esta soldadura se da por medio de un electrodo que al contacto con un metal produce un arco eléctrico, sus residuos (material fundido del electrodo) son transferibles mediante el arco eléctrico y esto lleva a la obtención de un cordón de soldadura logrando una solidificación en las uniones que se requiere [25]. Ver figura 5.

Electrodo E7018

Los electrodos E7018 son de polvo de hierro y contienen poca cantidad de hidrógeno, que se utilizan para soldar aceros con una resistencia mínima de 50.000 psi. Se emplea para la fabricación de maquina pesada, aceros de estructuras, estructuras de máquinas industriales, etc [26].

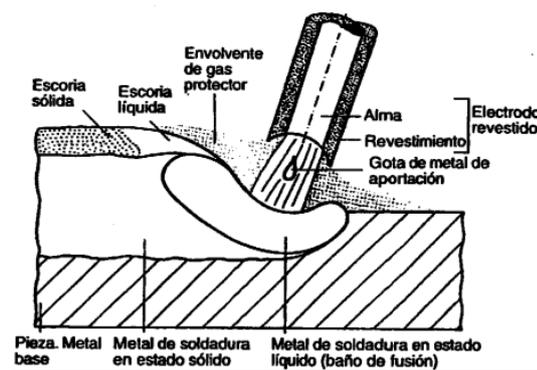


Fig. 5 Descripción del proceso

Soldadura TIG

Durante la soldadura TIG (Tungsten Inert Gas), también denominado GTAW (Gas Tungsten Arc Welding), se tiene un arco eléctrico que se establece entre un electrodo tungsteno y la pieza que se va a soldar con la fusión de un gas inerte que evita el contacto con el aire [27].

Electrodo E308L-16

La composición química que tiene el recubrimiento en el electrodo facilita la soldadura básica de acero inoxidable austénico, resistencia a la corrosión intergranular con bajo aporte de carbono y aumenta la resistencia a la corrosión intergranular sin el uso de estabilizadores tales como columbio y titanio. Se lo puede aplicar en la industria alimenticia, química medicinal, petroleras [28].

1.3.2 Motor

Un motor es un aparato que puede transformar una energía eléctrica o química en energía mecánica.

1.3.2.1 Motores eléctricos

Los motores eléctricos se encargan de transformar la energía eléctrica en energía mecánica.

1.3.2.2 Motor Trifásico

Este tipo de motor es uno de los más utilizados en la industria ya que son fáciles de mantener, baratos a comparación de otros y no son tan complejos [29]. Los motores eléctricos trifásicos se los fabrica desde un cuarto de caballo de potencia hasta cientos de caballos de potencia (HP) [30] dependiendo el uso que vayan a tener, son utilizados para accionar máquinas–herramientas como ventiladores, elevadores, sopladores, bombas y más máquinas que existen en el mercado.

1.3.2.3 Motor Monofásico

Es un tipo de motor de corriente alterna tiene un par de arranque moderada que se conecta a una red monofásica de algún alumbrado o una fase, este motor se auxilia de un devanado o también llamado arranque [31].

Para la máquina cortadora de frutas se utiliza este tipo de motor de ½ hp de potencia que no se requiere de tanta fuerza, ya que la capacidad de la máquina es mínima. Ver anexo 3.

1.3.3 Poleas

Las poleas son mecanismos sencillos que contiene un disco macizo, tiene en su borde un canal que sirve para que una cuerda, un cable o una correa puedan pasar y así poder girar en su propio eje [32].

1.3.4 Bandas

A las bandas se las puede llamar también correas, que ayudan a transmitir movimientos entre dos ejes que son paralelos, la gran mayoría de bandas son fabricadas de caucho que son flexibles, no se puede tener una transmisión exacta y constante porque ejerce un deslizamiento en la polea que ocasiona pérdidas.

Los beneficios de estas correas son: pueden usarse en varios tipos de condiciones de trabajo(polvo, humedad, calor, etc.), tienen un larga vida útil y son silenciosas [33].

1.4 Tipos de corte y máquina que lo realiza.

1.4.1 Corte manual

El producto es cortado de forma artesanal mediante una navaja o cuchillo doméstico, se necesita de un accesorio o elemento que sujete al producto que se va a cortar. Esto ocasiona fatiga superficial.

Este tipo de corte depende enteramente de la cuchilla y de la fuerza de la persona que ejerce la persona para tener el corte. Ver figura 6.



Fig. 6 Corte manual

1.4.2 Corte tipo troquel con máquina troqueladora

Las troqueladoras ofrecen una gran variedad de formas de corte de frutas, lechugas, verduras y otros alimentos. Ver figura 7.



Fig. 7 Cortadora tipo troquel

Partes: Todos los sets de corte están compuestos por:

- Rejilla de cuchillas
- Punzón
- Soporte móvil
- Placa para el punzón

Clasificar estas partes ayuda al usuario a ordenar en forma adecuada nuevos accesorios o repuestos [34].

1.4.3 Corte circular con cortadora Eléctrica

Es una máquina, versátil para rebanar, cortar en cubitos, triturar, rallar, cortar juliana y papas fritas. Ver figura 8. La máquina tiene placa de empuje construida en aluminio con forma de bucle inoxidable, manija de acero y un alimentador de tubo, placa empujadora con sistema para efecto de palanca de acero inoxidable. Tolva de alimentación como alternativa.

Puede cortar, triturar, rayar, y funciona con una grilla de corte [35].



Fig. 8 Cortadora eléctrica con cuchilla giratoria

1.4.4 Corte por empuje en dado con cortadora de dados:

Ideales para el corte de cubos y tiras de productos cárnicos, avícolas y vegetales. Dispone de varios accesorios para rallar y cortar dados de queso. Su sistema de pre compresión longitudinal ajustable y pre compresión en 4 caras [36]. Ver figura 9.



Fig. 9 Cortadora de dado

1.4.5 Cortadora con banda de alimentación (corte circular):

El producto ingresa mediante una banda transportadora al engranaje del sujetador de producto y los rodillos se ajustan durante el procedimiento haciendo que el producto se acomode antes de tener contacto con la cuchilla [37]. Ver figura 10.

La máquina tiene una luz piloto que informa sobre el estado de los sensores de seguridad. El sistema de cierre combinado con una nueva cubierta brinda seguridad en la zona de corte [37].



Fig. 10 Cortadora con banda de alimentación.

1.5 Materiales

Actualmente el Instituto Americano del Hierro (AISI) cuenta aproximadamente 60 tipos convencionales. Recientemente los aceros inoxidable para endurecimiento por precipitación (PH) han surgido como la cuarta clase. Últimamente los aceros inoxidable dúplex, contienen aproximadamente 50% de Ferrita y 50% de Austenita, siendo estos recomendados para ambientes agresivos en donde la resistencia a la corrosión por tensiones es de gran importancia [28].

1.5.1 Acero inoxidable

La característica principal del acero inoxidable es su gran resistencia a la corrosión. Esta resistencia se produce por la formación espontánea de una capa de óxido de cromo en la superficie del acero. Aunque tenga una capa extremadamente fina, esta película invisible está sólidamente adherida al metal [38].

Para poder aumentar resistencia a la corrosión o para los diferentes tipos de requerimientos de fabricación específicos, el cromo puede aumentarse y pueden añadirse a diferentes elementos tales como níquel o molibdeno. Con aproximadamente 11% de cromo, se creará una película protectora que soporte a un ambiente poco agresivo como puede ser el interior de una vivienda, pero con el tiempo, si este acero presta servicio a la intemperie, acabará de corroerse [38].

1.5.2 Acero AISI 304

Inoxidable de grado básico. Tiene buena resistencia a la corrosión alcalina, corrosión atmosférica y en ambientes húmedos. Dúctil para todas las temperaturas [39]. Ver tabla 6.

Susceptible a la corrosión intergranular por cloruros a temperaturas entre 600-800°C (1112-1471°F) especialmente en ambientes oxidantes y a la rotura por corrosión bajo tensiones en ambientes húmedos y calientes [39]. Ver Anexo 3.

Soldable para TIG o SMAW puede ocurrir un cambio en la microestructura. Tiene la ventaja de doblar y expandir. Se utiliza en: tuberías y cambiadores de calor para industria petroquímica, química, criogénica y calderas. Industria alimentaria, construcción y decoración [39].

1.5.3 Acero AISI 316

El Molibdeno presente brinda un excelente comportamiento en ambientes cálidos, húmedos mejor que el 304. A cualquier temperatura este material es dúctil. Con propiedades similares al AISI 304 [38], [40]. Ver tabla 7.

Puede sufrir rotura por corrosión bajo tensiones y a la corrosión intergranular soldable (TIG o MMA), se puede doblar y expandir, se puede utilizar para cambiadores de calor tubulares, tuberías, en plantas químicas y petroquímicas. Calderas, industria alimentaria [38], [40].

1.5.4 Acero AISI 410

El acero martensítico tipo 410 tiene una buena resistencia a la corrosión con una alta fortaleza y dureza. Se magnetiza en condiciones recocidas y endurecidas. Se desarrolla en extensas variedades de propiedades con diferentes tratamientos térmicos [41]. Ver tabla 8.

Tabla 6 Propiedades mecánicas de AISI 304 [10].

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a la tensión(S_u)	85 ksi—586Mpa
Resistencia a la fluencia (S_y)	35 ksi--- 241Mpa
Porcentaje de elongación	60 % en 50.8 mm
Módulo de elasticidad	200 Gpa----29000ksi
Dureza Max. Brinell (HB)	201
PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad	8.03 g/cm ³ (0.28 lb/plg ³)

Tabla 7 Propiedades mecánicas de AISI 316 [42][10].

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a la tensión(S_u)	80 ksi—552Mpa
Resistencia a la fluencia (S_y)	30 ksi--- 207Mpa
Porcentaje de elongación	60 % en 50.8 mm
Módulo de elasticidad	190-210 Gpa---- 27600- 30500ksi
Dureza Max. Brinell (HB)	160-190
PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad	8.03 g/cm ³ (0.28 lb/plg ³)

Tabla 8 Propiedades mecánicas AISI 410[41].

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a la tensión(S_u)	80 ksi—552Mpa
Resistencia a la fluencia (S_y)	30 ksi--- 207Mpa
Porcentaje de elongación	60 % en 50.8 mm
Módulo de elasticidad	190-210 Gpa---- 27600- 30500ksi
Dureza Rockwell	HBR 96
PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad	8.03 g/cm ³ (0.28 lb/plg ³)

Para la fabricación de la máquina cortadora de frutas se utilizarán los aceros AISI 304 y AISI 316 por estar en contacto con los alimentos y para el bastidor el acero AISI 410.

CAPÍTULO 2

Alternativas

2.1 Criterios de selección

2.1.1 Materiales

Utilizando materiales livianos que se puedan encontrar en el mercado nacional apropiados para el tipo de ambiente.

2.1.2 Costos

Averiguar máquinas que existan en el mercado para obtener un presupuesto aproximado que se encuentre dentro del presupuesto estimado.

2.1.3 Tipo de corte

De acuerdo a las necesidades de la empresa, se requiere que la fruta tenga un corte en forma de rebanadas.

2.1.4 Mantenimiento

La máquina debe tener un proceso de mantenimiento sencillo en un tiempo corto y con un costo bajo.

2.1.5 Seguridad

Se requiere evitar completamente el contacto físico directo que pueda tener el operario con la parte cortante y eléctrica de la máquina.

2.1.6 Capacidad

En base a la producción no se requiere una capacidad tan alta ni una capacidad artesanal sino la exigida por la empresa. Esta puede variar, aunque generalmente no debe sobrepasa los 20 kg/día.

2.2 Alternativa 1: Cortadora tipo troquel

La máquina tiene un peso de 36 kg con una capacidad de 2000 kg/h, se caracteriza por seccionar todo tipo de frutas y verduras, mediante un proceso de troquelado con una rejilla de corte, que pueda realizar diferentes tipos de corte.

Diagrama de funcionamiento:

En la figura 11 se visualiza su operatividad.

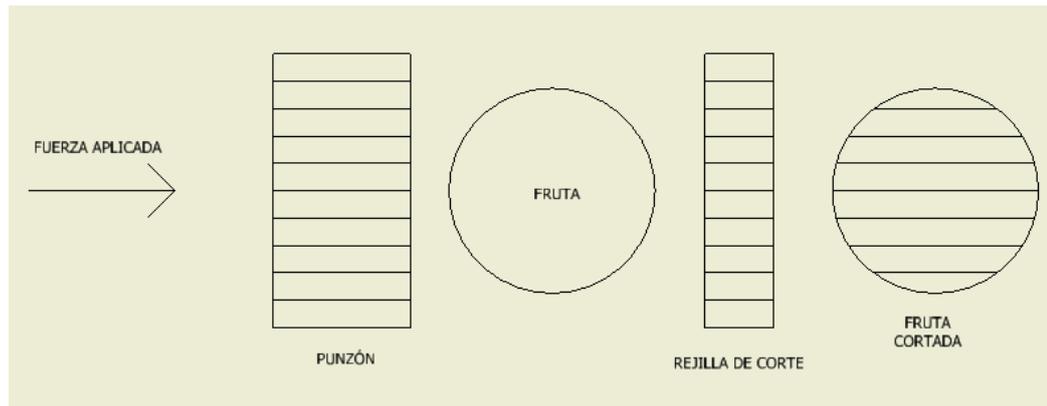


Fig. 11 Funcionamiento cortadora tipo troquel

Partes:

- Punzón: recibe la fuerza.
- Rejilla de corte: la fruta atraviesa esta rejilla empujada por el punzón y es cortada.
- Armazón: donde se encuentra alojada la rejilla de corte.
- Palanca: ejerce la fuerza sobre el punzón.
- Cilindro neumático: ejerce la fuerza sobre el punzón.

Ventajas y Desventajas:

- Pueden ser manuales o neumáticas.
- Tiene la capacidad para colocar rejillas que tenga diferentes tipos de diseños de corte.
- Proporciona un corte exacto y uniforme.
- Regulación de fuerza para diferentes tipos de frutas y verduras.
- Sus cuchillas tienen una gran resistencia al desgaste.
- Su material de fabricación es con hierro fundido y difícil de transportar de un lugar a otro.

- Necesita diferentes accesorios para su funcionamiento: banda de alimentación y soporte móvil.
- Necesita un accesorio auxiliar para su correcto funcionamiento (neumática).
- Mantenimiento complejo y de alto costo.
- Puede procesar una fruta a la vez.
- Ruido excesivo por uso del compresor (neumática).

2.3 Alternativa 2: Cortadora eléctrica con sierra circular

La máquina tiene una capacidad de 1800 kg/h, con un peso neto 32 kg, se caracteriza por cortar todo tipo de productos como por ejemplo frutas, vegetales, queso, nueces, etc., su proceso de corte es de forma circular puede llegar a realizar diferentes formas de corte, tipo cubo, rebanadas, triturar, rallar. Utiliza un motor eléctrico de ½ hp de potencia.

Diagrama de funcionamiento

En la figura 12 se visualiza su operatividad.

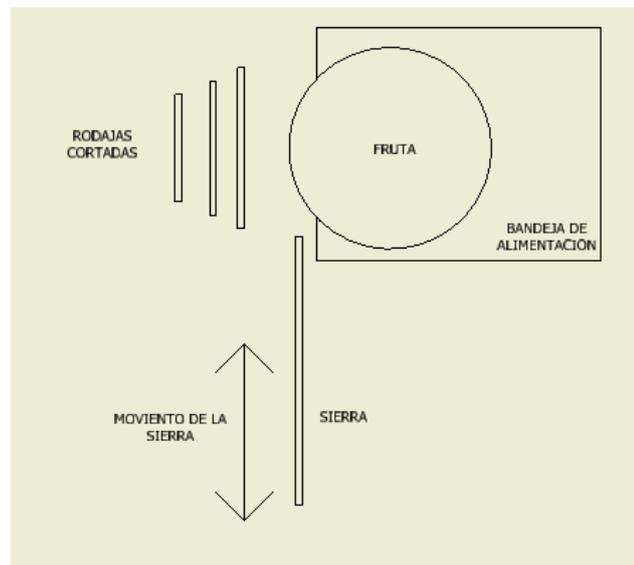


Fig. 12 Funcionamiento cortadora circular

Partes:

- Sierra circular: para el corte de la fruta.
- Bandeja de alimentación: soporte móvil de la fruta, esta se mueve para acercar la fruta a la sierra.

- Soporte de la bandeja: desliza la bandeja y soporta el peso de la fruta.
- Motor de ½ hp de potencia: conectado directamente a la sierra circular.

Ventajas y Desventajas:

- Se puede colocar en el plato de cuchillas diferentes opciones para varios tipos de corte.
- La máquina requiere de mantenimiento a un costo bajo.
- Sus cuchillas tienen una gran resistencia al desgaste.
- Fácil movimiento de la máquina para trasladar de un lado a otro.
- El operario no se encuentra en contacto directo con las cuchillas.
- No requiere fuerza para la colocación del producto.
- Fácil para poder desmontar del lugar de trabajo.
- Su corte no es tan preciso.
- Necesita de regulación de velocidades por medio de poleas y chumaceras (por medio de un regulador de velocidad alto costo).

2.4 Alternativa 3: Cortadora con banda de alimentación

La máquina tiene un peso total de 530 kg, con una capacidad de 500 – 4000 kg/h, es 100% automática, tiene sensores para medir el ancho de corte y ajustar automáticamente, se la puede utilizar en las grandes industrias alimenticias por su gran capacidad, se caracteriza por rebanar todo tipo de frutas y vegetales, su proceso es mediante una banda de alimentación y un sujetador que presiona suavemente al producto para su control hasta llegar a la cuchilla.

Diagrama de funcionamiento:

En la figura 13 se visualiza su operatividad.

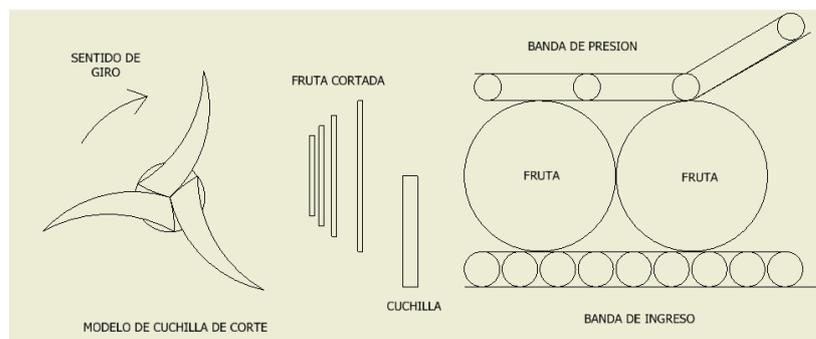


Fig. 13 Funcionamiento de cortadora con banda de alimentación.

Partes:

- Banda de ingreso: mueve la fruta hacia la cuchilla.
- Banda de presión: presiona la fruta para llegar a la cuchilla.
- Cuchilla: encargada de cortar la fruta.
- Soporte: soporta todo el peso de la maquinaria.
- Motor y controlador de velocidad: aplica la fuerza y ajusta las revoluciones de la cuchilla.
- Sensores: comprueba el tipo de fruta y el tamaño del corte.

Ventajas y Desventajas:

- Completamente automatizado.
- Corte en forma de rodajas.
- Silenciosa.
- Corte preciso.
- Tiene sensores de seguridad, conteo, medición, etc.
- Sus cuchillas tienen una gran resistencia al desgaste.
- Fácil y simple mantenimiento.
- Costo elevado.
- Capacidad para grandes cantidades entre 500 – 4000 kg/h.

2.5 Análisis de alternativas

Se calificará los criterios presentados en el capítulo 2.1, tales como material, costos, tipo de corte, mantenimiento, seguridad y capacidad, de acuerdo a la escala de valor de Liker[43], con un valor de 1 a 10, siendo 1 el más bajo, no deseado o menos óptimo y 10 el más adecuado o muy óptimo. Ver tabla 9. De acuerdo al tipo de cortadora existente en el mercado nacional se describen las alternativas u opciones apropiadas para ser seleccionadas. Ver tabla 10.

Tabla 9 Criterios de ponderación

Materiales	Costo	Tipo de corte	Mantenimiento	Seguridad	Capacidad	Valor
Materiales fáciles de adquirir en el mercado nacional y a costos económicos.	Costos de fabricación de estructura	Precisión de corte	Dificultad y costo	Contacto directo con el operador	Capacidad adecuada para este proyecto	
Fáciles	Bajo	Perfecto	Fácil y bajo costo	Bajo	Baja	10
Poco complicado	Medio	Casi perfecto	Fácil y mediano costo	Medio	Medio	6
Medianamente complicado	Alto	Medio	Complicado y alto costo	Alto	Alto	4
Muy complicado	Muy Alto	Malo	Complicado y costo excesivo	Muy Alto	Muy Alto	2

Tabla 10 Análisis de Alternativas

CRITERIOS A EVALUAR	FACTOR DE PONDERACIÓN	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
MATERIAL	5	6	10	4
COSTO	4	6	8	2
TIPO DE CORTE	5	8	10	8
MANTENIMIENTO	3	4	10	10
SEGURIDAD	3	6	8	10
CAPACIDAD	4	4	8	2
TOTAL		140	218	136

2.6 Selección de la mejor alternativa

De acuerdo a los criterios seleccionados, se determinó que la alternativa 2 es la adecuada para realizar la fabricación con el mayor puntaje en comparación con las otras alternativas.

CAPÍTULO 3

Diseño

La máquina puede procesar una manzana en 10 segundos para alcanzar una capacidad de 25 kg/h con un peso neto 300kg; se caracteriza por cortar frutas en rodajas, el proceso de corte es de forma circular. Utiliza un motor eléctrico para su funcionamiento.

Modelo:

Se diseña un modelo con la cuchilla en posición horizontal, movida por un sistema de poleas con un motor eléctrico. Ver figura 14.

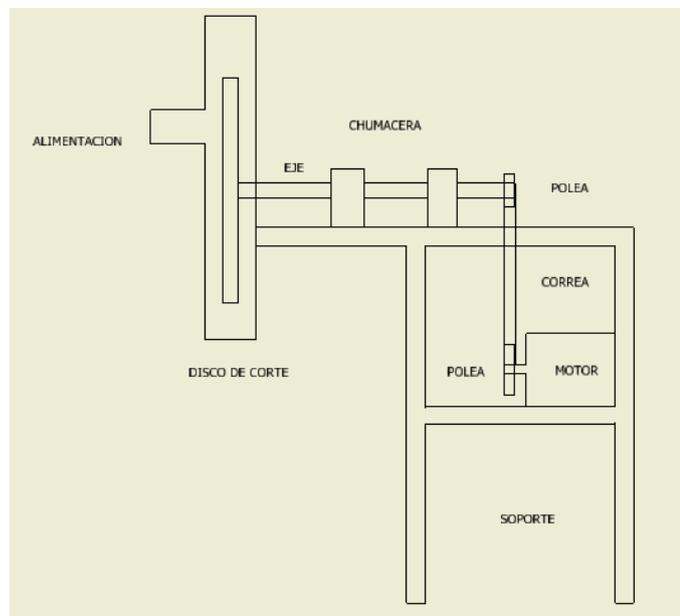


Fig. 14 Modelo de la máquina a construir.

Diagrama de funcionamiento:

Se dispone de un disco de corte que aloja cuchillas cuadradas que procesan las frutas, ingresan de forma manual y se obtiene un corte en rodajas. Ver figura 15.

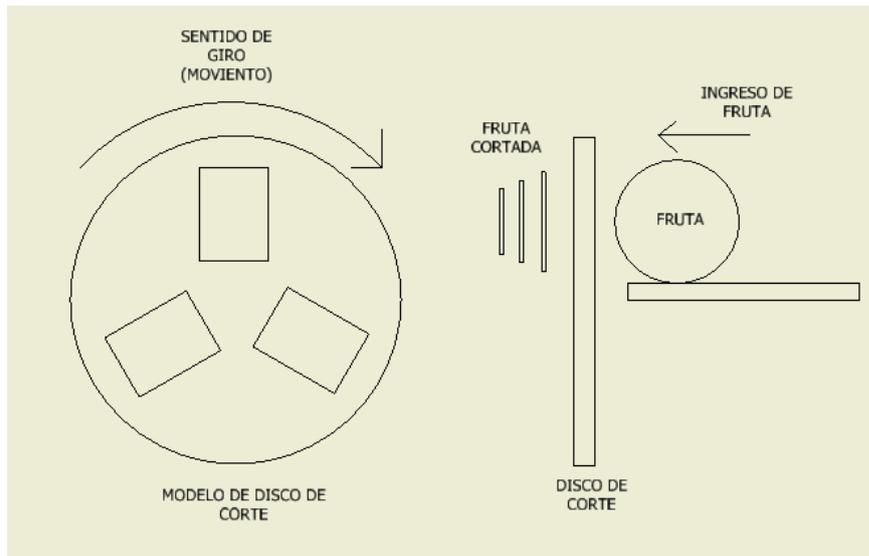


Fig. 15 Esquema del disco de cuchillas o corte

3.1 Fuerza necesaria para el corte de las frutas

Se determina la fuerza necesaria para cortar las frutas mediante el siguiente experimento ver figura 16. Se registra, medidas y pesos de los diferentes tipos de productos que se van a cortar, a continuación, con el cuchillo doméstico se realiza un corte vertical sobre cada producto obteniendo la fuerza (kg) de corte necesaria, se verá el peso máximo indicado en la balanza y se calculará la fuerza necesaria para el corte final de cada producto. La fuerza encontrada se realiza el cálculo del torque con la distancia radial de las cuchillas.



Fig. 16 Elementos para la práctica

Selección de las frutas que se van a cortar con sus diferentes pesos. Ver figuras 17, 18, 19 y 20.



Fig. 17 Manzana con un peso de 0.1Kg.



Fig. 18 Plátano con un peso de 0.09Kg



Fig. 19 Piña con un peso de 0.15Kg



Fig. 20 Papaya con un peso de 0.1Kg

Al finalizar el experimento, se detallan los resultados de la fuerza aplicada de cada una de las frutas. Ver tablas 11, 12, 13 y 14.

Tabla 11 Medidas de la manzana

Fruta: manzana Peso: 0.1 kg			
	Medida(mm)	Fuerza aplicada(kgf)	Descripción gráfica
1	Diámetro D ₁ 56	4.32	
	Diámetro D ₂ 67	5.10	
	Diámetro D ₃ 50	3.85	
2	Diámetro D ₁ 52	4.15	
	Diámetro D ₂ 60	4.80	
	Diámetro D ₃ 54	4.20	

Nota: Se partió la manzana a la mitad para funciones prácticas

Tabla 12 Medidas del plátano

Fruta: plátano Peso: 0.09 kg			
	Medida(mm)	Fuerza aplicada(kgf)	Descripción gráfica
1	Diámetro D ₁ 30	0.4	
	Diámetro D ₂ 31	0.38	
	Diámetro D ₃ 24	0.31	
2	Diámetro D ₁ 22	0.25	
	Diámetro D ₂ 27	0.35	
	Diámetro D ₃ 25	0.33	

Tabla 13 Medidas de la papaya

Fruta: Papaya Peso: 0.1 kg			
	Medida(mm)	Fuerza aplicada(kgf)	Descripción gráfica
1	Diámetro D ₁ 64	0.34	
	Diámetro D ₂ 72	0.28	
	Diámetro D ₃ 41	0.57	
2	Diámetro D ₁ 70	0.42	
	Diámetro D ₂ 85	0.35	
	Diámetro D ₃ 60	0.6	

Tabla 14 Medidas de la piña

Fruta: Piña(cortada en cuartos) Peso: 0.15 kg			
	Medida(mm)	Fuerza aplicada(kgf)	Descripción gráfica
1	Diámetro D ₁ 49	2.3	
	Diámetro D ₂ 47	2.7	
	Diámetro D ₃ 45	3.12	
Fruta: Piña(completa) Peso: 0.41 kg			
2	Diámetro D ₁ 70	4.1	
	Diámetro D ₂ 85	5.15	
	Diámetro D ₃ 60	4.85	

Conclusión: La fuerza máxima necesaria para realizar el corte es de 5.15 kgf; ver tabla 14, se selecciona esta fuerza por ser la más alta y la que se requiere para el corte con la cuchilla.

3.2 Fórmulas

Selección de chumaceras:

La selección del tipo de chumacera se calcula por medio de tablas normalizadas con la ecuación 3-1 [23]:

$$L = L_R \left(\frac{C}{F_R} \right)^{3.33}$$

Ec.3-1[10].

Donde:

L_R : Vida adecuada para la capacidad aparente en número de ciclos. [10^6 ciclos]

L : Vida útil aparente. [10^6 ciclos]

F_R : Carga radial de la aplicada. [Kgf]

C : Capacidad aparente. [Kgf]

Diseño de ejes bajo cargas estáticas:

Esfuerzo de torsión en elementos circulares [10].

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} [MPa]$$

Ec.3-2

Esfuerzo a flexión en elementos circulares [10].

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3} [MPa]$$

Ec.3-3

Esfuerzo de Von Mises [10].

$$[\sigma]_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma] [MPa]$$

Ec.3-4

$$[\sigma] = \frac{S_y}{F_s} [MPa]$$

Ec.3-5

Donde:

T : Torque máximo [N.m].

F_s : Factor de seguridad.

σ : Esfuerzo normal [M Pa].

M : Momento máximo [N.m].

τ : Esfuerzo cortante [M Pa].

S_y : Esfuerzo de fluencia.

Diseño de fatiga [10]:

$$[\sigma] = \frac{S_e}{F_s} [Mpa]$$

Ec.3-6

Dónde:

S_e : límite de resistencia la fatiga [10].

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e [MPa]$$

Ec.3-7

Dónde:

K_a : Factor de modificación de la condición superficial.

K_b : Factor de modificación de tamaño.

K_c : Factor de modificación de la carga.

K_d : Factor de modificación de la temperatura.

K_e : Factor de modificación de confiabilidad.

K_f : Factor de modificación de efectos varios.

S_e : Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica en la geometría y condición de uso.

S'_e : Límite de resistencia a la fatiga en viga giratoria.

Resistencia a la fluencia en cortante

$$S_{sy} \text{ o } S'_n \geq 0.5 (S_y) = 0.5 (0.7 (S_{ut})) [MPa]$$

Ec.3-8[10].

S_{sy} o S'_n : Resistencia a la fluencia en cortante.

S_y : Resistencia al punto de fluencia.

S_{ut} : Resistencia última a la ruptura.

$$S'_n = 0.5(S_y) [MPa]$$

Ec.3-9.

Esfuerzo máximo cortante[10].

$$\tau_{max} = \frac{S'_n}{F_s} [MPa]$$

Ec.3-10.

Dónde:

F_s : Factor de seguridad.

S_{sy} o S'_n : Resistencia a la fluencia en cortante. [MPa]

Cálculo del espesor de cuchillas [10].

$$A = b \times h$$

$$A = (b \approx e) \times h$$

$$\tau_{max} = \frac{F}{A} [Pa]$$

$$e = \frac{F}{\tau_{max} \times h} [mm]$$

Ec.3-11.

Donde:

F : Fuerza necesaria. [N]

h : Altura de la cuchilla. [mm]

τ_{max} : Esfuerzo máximo cortante. [MPa]

e : Espesor de la cuchilla. [mm]

Diseño de poleas

Relación de transmisión [10]

$$RT = \frac{Nm}{Ns}$$

Ec.3-12

N_s : Número de revoluciones de la polea mayor. [RPM]

N_m : Número de revoluciones de la polea menor. [RPM]

$$Nm \times D1 = Ns \times D2$$

Ec.3-13

Selección de Banda

Existen algunas posibilidades de bandas que se pueden utilizar, como se ilustra en la figura 21, cada una tienen diferentes ventajas y desventajas como son el ser silenciosas, transmitir potencia o velocidad, etc.

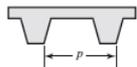
Tipo de banda	Figura	Unión	Intervalo de tamaños	Distancia entre centros
Plana		Sí	$t = \begin{cases} 0.03 \text{ a } 0.20 \text{ pulg} \\ 0.75 \text{ a } 5 \text{ mm} \end{cases}$	No hay límite superior
Redonda		Sí	$d = \frac{1}{8} \text{ a } \frac{3}{4} \text{ pulg}$	No hay límite superior
Tipo V		Ninguna	$b = \begin{cases} 0.31 \text{ a } 0.91 \text{ pulg} \\ 8 \text{ a } 19 \text{ mm} \end{cases}$	Limitada
De sincronización		Ninguna	$p = 2 \text{ mm y mayor}$	Limitada

Fig. 21 Tipos de bandas [10].

$$\phi_d = \pi - 2\text{sen}^{-1} \frac{D-d}{2c} [\text{rad}]$$

Ec.3-14[10].

$$\phi_D = \pi - 2\text{sen}^{-1} \frac{D-d}{2c} [\text{rad}]$$

Ec.3-15[10].

$$L = \sqrt{4C^2 - (D-d)^2} + \frac{1}{2}(D\phi_D + d\phi_d)[m]$$

Ec.3-16[10].

Donde:

D : Diámetro de polea mayor. [mm]

d : Diámetro de polea menor. [mm]

C : Distancia entre centros. [mm]

\emptyset : Ángulo de contacto. [rad]

L : Longitud de la banda. [mm]

3.3 Cálculo del espesor de cuchillas

Con la fuerza que se determinó en el método de experimentación para poder realizar el cálculo del espesor de la cuchilla, $F = 5.15$ [Kgf]

Para obtener los datos necesarios para calcular el espesor se realizarán algunas transformaciones.

$$F = 5.15 \text{ [Kgf]} \left(\frac{9.81 \text{ [N]}}{1 \text{ [Kgf]}} \right)$$

Ec.3-17

$$F = 50.47 \text{ [N]}$$

Se obtiene la fuerza final de corte de las frutas es de $F = 50.5$ [N].

3.4 Torque generado por el corte del producto

Distancia radial que se tiene de la cuchilla es de $d = 0.1065$ [m]

$$T = F(d)$$

Ec.3-18[10].

$$T = (50.5) \text{ [N]} (0.1065) \text{ [m]} = 5.375 \text{ [N.m]} = 5.375 \text{ [J]}$$

3.5 Selección del material para las cuchillas

Considerando que se va a cortar diferentes tipos de frutas, se selecciona las cuchillas de acero inoxidable AISI 410 grado alimenticio, que se encuentra en contacto con las frutas a cortarse. Ver tabla 8.

3.6 Selección de la chumacera

Considerando que el eje tiene un diámetro de 35 mm, transmite el movimiento al porta cuchillas y también a una polea de diámetro 8 plg se escoge la chumacera FBJ UCP 206. Ver anexo 4.

3.7 Cálculo de la resistencia a la fluencia en cortante

La selección del material AISI 410 para el diseño y la construcción de las cuchillas, tiene un S_y de **207 MPa**. Ver tabla 8.

$$S'_n = 0.5(S_y)$$

Ec.3-9[10].

$$S'_n = 0.5(207 [MPa])$$

$$S'_n = 103.5 [MPa]$$

3.8 Cálculo del esfuerzo máximo cortante

Para el diseño se toma en cuenta un factor de seguridad ($F_s = 3$)

$$\tau_{max} = \frac{S'_n}{F_s}$$

Ec.3-10[10].

$$\tau_{max} = \frac{103.5 [MPa]}{3}$$

$$\tau_{max} = 34.5 [MPa]$$

Con una altura útil de $h = 5\text{mm}$ y con un espesor ($b=e$) se reemplaza en la ecuación ec.3-11.

$$A = b \times h$$

$$A = b \times 0.05 [m]$$

$$A = (b \approx e) \times h$$

$$A = e \times 0.05 [m]$$

$$\tau_{max} = \frac{F}{A}$$

$$e = \frac{50.5 [N]}{34.7 [MPa] \times 0.05 [m]}$$

Ec.3-11[10]

$$e = 29.11 \times 10^{-5} m$$

$$e = 0.029 [mm]$$

Como el material seleccionado para maquinar la cuchilla necesita un espesor mínimo para el trabajo requerido, el espesor real de 3 mm y se afilará hasta llegar a un espesor $e = 0.029$ mm.

3.9 Inercia Rotacional

Gracias al software CAD Solidworks de diseño se consiguió la inercia de los componentes. Ver tablas 15,16.

Tabla 15 Momentos de inercia del plato

Momentos de inercia del plato (g.mm ²)		
Ixx = 15605864.40	Ixy = -917095.03	Ixz = -0.11
Iyx = -917095.03	Iyy = 17878398.50	Iyz = 359.79
Izx = -0.11	Izy = 359.79	Izz = 33080837.17

Tabla 16 Momentos de inercias de las cuchillas

Momentos de inercia de las cuchillas (g.mm ²)		
Ixx = 41077.86	Ixy = 58969.67	Ixz = 3863.27
Iyx = 58969.67	Iyy = 152082.48	Iyz = 1801.27
Izx = 3863.27	Izy = 1801.27	Izz = 192796.60

3.10 Cálculo de velocidad de giro

$$E_c = \frac{1}{2} IW^2$$

Ec.3-19[10].

La energía cinética se considera como el torque que se realiza al cortar la fruta, por lo tanto:

$$E_c = T = 5.375 J$$

La sumatoria de inercias del disco y la cuchilla, en vista que en una revolución se realizan 2 cortes es igual:

$$\Sigma I = \frac{I_{plato}}{2} + I_{cuchilla}$$

Ec.3-20[10].

$$\Sigma I = 16540418.59 + 192796.60$$

$$\Sigma I = 16733215.19 \text{ [g mm}^2\text{]} = 0.016733215 \text{ [kg m}^2\text{]}$$

$$W_1 = \sqrt{\frac{2E_c}{I}} = \sqrt{\frac{2(5.375Nm)}{0.016733215kgm^2}}$$

$$= 25.34 \left[\frac{rad}{s} \right] = 242.04 \left[\frac{rev}{min} \right] \approx 250 \left[\frac{rev}{min} \right]$$

3.11 Cálculo de poleas

Se necesita una salida de 250 rpm para obtener el diámetro de cada polea.

$$Nm = 1700 \text{ [rpm]}$$

$$Ns = 250 \text{ [rpm]} = W_1$$

Relación de transmisión

$$RT = \frac{Nm}{Ns}$$

Ec.3-12

$$RT = \frac{1700 \text{ [rpm]}}{250 \text{ [rpm]}}$$

$$RT = 6.80$$

$$RT = \frac{68}{10}$$

Por lo tanto, se tiene los diámetros de las poleas:

- Polea N_1

$$4 \text{ [plg]} * 2 = 8 \text{ [plg]}$$

- Polea N_2

$$2 \text{ [plg]} * 2 = 4 \text{ [plg]}$$

$$RT_1 = \frac{8}{4}$$

- Polea N_3

$$4 \text{ [plg]} * 2 = 8 \text{ [plg]}$$

- Polea N_4

$$1.2 \text{ [plg]} * 2 = 2.4 \text{ [plg]} \sim 2.5 \text{ [plg]}$$

$$RT_2 = \frac{8}{2.5}$$

Relación de transmisión total:

$$RT_1 \times RT_2 = RT = \frac{8}{4} * \frac{8}{2.5} = \frac{64}{10}$$

Se aumenta el doble para poder obtener la comprobación en la relación de transmisión que tienen las poleas.

Por medio de la relación de transmisión se verifica que los diámetros de las poleas son las correctas.

$$N_1 W_1 = N_2 W_2$$

Ec.3-21

Diámetro de poleas. Ver figura 22.

N_1 : 8 [plg].

N_2 : 4 [plg].

N_3 : 8 [plg].

N_4 : 2.5 [plg].

Velocidad angular necesaria: $N_1 = 270$ [rev/min]

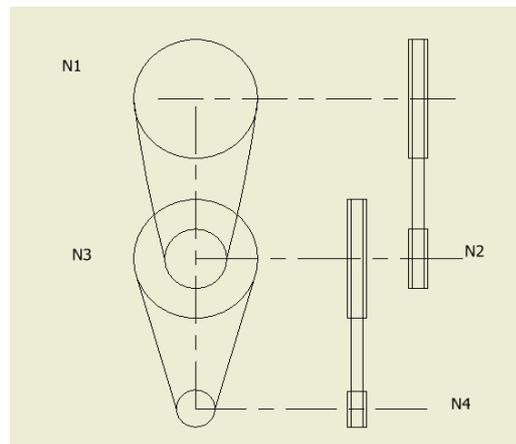


Fig. 22 Disposición de poleas

$$(2.5)1700 \text{ [rpm]} = 8W_3$$

$$W_3 = 531.25 \text{ [rpm]}$$

$$N_2 W_2 = N_1 W_1$$

$$4(531.25 \text{ rpm}) = 8W_1$$

$$W_1 = 260 \text{ [rpm]}$$

Con el proceso se verifica la relación de transmisión obtenida es la adecuada

$$RT = \frac{68}{10}$$

3.12 Transmisión de bandas

La transmisión de bandas ver figura 23.

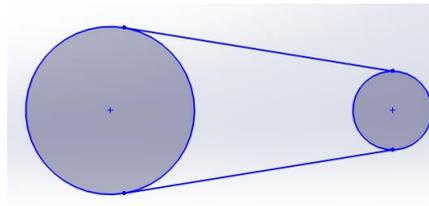


Fig. 23 Transmisión de bandas

Obteniendo los datos siguientes

D : 203.2 mm.

d : 101.6 mm.

C : 325 mm.

Cálculo de ángulos de contacto

$$\phi_a = \pi - 2 \text{sen}^{-1} \frac{(203.2 - 101.6)[\text{mm}]}{2(325)[\text{mm}]}$$

Ec.3-14.

$$\phi_a = 2.83 \text{ [rad]}$$

$$\phi_a = 162.14^\circ$$

$$\phi_D = \pi + 2 \text{sen}^{-1} \frac{(203.2 - 101.6)[\text{mm}]}{2(325)[\text{mm}]}$$

Ec.3-15.

$$\phi_D = 3.45 \text{ [rad]}$$

$$\phi_D = 197.66^\circ$$

$$L = \sqrt{4(325\text{mm})^2 - (203.2 - 101.6)[\text{mm}]^2} + \frac{1}{2}(203.2 * 2.83\text{rad} + 101.6\text{mm} * 3.45\text{rad})$$

Ec.3-16.

$$L = 925.72 [\text{mm}]$$

3.13 Selección de motor

Se selecciona un motor con una potencia específica mediante la ecuación [10].

$$P = T * W [\text{Watts}]$$

Ec.3-22.

Donde:

W: Velocidad de giro de la porta cuchillas.

T: Torque. [Nm]

P: Potencia. [W]

$$P = (5.375)[\text{N.m}] * (250) [\text{rpm}]$$

$$P = (5.375)[\text{N.m}] * 26.18 \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$P = 140.71 [\text{W}] = 0.2 [\text{HP}] \text{ Potencia teórica}$$

Motor necesario para la máquina cortadora de frutas es de ½ hp de potencia.

3.14 Velocidad tangencial de la banda

$$V_T = \frac{D * \pi * N}{6000} [\text{m/s}]$$

Ec.3-23[10].

Donde:

D: Diámetro de la polea. [mm]

N: Velocidad en rpm de cada juego de poleas.

$$V_{T1} = \frac{8 * \pi * 531.25 [\text{rpm}]}{6000}$$

$$V_{T1} = 2.22 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Ec.3-24.

Velocidad tangencial de la banda de la relación de transmisión Ec.3-24 que se tiene entre las poleas N_4 y N_3

$$V_{T2} = \frac{8 * \pi * 250 [rpm]}{6000}$$

$$V_{T2} = 1.04 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Ec.3-25

Velocidad tangencial de la banda de relación de transmisión Ec.3-25 que se tiene entre las poleas N_2 y N_1 .

3.15 Tensión de banda 1

Fórmula de tensión de bandas ver figura 24.

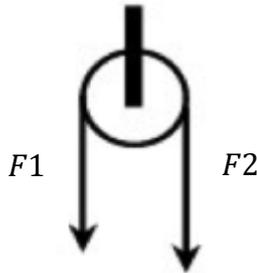


Fig. 24 Tensión de bandas.

$$\frac{F1}{F2} = e^{fx\theta}$$

Ec.3-26[10].

Donde

$F1$: Fuerza del lado tenso. [N]

$F2$: Fuerza del lado flojo. [N]

θ : Ángulo de contacto. [rad]

f : Coeficiente de fricción(adimensional).

$$\frac{F1}{F2} = e^{0.6x\pi}$$

$$\frac{F1}{F2} = 4.3752$$

Fórmula de la potencia obtenida

$$P = F \times V \text{ [Hp]}$$

Ec.3-27[10].

$$P = \frac{(F3 - F4) \times V}{746 \text{ [watts]}}$$

Donde

P : [Hp].

V : [m/s].

$$F3 - F4 = \frac{0.5 \times 746 \text{ [watt]}}{2.2 \left[\frac{m}{s} \right]}$$

$$F3 - F4 = 169.54$$

Ec.3-27.

$$4.3752 F3 - F3 = 169.54$$

$$F3 = \frac{169.54}{3.3752}$$

$$F3 = 50.23 \text{ [N]}$$

reemplazando $F3$ en ec. Ec. 3 - 27

$$F4 = 169.54 + 50.23$$

$$F4 = 219.77 \text{ [N]}$$

3.16 Torque de la banda 1

Fórmula de torque [10].

$$T_1 = F \times R \text{ [Nm]}$$

$$T_1 = [F4 - F3] \times 0.850 \text{ [m]}$$

$$T_1 = (219.77 - 50.23) \text{ [N]} \times 0.850 \text{ [m]}$$

$$T_1 = 144.109 \text{ [Nm]}$$

3.17 Tensión de banda 2

Fórmula de tensión de bandas [10].

$$\frac{F1}{F2} = e^{f \times \theta}$$

$$\frac{F1}{F2} = e^{0.6 \times \pi}$$

$$\frac{F1}{F2} = 4.3752$$

Fórmula de la potencia obtenida [10].

$$P = F \times V$$

$$P = \frac{(F1 - F2) \times V}{746 \text{ [watts]}}$$

Donde

P : [Hp].

V : [m/s].

$$F1 - F2 = \frac{0.5 \times 746 \text{ [watt]}}{1.04 \text{ [m/s]}}$$

$$F1 - F2 = 358.654$$

Ec.3-28

$$4.3752 F2 - F2 = 358.654$$

$$F2 = \frac{358.654}{3.3752}$$

$$F2 = 106.262 \text{ [N]}$$

reemplazando $F2$ en Ec. 3 – 30

$$F1 = 358.654 + 106.262$$

$$F1 = 464.916 \text{ [N]}$$

3.18 Torque de la banda 2

Fórmula de torque obtenido de [10].

$$T = F \times R$$

$$T = (F1 - F2) \times 0.850 \text{ [m]}$$

$$T = (464.916 - 106.262) \text{ [N]} \times 0.850 \text{ [m]}$$

$$T_2 = 304.856 \text{ [Nm]}$$

3.19 Cálculo de ejes bajo cargas estáticas

Diagrama de funcionamiento. Ver figura 25.

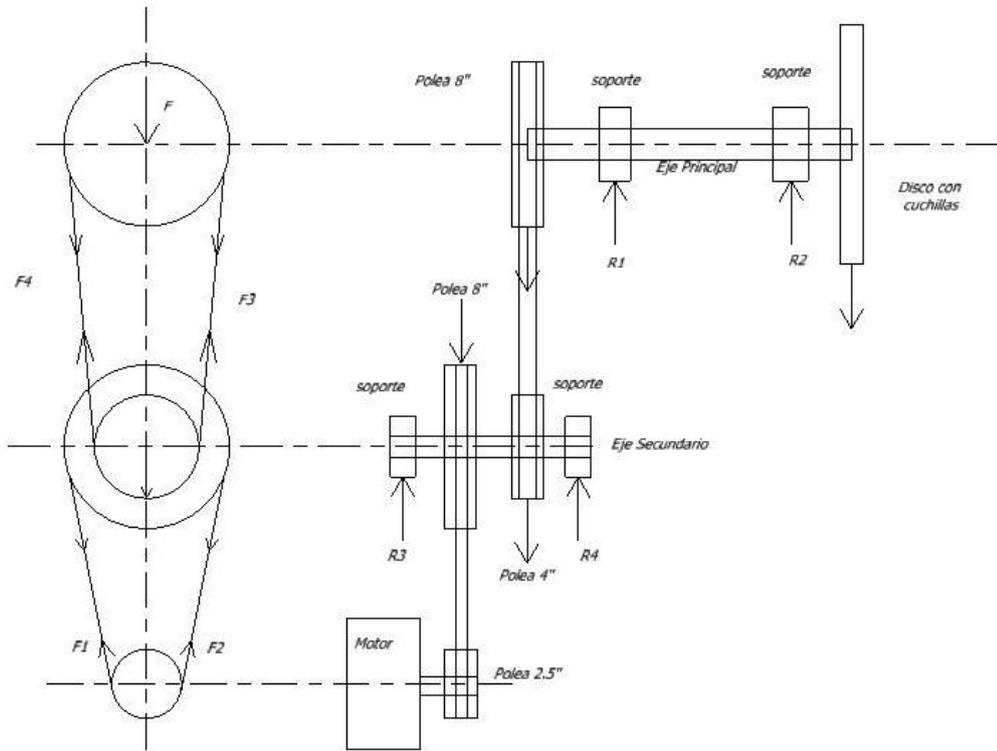


Fig. 25 Diagrama de funcionamiento

Sumatoria de fuerzas en el primer juego de poleas

$$\sum Fy = 0$$

$$F_4 + F_3 + F = 0$$

$$F + 50.23[N] + 219.77[N] = 0$$

$$F = -270[N]$$

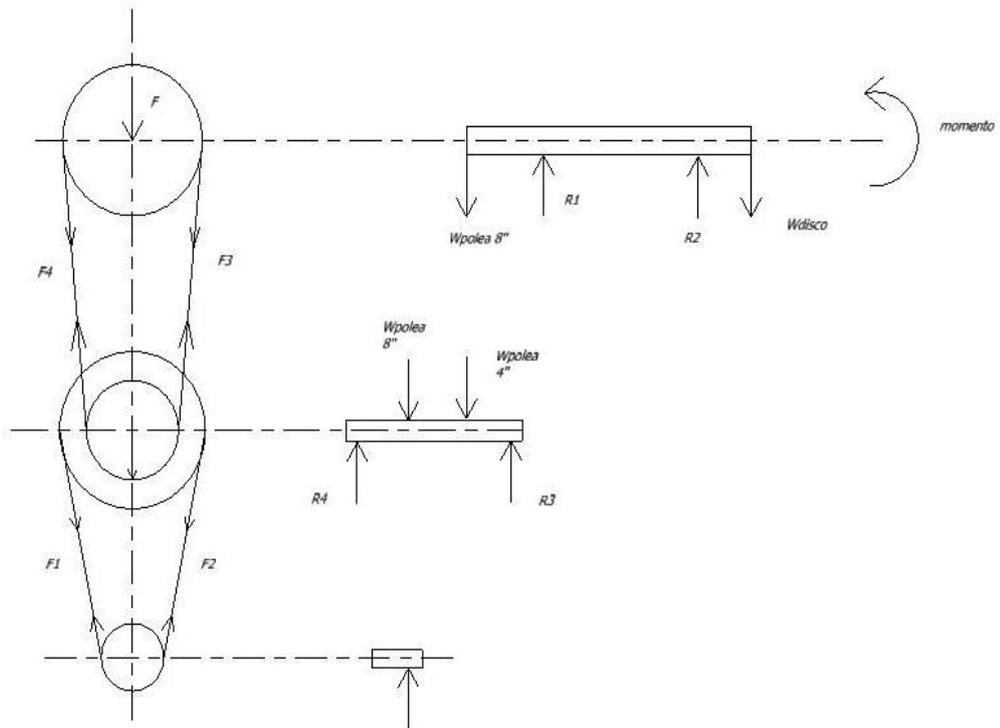


Fig. 26 Diagrama de fuerzas y momentos

Sumatoria de fuerzas en el eje principal y momentos. Ver figura 26.

Donde:

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 = F_T + W_{Disco}$$

$$F_T = F + W_{p8} = 5.68[N] + 270[N] = 275.68[N]$$

$$R_1 + R_2 = -275.68[N] + 13.92[N]$$

$$R_1 + R_2 = -261.76[N]$$

$$\sum M_{R1} = 0$$

$$F_T * d_1 + R_2 * d_2 - W_{Disco} * (d_2 + d_3) = T_1$$

$$-270[N] * 0.085[m] + R_2 * 0.16[m] - 13.92[N] * (0.16m + 0.122[m]) = 144.12[N.m]$$

$$R_2 = 1068.68[N]$$

$$R_1 + 1068.68[N] = -261.76 [N]$$

$$R_1 = -1330.44 [N]$$

En el anexo 1, de la figura 48 a la 55 se detalla los resultados de fuerza cortante, momento de flexión, deflexión y esfuerzo cortante del eje principal con los resultados obtenidos anteriormente de R_1 y R_2

Sumatoria de las fuerzas del juego de poleas

$$\sum Fy = 0$$

$$F_4 + F_3 = F' + F_1 + F_2$$

$$F' = 50.23[N] + 219.77[N] - (464.92[N] + 106.262[N]) = -301.182[N]$$

Sumatoria de fuerzas y momentos en el eje secundario. Ver figura 26.

$$\sum Fy = 0$$

$$R_3 + R_4 - F_T - F' = 0$$

$$R_3 + R_4 - (-275.68[N] - 301.182[N]) = 0$$

$$R_3 + R_4 = -576.862 [N]$$

$$\sum M_{R3} = 0$$

$$-F_T * (0.070m) - F' * (0.12m) + R_4 * (0.2m) = T_2$$

$$-(-275.68[N]) * 0.07[m] - (-301.182[N]) * 0.12[m] + R_4 * 0.2m = 304.86[N.m]$$

$$R_4 = 1247.15[N]$$

$$R_3 + 1247.15[N] = -576.862[N]$$

$$R_3 = -1824.012 [N]$$

En el anexo 2, de la figura 56 a la 63 se detalla los resultados de fuerza cortante, momento de flexión, deflexión y esfuerzo cortante del eje secundario con los resultados obtenidos anteriormente R_3 y R_4 .

3.20 Cálculo estático de bastidor

Se utilizó software Autodesk Inventor para la simulación gráfica.

Para realizar el cálculo estático del bastidor se tomaron las siguientes consideraciones:

1. Peso aproximado del conjunto: cuchillas, plata porta cuchillas eje y poleas denominado $F_1 = -20 [N]$ ver figura 27 y 28.
2. Peso aproximado del motor denominado $F_2 = -50 [N]$ ver figura 27 y 28.
3. Momento aproximado generado en el eje principal denominado $M = 54 [Nm]$ Ver figura 27 y 28.

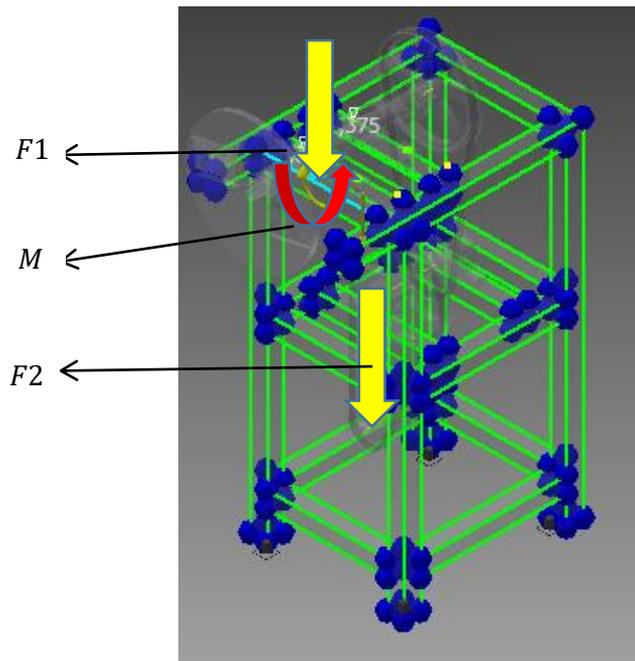


Fig. 27 Diagrama de cuerpo libre

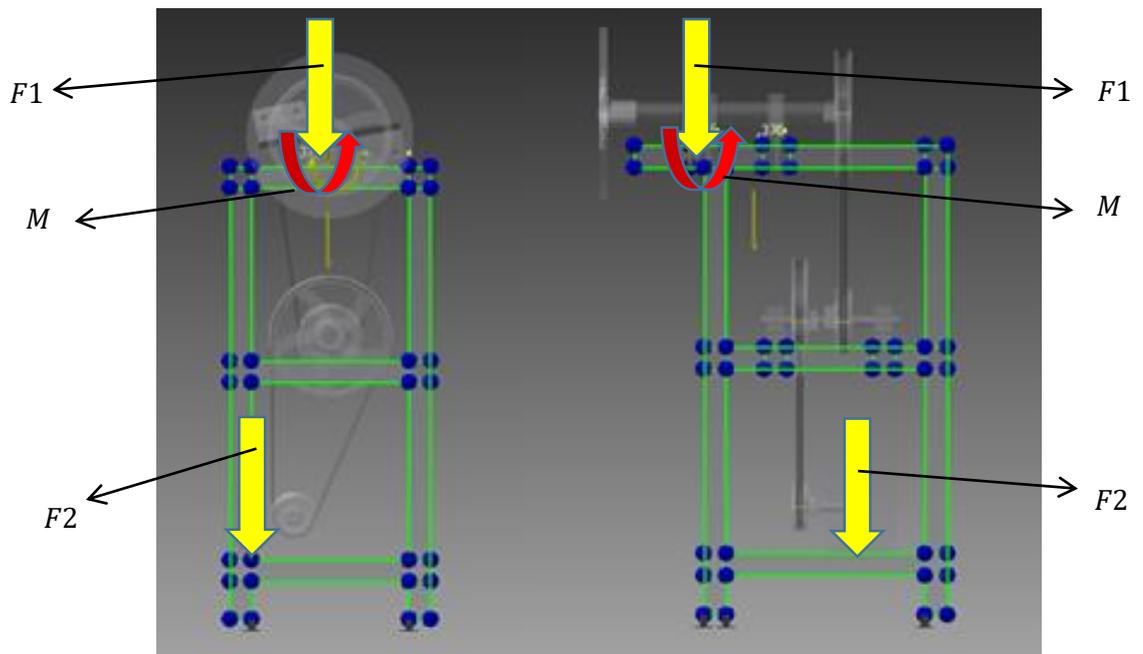


Fig. 28 Diagramas de cuerpo libre en vistas frontal y lateral

4. La base del bastidor fue tomada como fija. Ver figura 29.

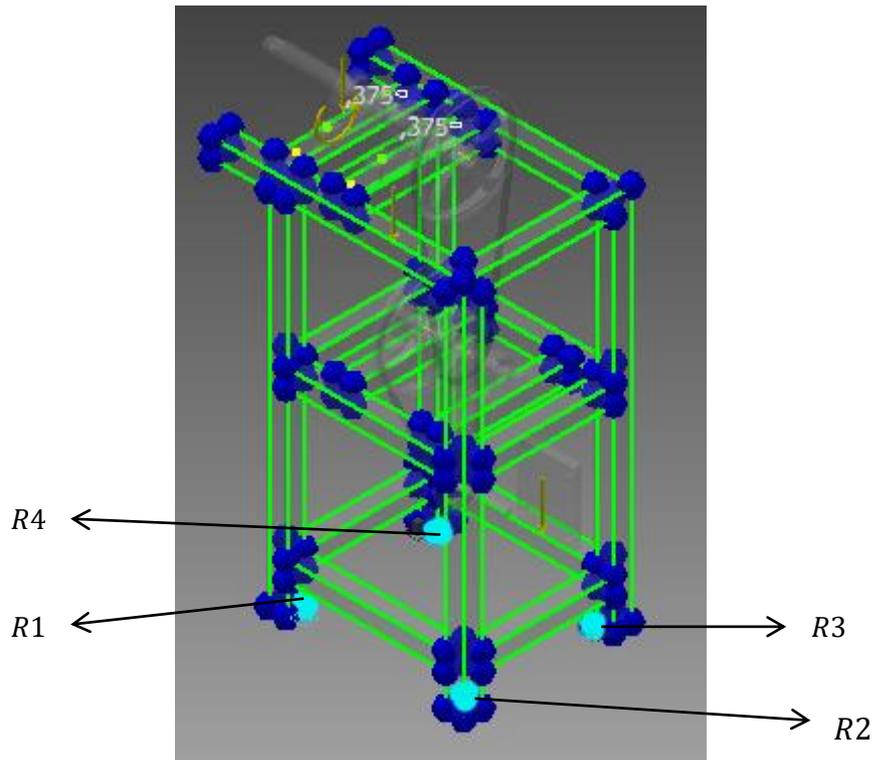


Fig. 29 Reacciones

5. Se considera la estructura formada por acero inoxidable perfil ANSI 1/8x1/8 en los fillos de la estructura

Se detalla la tabla 17 con las reacciones existentes en el bastidor, obtenidas mediante el programa Autodesk Inventor.

En la tabla 18 se detallan los resultados y las imágenes del elemento crítico en el bastidor ver anexo 3.

Tabla 17 Reacciones bastidor

Nombre	Fuerza de reacción		Momentos de reacción	
	Magnitud	Componentes (Fx,Fy,Fz)	Magnitud	Componentes (Mx,My,Mz) [Nm]
Reacción 1	17,388 [N]	-1,291 [N]	253,960 [Nm]	-137,064
		-2,576 [N]		213,781
		17,147 [N]		2,633
Reacción 2	3,194 [N]	1,300 [N]	55,007 [Nm]	-51,223
		-0,278 [N]		10,425
		2,904 [N]		17,126
Reacción 3	39,686 [N]	1,310 [N]	95,560 [Nm]	27,259
		0,171 [N]		-91,023
		39,664 [N]		-10,168
Reacción 4	30,877 [N]	-1,319 [N]	262,973 [Nm]	226,125
		2,684 [N]		-83,978
		30,732 [N]		104,736

Tabla 18 Sumario de resultados

Nombre		Mínimo	Máximo
Desplazamiento		0,000 [m]	6,9412692328672E+010 m
Fuerzas	Fx	-15,850 [N]	49,131 [N]
	Fy	-10,513 [N]	49,188 [N]
	Fz	-49,164 [N]	48,106 [N]
Momentos	Mx	-636,027 [Nm]	1403,928 [Nm]
	My	-1531,776 [Nm]	1897,806 [Nm]
	Mz	-288,281 [Nm]	303,985 [Nm]
Esfuerzo normal	Smax	-3,147 [MPa]	351,190 [MPa]
	Smin	-360,734 [MPa]	3,060 [MPa]
	Smax(Mx)	0,000 [MPa]	263,187 [MPa]
	Smin(Mx)	-263,187 [MPa]	-0,000 [MPa]
	Smax(My)	0,000 [MPa]	355,772 [MPa]
	Smin(My)	-355,772 [MPa]	-0,000 [MPa]
	Saxial	-4,772 [MPa]	4,877 [MPa]
Esfuerzo de corte	Tx	-7,311 [MPa]	2,359 [MPa]
	Ty	-7,319 [MPa]	1,564 [MPa]
Esfuerzo de torsión	T	-45,610 [MPa]	43,254 [MPa]

Para ver los elementos críticos colocados en la tabla revisar anexo 3 figuras 64 a 80.

Esfuerzo de torsión en elementos circulares

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16 * 5.375[Nm]}{\pi * (0.032[m])^3}$$

Ec.3-2

$$\tau = 835408.2 \frac{N}{m^2} = 0.835[MPa]$$

Esfuerzo a flexión en elementos circulares

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3} = \frac{32 * 144.14[Nm]}{\pi * (0.032[m])^3}$$

Ec.3-3

$$\sigma = 44805846.67 \frac{N}{m^2} = 4.48[MPa]$$

Con los resultados anteriores se realizan los cálculos para el esfuerzo de Von Mises.

Esfuerzo de Von Mises [10]

$$[\sigma]_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]$$

Ec.3-4

$$[\sigma] = \frac{S_y}{F_s} = \frac{207 [MPa]}{3} = 69 [MPa]$$

$$[\sigma]_{eq} = \sqrt{(4.48[MPa])^2 + (30.835[MPa])^2} \leq [\sigma]$$

$$[\sigma]_{eq} = 31.16 [MPa] \leq 69 [MPa]$$

El esfuerzo de Von Mises [10] es menor al esfuerzo de fluencia del material se puede concluir que no existirá falla por fluencia.

Diseño de fatiga

$$[\sigma] = \frac{S_e}{F_s} = \frac{128.95[MPa]}{3} = 42.98[MPa]$$

Ec.3-6

S_e : límite de resistencia la fatiga

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases}$$

Extraído de [10].

$$k_a = 4.51[\text{MPa}] * 207[\text{MPa}]^{-0.265} = 1.09$$

$$k_b = 0.879 * 0.032^{-0.107} = 1.27$$

$$k_c = 1$$

$$k_d = 1$$

$$k_e = 1$$

$$k_f = 0.9$$

Extraído de [10].

$$S_e = 1.09 * 1.27 * 1 * 1 * 1 * 0.9 * (0.5 * 207[\text{MPa}])$$

$$S_e = 128.95[\text{MPa}]$$

Teniendo valores de $S_y = 207 [\text{Mpa}]$, $S'_n = 103.5 [\text{Mpa}]$ y $S_e = 103.5 [\text{Mpa}]$ se realizó la gráfica S-N, ver fig. 30, para obtener los ciclos de vida del eje siendo:

$$S = 0.9 S_y = 186.7 [\text{Mpa}]$$

$$S'_n = 0.5 S_y = 103.5 [\text{Mpa}]$$

$$S_e = 103.5 [\text{Mpa}]$$

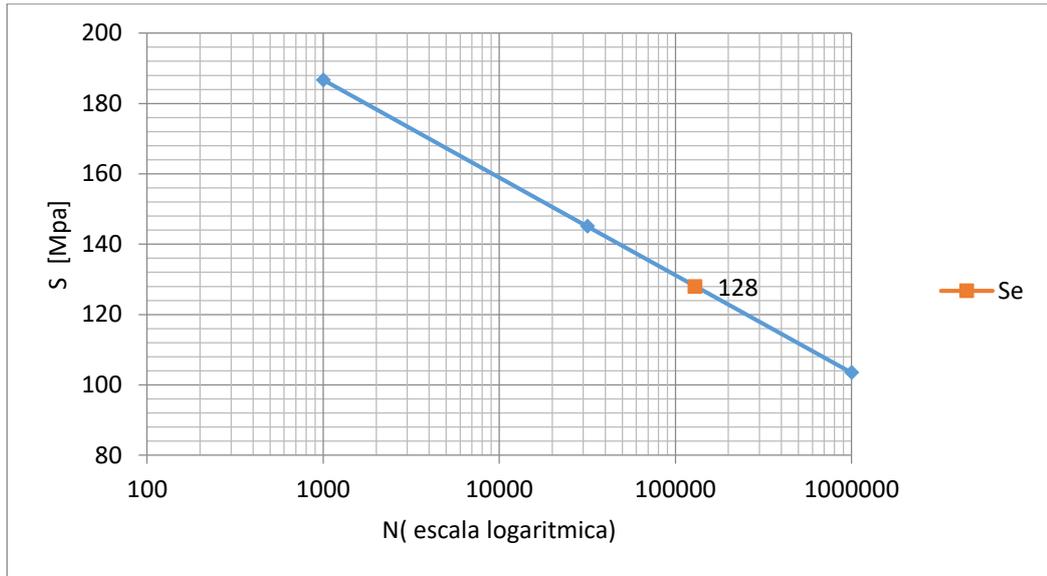


Fig. 30 Gráfica S-N

Con el resultado de obtenido de S_e se determinan el ciclo de vida del eje de la siguiente manera:

$$\frac{186.7 - 103.5}{\text{Log}(10^6) - \text{Log}(10^3)} = \frac{186.7 - 128}{\text{Log}(n) - \text{Log}(10^3)}$$

$$n = 10^{5.11} = 128824.95 \text{ ciclos}$$

CAPITULO 4

Costos

En este capítulo se presentan los costos directos e indirectos del proceso de la fabricación de la máquina cortadora de frutas.

4.1 Costos directos

Son los costos principales en el proceso de construcción de la máquina cortadora de frutas por medio de los siguientes parámetros:

- Costos en materia prima.
- Costos de mano de obra directa.
- Costos de fabricación.

4.1.2 Costos de materia prima

Los costos de la materia prima se presentan en la tabla 19.

4.1.2.1 Costos de materiales

Para la construcción de la máquina cortadora de frutas se requiere elementos que se encuentran bajo estándares normalizados que existen en el mercado.

Se detallan el costo de cada elemento en la tabla 20.

Tabla 19 Costos de materia prima utilizada

COSTOS DE MATERIA PRIMA				
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	COSTOS (\$)
1	Tubo Cuadrado 50x2 (8.9Kg)	2 kg	10,10	20,20
2	Placa de acero inoxidable A304 (120x50)mm	3 u	14,47	43,41
3	Plancha de acero inoxidable 2" A304	3 u	2,54	7,62
4	Plancha de acero inoxidable 2"x30	2 u	2,68	5,36
5	Plancha de acero inoxidable 2"x40	1 u	3,13	3,13
6	Plancha de acero inoxidable 2"x20	2 u	2,23	4,46
7	Plancha de acero inoxidable 2"x285	1 u	5,80	5,80
8	Eje acero M303	4 u	70,00	280,00
9	Plancha de acero inoxidable (200x300x3)mm	1 u	7,44	7,44
10	Plancha de acero inoxidable (100x200x4)mm	1 u	3,10	3,10
11	Plancha de acero inoxidable (84x350x2)mm	1 u	1,85	1,85
12	Plancha de acero INOX 304 (4x30)mm	1 u	0,60	0,60
13	Aceros de transmisión 2"x20mm	1 u	0,90	0,90
14	Acero de transmisión 2 1/4"x20 mm	2 u	2,00	4,00
			Subtotal	387,87
			Total	387,87

Se toma en cuenta los materiales que se encuentran en el listado que se podrá verificar en las figuras 30 al 46.

Tabla 20 Costos de materiales normalizados

COSTOS DE MATERIALES NORMALIZADOS				
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	COSTOS (\$)
1	Discos de corte DWALL	25	1,70	42,50
2	Poleas de canal Ø 8 plg	2	10,47	20,94
3	Polea de canal Ø 4 plg	1	6,20	6,20
4	Polea de Ø 2,5 plg	1	4,75	4,75
5	Botonera ON/OFF	1	4,45	4,45
6	Tuerca acero negro exag G5 UNC 1/2"	2	0,25	0,50
7	Prisionero allen acero negro exag UNC 8x1,25	2	0,05	0,10
8	Pernos acero inox exag UNC 8x1,25x30mm	6	0,21	1,26
9	Tuercas milim acero inox exag UNC8x1,25	6	0,12	0,72
10	Anillo plano acero inoxidable 5/16"	6	0,15	0,90
11	Pernos acero inox exag UNC 6x1,00x12mm	6	0,06	0,36
12	Tuerca milim acero inox exag UNC 6x1,00	6	0,03	0,36
13	Anillo plano acero inoxidable 3/8"	6	0,17	1,02
14	Tuerca milim acero inox exag UNC 10x1,50	6	0,25	1,50
15	Anillo plano acero inoxidable 1/2"	1	0,37	0,37
16	Anillo plano galvanizado 1/4"-MP	1	0,03	0,03
17	Pernos allen acero inox.c/cilin M8x16mm	1	0,17	0,17
18	Anillo plano acero inoxidable 1/4"	6	0,10	0,60
19	Motor 1/2 hp velocidad 1700 rpm monofásico 110v-220v	1	250,00	250,00
20	Alambre Gemelo 2x16	2	0,53	1,06
21	Enchufe blindado 2/PT/EAGLE 2	1	0,85	0,85

22	Banda mitsuba 174270 HYU elantra 1,6 (12.5x1120x17440)	1	3,58	3,58
23	Banda mitsuba 17480 merces Benz 1921 alt (12.5x1120x17440)	1	4,46	4,46
			Subtotal	346,68
			Total	346.60

Se toma en cuenta los materiales que se encuentran en el listado que se podrá verificar en las figuras 30 al 46.

4.1.3 Costos de mano de obra directa

Los costos de mano de obra son los valores al esfuerzo físico y mental como la prestación de servicios del operario. El valor económico que obtiene cada operario depende de la máquina a trabajar del elemento mecánico. Ver tabla 21.

Es necesario saber que para el cálculo de costos de mano de obra es dispensable el tiempo, que puede existir de las siguientes maneras:

- Tiempo muerto: lapso temporal en el cual no se realiza trabajo útil como el montaje de piezas o el cambio de cuchillas.
- Tiempo de mecanizado: periodo en el cual se fabrica las partes de la máquina.

Tabla 21 Costos de mano de obra empleada

COSTOS DE MANO DE OBRA					
ITEM	ELEMENTO	PROCESO	VALOR POR HORA (\$)	TIEMPO DE MECANIZADO (h)	COSTOS (\$)
1	Tapa de la tolva	Corte Soldado	4	0,20	0,80
		Perforado	12	0,45	5,40
			2	0,10	0,20
2	Bandeja	Corte Soldado	4	0,50	5
		doblado	12	0,30	14
			1,20	3,20	3,84
3	Tapa Izquierda	Corte Soldado	4	0,40	1,60
		Perforado	12	0,40	4,80
			2	0,20	0,40
4	Tapa derecha	Corte Soldado	4	0,30	1,20
		Perforado	12	0,30	3,60
			2	0,20	0,40
5	Tapa superior	Corte Soldado	4	0,30	1,20
			12	0,40	4,80
6	Tapa de la polea	Corte Soldado	4	0,30	5
		Perforado	12	0,20	14
			2	0,20	2,05
7	Tapa del eje	Corte Soldado	4	0,60	2,40
		Perforado	12	0,30	3,60
			2	0,10	0,20
8	Disco Giratorio	Torneado	13	1	13
		Perforado	2	0,30	0,60
		Mortajadora	12	0,40	4,80
9	Cuchillas	Corte	4	0,20	0,80
		Afilado	3	0,50	1,50
		Tratamiento	15	4	60
10	Eje principal	Corte	4	0,40	1,60
		Torneado	13	1,10	14,30
		Fresado	5	0,20	1
11	Eje Secundario	Corte	4	0,30	1,20
		Torneado	13	0,45	5,85
		Fresado	5	0,20	1
12	Poleas 8 plg	Torneado	13	0,45	5,85
		Mortajadora	12	0,30	3,60

13	Poleas 8 plg	Torneado	13	0,45	5,85
		Mortajadora	12	0,30	3,60
14	Poleas 4 plg	Torneado	13	0,25	3,25
		Mortajadora	12	0,15	1,80
15	Poleas 2,5 plg	Torneado	13	0,25	3,25
		Mortajadora	12	0,15	1,80
				Total	204,09

DATOS PROPORCIONADOS POR MAYPROM INGENIERIA MECANICA

4.2 Costos indirectos

4.2.1 Costos adicionales

Los costos adicionales son valores que no están directamente dentro de la construcción de la máquina, pueden llegar a ser un 15% del valor del proyecto.

4.2.2 Costos de diseño

Son aquellos costos que no son suministros directamente, es el desempeño de la persona para realizar los cálculos necesarios, diseño, planos e investigación, por lo tanto, esto lleva un valor del 35 % total del proyecto por conocimientos empleados.

4.2.3 Costo total de la máquina

Se presenta el costo total de la máquina en la tabla 22.

Tabla 22 Costo total de la máquina

COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA	
COSTOS DIRECTOS (\$)	
Materia Prima	387,87
Elementos normalizados	346,60
Mano de obra	204,09
Total	938,56
COSTOS INDIRECTOS (\$)	
Costos Adicionales	161,44
Costos de diseño	500
Total	661,44
Costo total	1.600

4.3 Cálculo del VAN y TIR

El valor actual neto (VAN) es un dato que se tiene para poder saber si el proyecto es viable o no sabiendo los flujos de ingreso y egresos de la empresa, si el VAN es menor que 0, el proyecto no es factible.

Tasa interna de retorno (TIR) es la máxima tasa de descuento que puede tener un proyecto para ser rentable [12]. Ver tablas 25.

El valor de ingresos que aproximadamente tendrá la empresa dentro de 5 años con la máquina cortadora de frutas ver en la tabla 23.

El valor de egresos que aproximadamente tendrá la empresa dentro de 5 años por el mantenimiento de la máquina ver en la tabla 24.

Tabla 23 Flujo de ingresos

FLUJO DE INGRESOS	
	A
AÑO	VALOR (\$)
1	3.500,00
2	4.302,00
3	5.500,00
4	6.300,00
5	7.362,00

Tabla 24 Flujo de egresos

FLUJO DE EGRESOS	
	B
AÑO	VALOR (\$)
1	1.253,02
2	1.340,80
3	2.132,05

4	2.457,69
5	3.256,74

Tabla 25 Flujo de efectivo neto

FLUJO DE EFECTIVO NETO	
	A- B
AÑO	VALOR (\$)
1	2.246,98
2	2.961,20
3	3.367,95
4	3.842,31
5	4.105,26
Datos	
f1=	\$2.246,98
f2=	\$2.961,20
f3=	\$3.367,95
f4=	\$3.842,31
f5=	\$4.105,26
n=	5
i=	6% tasa de interés
Inversión total (IO)=	\$1.600,00

$$VAN = \frac{f1}{(i+1)^{n1}} + \frac{f2}{(i+1)^{n2}} + \frac{f3}{(i+1)^{n3}} + \frac{f4}{(i+1)^{n4}} + \frac{f5}{(i+1)^{n5}} - IO$$

Ec.4-1 [44]

$$VAN = \frac{2246,98}{(0.60+1)^1} + \frac{2961,2}{(0.60+1)^2} + \frac{3367,95}{(0.60+1)^3} + \frac{3842,31}{(0.60+1)^4} + \frac{4105,26}{(0.60+1)^5} - IO$$

$$VAN = 1404.36 + 1156.72 + 822.253 + 586.29 + 391.508 - 1600$$

$$VAN = 4361.13 - 1600.00$$

$$VAN = 2760.13$$

Para poder realizar el TIR se coloca que el VAN = 0

$$0 = \frac{f1}{(i+1)^{n1}} + \frac{f2}{(i+1)^{n2}} + \frac{f3}{(i+1)^{n3}} + \frac{f4}{(i+1)^{n4}} + \frac{5}{(i+1)^{n5}} - IO$$

Ec.4-2 [44]

$$0 = \frac{2246,98}{(i+1)^1} + \frac{2961,2}{(i+1)^2} + \frac{3367,95}{(i+1)^3} + \frac{3842,31}{(i+1)^4} + \frac{4105,26}{(i+1)^5} - 1600$$

Se realiza las pruebas de error y se tiene que $i = 1.61$

$$0 = \frac{2246,98}{(1.61+1)^1} + \frac{2961,2}{(1.61+1)^2} + \frac{3367,95}{(1.61+1)^3} + \frac{3842,31}{(1.61+1)^4} + \frac{4105,26}{(1.61+1)^5} - 1600$$

$$0 = \frac{2246,98}{(1.61+1)^1} + \frac{2961,2}{(1.61+1)^2} + \frac{3367,95}{(1.61+1)^3} + \frac{3842,31}{(1.61+1)^4} + \frac{4105,26}{(1.61+1)^5} - 1600$$

$$0 = 860.912 + 434.697 + 189.428 + 82.8 + 33.89 - 1600$$

$$0 = 0$$

El proyecto si es rentable por la producción y el costo de la máquina, se realizó un estudio de 5 años de producción.

CAPITULO 5

Construcción y resultados.

5.1 Construcción

Considerando los aspectos técnicos y los resultados de los cálculos obtenidos del diseño, la máquina requiere de varios procesos de mecanizados; torneado, fresado, perforado y doblado para las partes de las que se constituye; las cuchillas requieren también tratamiento térmico de templado y amolado , con el objetivo de obtener el filo cortante adecuado. Para el ensamblaje se utiliza soldadura para la estructura de la máquina o bastidor. Ver anexo 4.

5.1.1 Proceso de construcción.

Para el bastidor, el material utilizado es el acero ASTM 36 en perfiles cuadrados soldados perpendicularmente según se muestra en los planos. Ver figuras 31, 32 y 33. Ver anexo 4. La soldadura SMAW resulta ser más apropiada para este tipo de máquinas, los elementos que están en contacto con las frutas son realizados con acero grado alimenticio AISI 316 y AISI 304.

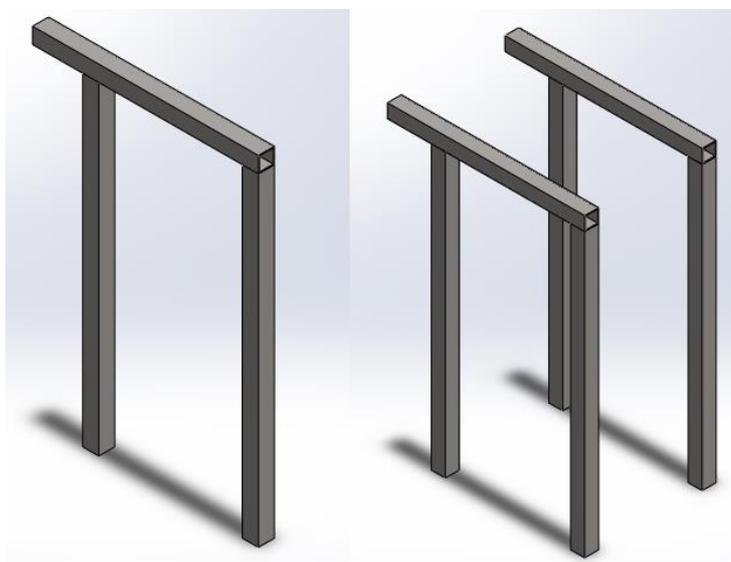


Fig. 31 Vigas y Columnas

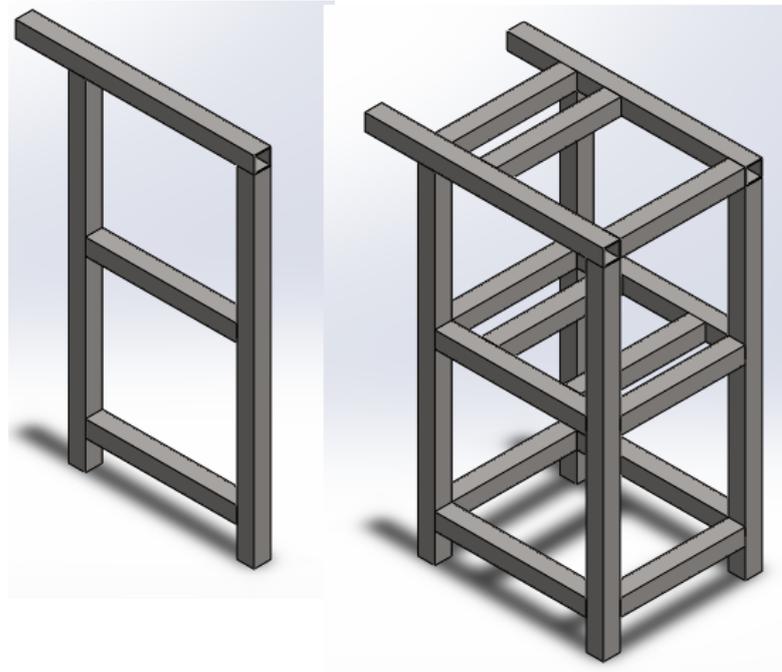


Fig. 32 Vigas laterales y entrelazadas

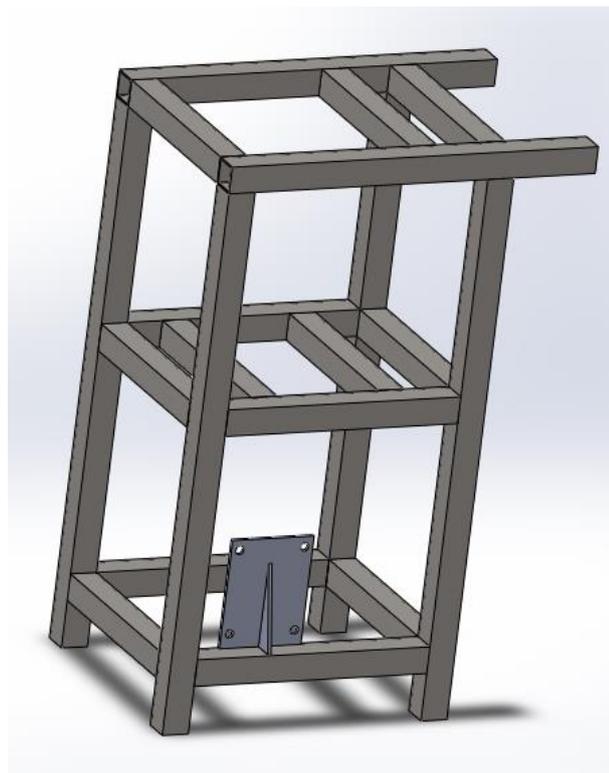


Fig. 33 Soporte del motor

Al tener que cortar las frutas en rodajas, con espesor uniforme y en corto tiempo, se optó por tener cuchillas giratorias, que además de tener la función de cortar, con la ayuda de la fuerza centrífuga, se tiende a expulsar o separa las rodajas cortadas de las mismas. Ver anexo 5.

Se diseñaron las cuchillas con el material AISI 410 grado alimenticio, con un proceso de fresado, amolado para así poder tener el filo cortante con un ángulo apropiado para el espesor de 3 mm de rodaja que requiere el producto. Finalmente, se somete a un tratamiento térmico para aumentar su dureza, denominado temple, y mantener el filo cortante. Ver figura 34. Ver anexo 4.

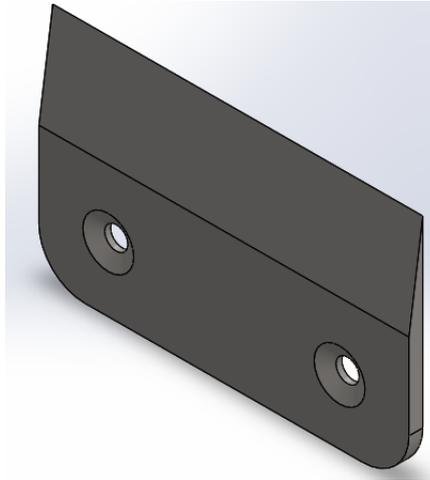


Fig. 34 Cuchilla

El proceso de torneado y fresado se mecaniza y se tiene el porta cuchillas con acero de grado alimenticio, ya que está en contacto con las frutas, se realiza el perforado de la parte central del porta cuchillas para que ingrese y sostenga un eje principal de acero AISI 4340, así como la ranura para el pasador, arandela y chaveta. Ver figura 35.

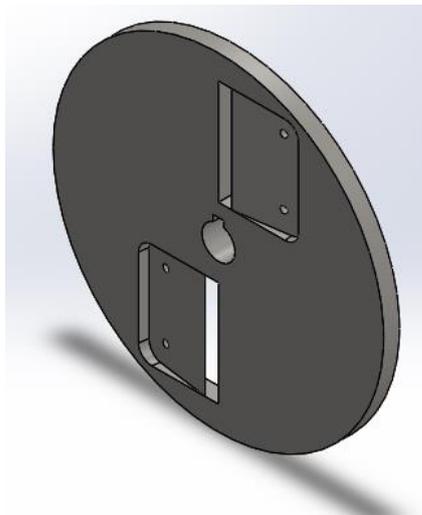


Fig. 35 Plato Porta cuchillas

Con los cálculos obtenidos en el capítulo 3 en la selección de motor se realiza la compra de un motor de $\frac{1}{2}$ hp de potencia que sustenta el movimiento del porta

cuchillas, se diseñó un sistema de poleas para reducir las revoluciones y fuerza. Las mismas que se pueden obtener en el mercado pues son elementos normalizados. Se realizó el proceso de torneado de dos ejes, fabricadas en acero AISI 4340, el principal que sirva de soporte del porta cuchillas, ver figura 36, y su polea, el secundario se diseñó para agrupar el juego de poleas que permite obtener el resultado del tren de poleas y bandas para disminuir las rpm del motor. Ver figura 37.

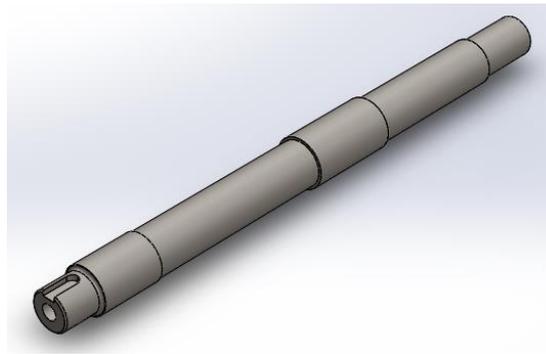


Fig. 36 Eje principal

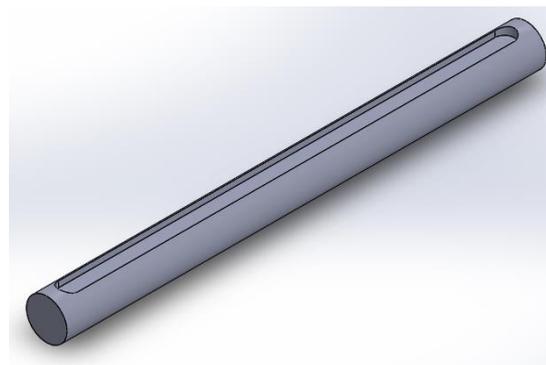


Fig. 37 Eje secundario

Con el sistema principal construido, los trozos de fruta volaban en diferentes direcciones, se instalò una tolva que evitaba que esto sucediera (llamada tapa posterior tolva) de material de acero de grado alimenticio. Ver figura 38. Para evitar accidentes se construyó una tolva de alimentación, que sirve para el ingreso de las frutas hacia las cuchillas eliminar el contacto entre operarios y partes en movimiento. Ver figura 39. También se construyó una tolva de expulsión, ver figura 40, y una bandeja para recoger los trozos de fruta recién cortados. Ver figura 41. Además de una cubierta para el eje principal y para su polea, ver figura 42, todo el material se realizó con acero AISI 304 y para la bandeja acero AISI 316. Ver anexo 4.

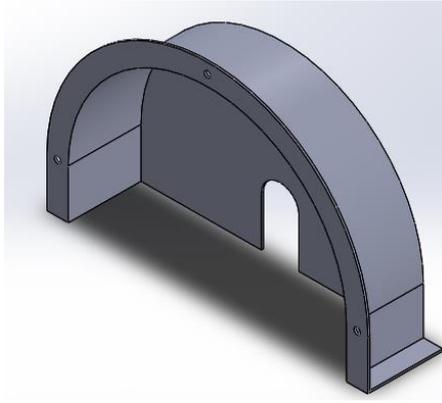


Fig. 38 Tapa posterior tolva

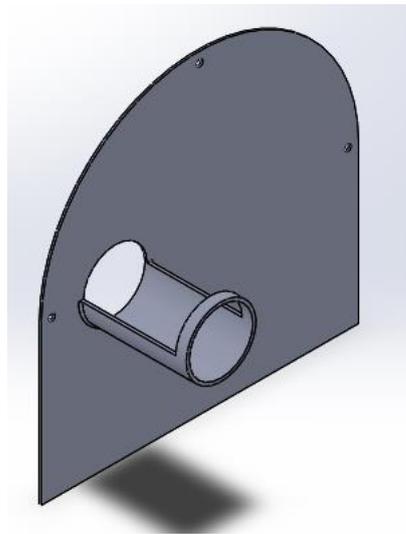


Fig. 39 Tolva de alimentación

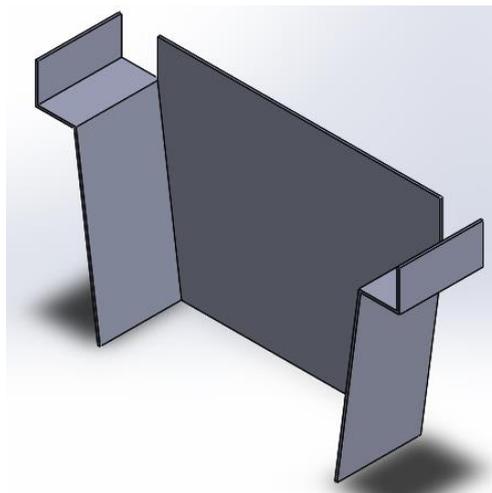


Fig. 40 Tolva de expulsión

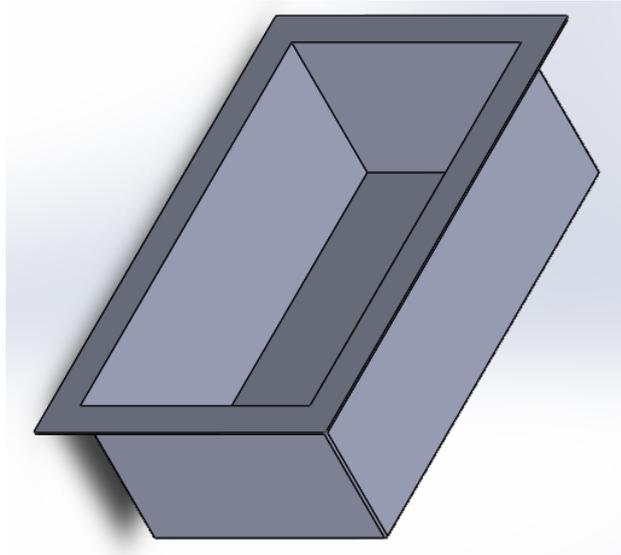


Fig. 41 Bandeja

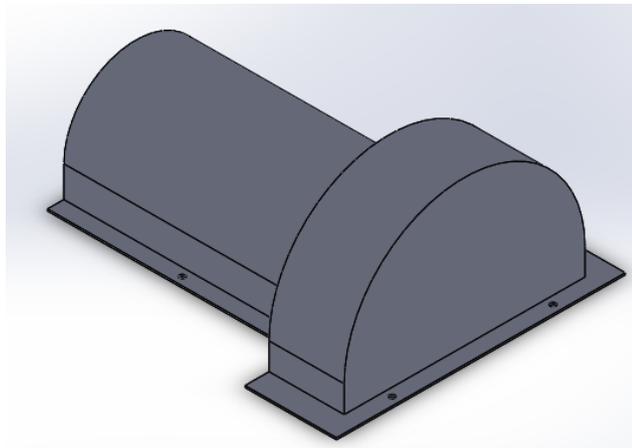


Fig. 42 Cubierta eje principal

Para mantener separadas las partes móviles de las frutas, la mejor solución son paneles de acero inoxidable de grado alimenticio, cortados y perforados de acuerdo a los planos, Ver anexo 4.

5.2 Ensamble

Con las piezas construidas se realiza el ensamble de la máquina, partiendo del bastidor como base, se realizaron perforaciones que sujetan las chumaceras, motor y placas protectoras con sus respectivos pernos y tuercas. Ver figura 43. Ver anexo 5.

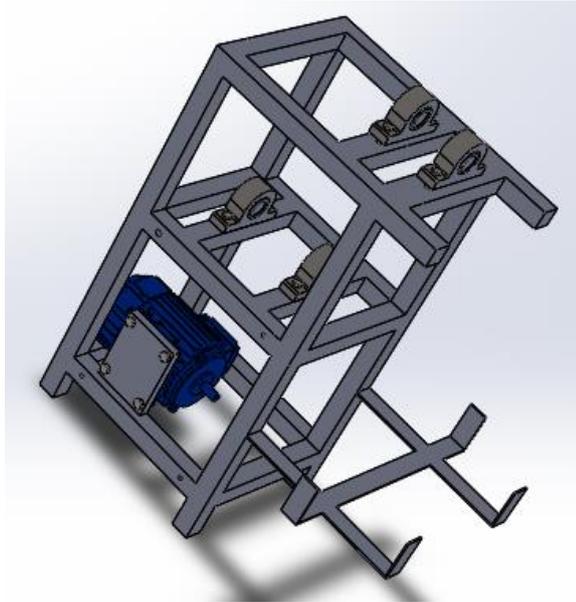


Fig. 43 Perforaciones en bastidor

Se incrustaron las cuchillas en el plato porta cuchillas y se las fijó con sus respectivos pernos y tuercas. Ver figura 44.

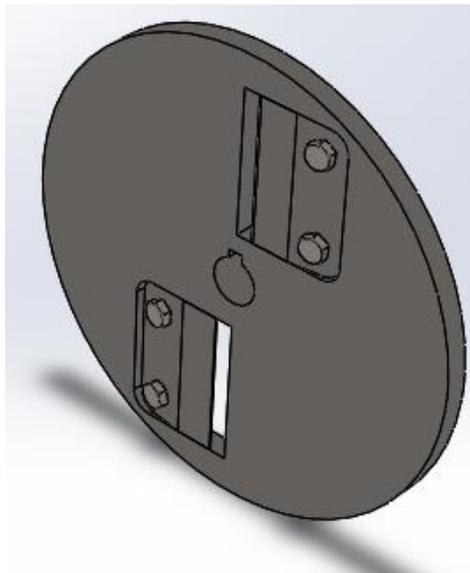


Fig. 44 Plato y cuchillas

A continuación, se acopló el eje principal y secundario a las chumaceras, y se fijó en el bastidor, a los ejes se ajustaron las poleas, en el eje principal también se colocó el plato porta cuchillas, y se realizaron algunas pruebas para confirmar el ancho de las rodajas. Ver figura 45. Ver anexo 5.

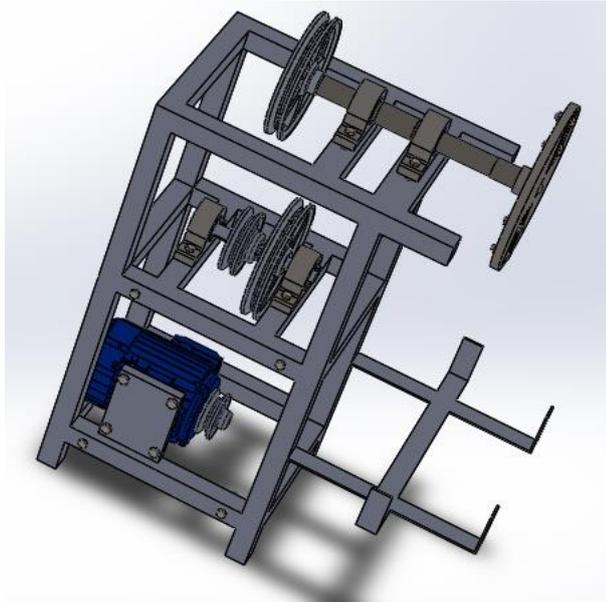


Fig. 45 Bastidor con poleas, ejes y plato

Con el fin de poner en funcionamiento el sistema se colocaron las bandas y regular con una tensión que se especifica en el capítulo 3. Ver figura 46.

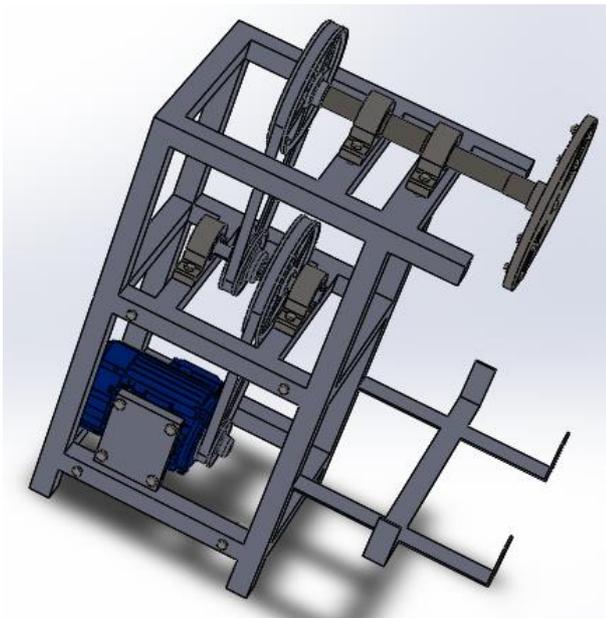


Fig. 46 Conjunto con bandas

Finalmente, para mantener las reglas que se tiene en el ámbito alimenticio se recubrió a toda la máquina con paneles modificados de acero inoxidable de grado alimenticio para evitar la contaminación del ambiente o de la misma máquina y así obtener una estética diferente a la de otras máquinas. Ver figura 47. Ver anexos 4, 5.

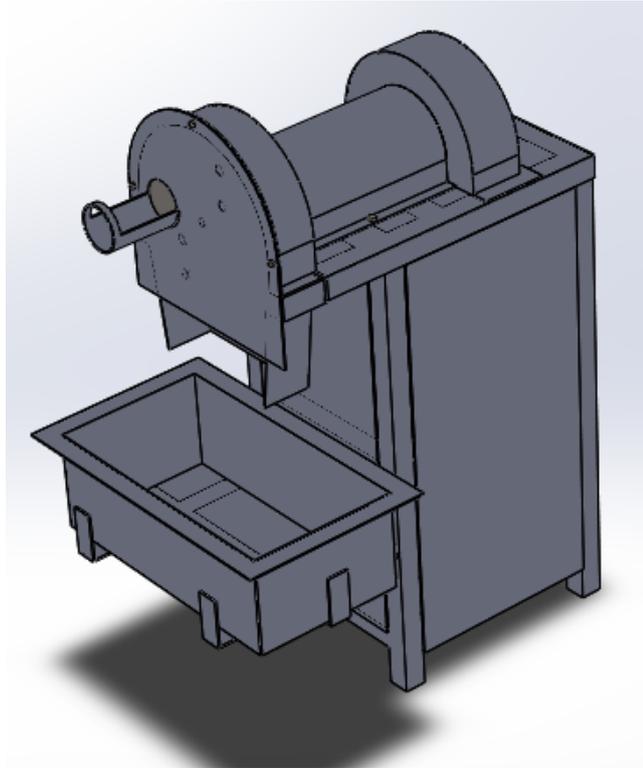


Fig. 47 Conjunto con paneles

5.3 Pruebas y capacidad del equipo.

5.3.1 Análisis de la empresa con corte manual

De la visita que se realizó en la empresa “El Salinerito” se proporcionó datos, los más importantes para el análisis o estudio ,brindados por la administradora general de la empresa , sección de frutas deshidratadas.

Los productos se venden a la empresa “Supermaxi” la cantidad de aproximadamente 5000 fundas con un peso de 12.5 g por unidad, este pedido se realiza cada dos meses con la misma cantidad de fundas, por entrega se tiene un peso aproximado de 62 500 g de producto deshidratado.

En una producción aproximada de 3000 fundas de frutas deshidratadas contienen:

- 300 piñas
- 570 de papaya hawaiana
- 1400 de manzana chilena
- 910 de plátano

El proceso del corte de las frutas tiene un tiempo estimado de 7 días laborables (56 horas laborables), tomando en cuenta la dificultad para cortar por lo que se clasifica de todos estos días en la siguiente manera

- Plátano: corte 2 días
- Manzana: corte 3 días
- Papaya: corte 1 día
- Piña: corte 1 día

Conclusión: no se puede aumentar la producción de la empresa ya que tiene pedidos estables, pero se puede aumentar la eficiencia de los procesos internos, esto quiere decir que se mejorara el tiempo de producción y se normalizará el ancho de las frutas cortadas.

5.3.2 Análisis de tiempo de corte con la máquina

Se comparan los tiempos de corte de la empresa antes y después de la implementación máquina para así conocer su eficiencia de tiempo en el proceso.

Se analiza el tiempo de corte de cada fruta:

5.3.2.1 Manzana

Para el corte en rodajas de cada manzana el proceso de corte manual el tiempo es de 1 minuto. Ver tabla 26.

Tabla 26 Tiempo de corte manual para la manzana

Unidades	Hora de trabajo (min)
1400	1400

Tabla 27 Tiempo de corte de la manzana con la máquina

Unidades	Tiempo de corte (seg)
1	10

Con la máquina se establece que se corta una manzana en un tiempo de 10 segundos. Ver tabla 27.

$$\text{Tiempo de corte} = \frac{1400 \text{ manzana} * 10 \text{ seg}}{1 \text{ manzana}}$$

$$\text{Tiempo de corte} = 14000 \text{ seg} = 233.33 \text{ min}$$

$$\text{rendimiento} = \frac{1400 \text{ min} * 100\%}{233.33 \text{ min}}$$

$$\text{rendimiento} = 600\%$$

Conclusión: El tiempo de corte de las manzanas con la máquina es de 233.33 min, y se mejora el rendimiento en un 600 %.

5.3.2.2 Plátano

Para el corte en rodajas de los plátanos el proceso de corte manual en un tiempo de 1 minuto. Ver tabla 28.

Tabla 28 Tiempo de corte manual para el plátano

Unidades	Hora de trabajo (min)
910	910

Tabla 29 Tiempo de corte para el plátano con la máquina

Unidades	Tiempo de corte (seg)
1	10

Con la máquina cortadora de frutas se establece que se corta un plátano en un tiempo de 10 segundos. Ver tabla 29.

$$\text{Tiempo de corte} = \frac{910 \text{ plátano} * 10 \text{ seg}}{1 \text{ plátano}}$$

$$\text{Tiempo de corte} = 9100 \text{ seg} = 152 \text{ min}$$

$$\text{rendimiento} = \frac{910 \text{ min} * 100\%}{152 \text{ min}}$$

$$\text{rendimiento} = 600\%$$

Conclusión: El tiempo de corte de los plátanos con la máquina es de 152 min, y se mejora el rendimiento en un 600 %.

5.3.2.3 Piña

Para el corte en rodajas de la piña en el proceso de corte manual el tiempo es de 5 minutos para cada piña. Ver tabla 30.

Tabla 30 Tiempo de corte manual para la piña

Unidades	Hora de trabajo (min)
300	1500

Tabla 31 Tiempo de corte para la piña con la máquina

Unidades	Tiempo de corte (seg)
1	20

Con la máquina cortadora de frutas se establece que se corta una piña en un tiempo de 20 segundos. Ver tabla 31

$$\text{Tiempo de corte} = \frac{300 \text{ piñas} * 20 \text{ seg}}{1 \text{ piñas}}$$

$$\text{Tiempo de corte} = 6000 \text{ seg} = 100 \text{ min}$$

$$\text{rendimiento} = \frac{1500 \text{ min} * 100\%}{100 \text{ min}}$$

$$\text{rendimiento} = 1500\%$$

Conclusión: El tiempo de corte de las piñas con la máquina es de 100 min, y se mejora el rendimiento en un 1500 %.

5.3.2.4 Papaya

Para el corte en rodajas de la papaya en el proceso de corte manual el tiempo es de 4 minutos para cada papaya. Ver tabla 32.

Tabla 32 Tiempo de corte manual para la papaya

Unidades	Hora de trabajo (min)
570	2280

Tabla 33 Tiempo de corte para la papaya con la máquina

Unidades	Tiempo de corte (seg)
1	20

Con la máquina cortadora de frutas se establece que se corta una piña en un tiempo de 20 segundos. Ver tabla 33.

$$\text{Tiempo de corte} = \frac{570 \text{ papaya} * 20 \text{ seg}}{1 \text{ papaya}}$$

$$\text{Tiempo de corte} = 11400 \text{ seg} = 190 \text{ min}$$

$$\text{rendimiento} = \frac{2280 \text{ min} * 100\%}{190 \text{ min}}$$

$$\text{rendimiento} = 1200\%$$

Conclusión: El tiempo de corte de las papayas con la máquina es de 190 min, y se mejora el rendimiento en un 1200 %.

El tiempo total de todo el proceso de cortado de las frutas. Ver tabla 34.

Tabla 34 Tiempo total de corte

Frutas	Tiempo de corte (min)
Manzanas	233.33
Plátano	152
Piña	100
Papaya	190
	Total : 675.33

Conclusión: Se obtuvo 11.25 horas de corte de todas las frutas a comparación del tiempo empleado normalmente es de 7 días laborables (56 horas), con cansancio físico

de los empleados y con los riesgos de tener algún problema de corte en sus manos que están en contacto directo con la materia prima y cuchillo.

$$\text{rendimiento} = \frac{11.25 \text{ hora}}{56 \text{ hora}} \times \frac{100\%}{x}$$

$$\text{rendimiento} = \frac{56 \text{ horas} \times 100\%}{11.25 \text{ horas}}$$

$$\text{rendimiento} = 497.77 \% \text{ reducción de tiempo de corte} = 500\%$$

Con la implementación de la máquina cortadora de frutas se redujo el tiempo de corte en un 500% que relativamente es la quinta parte del tiempo total empleado anteriormente.

5.3.3 Pruebas de corte

Los parámetros que se tomará en cuenta en las pruebas de corte son las siguientes:

- Angulo de la cuchilla: se toma en cuenta los siguientes ángulos 5°, 8°, 10°.
- Velocidad de empuje del operario: se clasifica como: rápida (tiempo de corte por unidad: 10 segundos), media (tiempo de corte por unidad: 15 segundos) y lenta (tiempo de corte por unidad: 20 segundos).
- Filo cortante (espesor): El espesor del filo cortante se realizará las pruebas con los siguientes datos: 0.3 mm, 0.8 mm, 1 mm.

Tabla 35 Pruebas con manzanas

Unidad	Parámetros para la prueba			Espesor de la rodaja
	Ángulo (°)	Velocidad	Filo cortante (mm)	
1	5	rápida	0,3	2
2	5	media	0,8	2,25
3	5	Lenta	1	2
4	8	rápida	0,3	3,2
5	8	media	0,8	3,5
6	8	Lenta	1	4
7	10	rápida	0,3	1,8
8	10	media	0,8	4
9	10	Lenta	1	5

Tabla 36 Pruebas con plátanos

Unidad	Parámetros para la prueba			Espesor de la rodaja
	Ángulo (°)	Velocidad	Filo cortante (mm)	
1	5	rápida	0,3	triturada
2	5	media	0,8	1,5
3	5	Lenta	1	2
4	8	rápida	0,3	3
5	8	media	0,8	3
6	8	Lenta	1	3
7	10	rápida	0,3	1
8	10	media	0,8	2
9	10	Lenta	1	3

Tabla 37 Pruebas con piñas

Unidad	Parámetros para la prueba			Espesor de la rodaja (mm)
	Ángulo (°)	Velocidad	Filo cortante (mm)	
1	5	rápida	0,3	NA
2	5	media	0,8	NA
3	5	Lenta	1	NA
4	8	rápida	0,3	3,2
5	8	media	0,8	3,5
6	8	Lenta	1	4
7	10	rápida	0,3	2,5
8	10	media	0,8	4
9	10	Lenta	1	NA

NOTA: No se pudieron medir las frutas ya que terminaron trituradas por lo cual se pone las siglas NA

Tabla 38 Pruebas con papayas

Unidad	Parámetros para la prueba			Espesor de la rodaja (mm)
	Ángulo (°)	Velocidad	Filo cortante (mm)	
1	5	rápida	0,3	NA
2	5	media	0,8	NA
3	5	Lenta	1	NA
4	8	rápida	0,3	2,8
5	8	media	0,8	3,5
6	8	Lenta	1	4
7	10	rápida	0,3	1,4
8	10	media	0,8	2
9	10	Lenta	1	3,5

NOTA: No se pudieron medir las frutas ya que terminaron trituradas por lo cual se pone las siglas NA

El rango de espesor buscado esta entre 2.8 mm y 3.2 mm, se encuentran marcados con amarillo en las tablas 35, 36, 37, 38.

Se consiguió el mínimo espesor con una combinación de ángulo mayor, con un mayor filo cortante, que se encuentra marcado en gris en las tablas 35, 36, 37 y 38.

Conclusión: Las mejores condiciones de corte se obtuvieron con un ángulo de cuchilla de 8°, con un filo cortante (espesor) de 0.3mm y con una velocidad rápida de 10 segundos por unidad.

5.3.4 Evaluación de la maquina cortadora de frutas

Se modificó el proceso de manual a semiautomático para que el operario no ejerza fuerza durante el proceso de corte, puesto que los operarios de la máquina son mujeres en su totalidad.

El ingreso de la fruta a la máquina semi-automática se puede realizar de forma continua, para mejorar el tiempo de corte, lo que no se puede tener en una máquina de proceso manual.

Con la cortadora manual, se necesitaban ajustes continuos como los pernos en la palanca o los hilos cortantes, lo que no pasa con la cortadora semi-automática.

De acuerdo al estudio realizado anteriormente en el capítulo 2, los puntos expuestos aquí y junto con la capacidad del equipo para el proceso de deshidratación de la empresa, mencionado en la descripción del problema, se decidió diseñar una cortadora

eléctrica semi-automática, puesto que satisface las necesidades primordiales que necesita el proceso de corte sin alterar las otras fases.

CONCLUSIONES

- Se analizó los diferentes tipos de corte, vistos en el capítulo 1, y se establece que el corte adecuado para esta producción, es en forma de rodajas con un rango de espesor de 3mm para lograr normalizar la producción.
- De entre las alternativas estudiadas, en el capítulo 2, tomando en cuenta la necesidad del proceso de corte, se optó por una modificación de la máquina eléctrica con sistema de corte circular, en vez de sierra se utilizó un disco con cuchillas incorporadas.
- De acuerdo al estudio realizado anteriormente en el capítulo 2, los puntos expuestos en el capítulo 5 y junto con la capacidad del equipo para el proceso de deshidratación de la empresa, mencionado en la descripción del problema, se decidió diseñar una cortadora eléctrica semi-automática, puesto que satisface las necesidades primordiales que necesita el proceso de corte sin alterar las otras fases.
- Se diseñó y construyó la máquina cortadora de frutas con los conocimientos adquiridos de la ingeniería, siendo de fácil utilización para el operario de forma manual sin tener un contacto directo, de acuerdo al manual de operación.
- No se pudo evaluar la capacidad total de la máquina, ya que la empresa maneja un horno de deshidratación de 250 kg porque de acuerdo al capítulo 5, la maquina produce 25 kg/hora y la capacidad del horno es un limitante.
- A base del análisis de costos de la máquina se obtuvo que su valor de construcción total fue \$ 1600 costo económico, recuperables en 5 años de trabajo, precio que considera razonable en vista de que esta máquina no existe en el mercado nacional.

RECOMENDACIONES

- Si se requiere cortar otras frutas se recomienda hacer el estudio respectivo y pruebas del espesor y del ángulo de las cuchillas.
- El uso de la máquina es exclusivo para el corte de las frutas: plátano, manzana, piña y papaya, se prohíbe el uso de productos cárnicos y otro tipo de vegetales y frutas.
- Se recomienda verificar a la máquina después de cada tipo de fruta, para que motor no sufra ningún recalentamiento, después de cortar.
- Se recomienda por seguridad industrial el mantener desconectada la máquina para cualquier mantenimiento y manipulación de esta.
- Después del proceso de cortado de un tipo de fruta se recomienda la limpieza inmediata para no mezclar el producto.
- El uso de protección industrial (gafas, mascarilla, guantes, cofia) es indispensable para el manejo de la máquina.
- Se puede optimizar el proceso con la implementación de un sistema automático, que sería objeto de otro estudios.

REFERENCIAS:

- [1] A. : Carlos and A. Mesa, “PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA PEREIRA, junio 16 del 2017.”
- [2] V. Badiola, “Cargas Estáticas,” in *Diseño y Cálculo de Máquinas*, 2004, p. 45.
- [3] E. S. Chimbolema Cepeda and A. J. Molina Serrano, “Adaptación de Suspensiones Independientes en las Cuatro Ruedas en un Toyota Land Cruiser,” Universidad Técnica del Norte, 2015.
- [4] F. J. Pancorbo Floristán, *Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación.* .
- [5] Grupo Wieland, “CIMSA - Fisuración por corrosión bajo tensión (SCC).” [Online]. Available: http://www.cimsaww.com/internet/es/cupropedia/la_corrosi_n/scc/scc_1.jsp. [Accessed: 19-Feb-2019].
- [6] L. M. Bozzo Rotondo and A. H. Barbat, *Diseño sismorresistente de edificios : técnicas convencionales y avanzadas.* Editorial Reverté, 2000.
- [7] “Qué es la energía cinética: definición | VIU,” *Universidad Internacion de Valencia.* [Online]. Available: <https://www.universidadviu.com/que-es-la-energia-cinetica-definicion/>. [Accessed: 19-Feb-2019].
- [8] H. Rodríguez Galbarro, “Resistencia Mecánica a Fatiga.” [Online]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn217.html>. [Accessed: 19-Feb-2019].
- [9] R. L. Mott, *DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS*, Cuarta. Mexico: Pearson Educación, 2006.
- [10] R. G. Budynas and J. K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Novena. Mexico: Mc Graw Hill, 2011.

- [11] J. Pérez Porto and A. Gardey, “Definición de solidificación - Qué es, Significado y Concepto,” 2014. [Online]. Available: <https://definicion.de/solidificacion/>. [Accessed: 19-Feb-2019].
- [12] A. Sevilla Arias, “Tasa interna de retorno (TIR) - Definición y ejemplos | Economipedia,” 2017. [Online]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>. [Accessed: 19-Feb-2019].
- [13] L. F. Toapanta Ramos and D. F. Recalde Sánchez, “Diseño y construcción de un equipo didáctico de dosificación automatizada de granos pequeños para el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana,” 2012.
- [14] V. Velayos Morales, “Valor Actual Neto (VAN) - Definición, qué es y concepto | Economipedia,” 2017. [Online]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>. [Accessed: 19-Feb-2019].
- [15] R. Torres, E. J. Montes, O. A. Pérez, and R. D. Andrade, “Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales,” *Inf. Tecnol.*, vol. 24, no. 3, pp. 51–56, 2013.
- [16] G. Blasco and F. Gómez, “Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp.*),” *Univ. Veracruzana*, p. 5, 2014.
- [17] T. Por, A. De, L. Levadura, C. Guilliermondii, L. Fernanda, and C. Malaver, “EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL BANANO COMÚN (*Musa sapientum* L).”
- [18] P. La *et al.*, “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA " DESARROLLO DE UN PRODUCTO ALIMENTICIO: LÁMINAS

DE FRUTA DESHIDRATADA, UTILIZANDO PULPA DE MORA Y
MANZANA PARA FROZEN TROPIC CÍA. LTDA. " TESIS DE
GRADO.”

- [19] MiSabueso.com ©, “Uso Medicinal de la Manzana.” [Online]. Available:
<http://www.misabueso.com/salud/Manzana>. [Accessed: 07-Feb-2018].
- [20] M. Seipel and M. E. Pirovani, “Características Físicoquímicas de los frutos de tres variedades de manzanas,” *FAVE-Ciencias Agrar.*, vol. 8, no. 1, pp. 27–36, 2009.
- [21] Ecoagricultor, “Piña o ananá, beneficios y propiedades nutricionales | Noticias Agropecuarias del Ecuador y el Mundo - Primer periódico agrodigital del Ecuador - Elproductor.com,” *ElProductor.com*, 2016. [Online]. Available:
<https://elproductor.com/articulos-tecnicos/articulos-tecnicos-agricolas/pina-o-anana-beneficios-y-propiedades-nutricionales/>. [Accessed: 07-Feb-2018].
- [22] G. K. MEJIA CARRILLO and C. C. TORRES BURGOS, “PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACION DE UNA EMPRESA DE ACOPIO Y EXPORTACION DE PIÑA CAYENA LISA HACIA EL MERCADO CHILENO, UBICADA EN EL CANTÓN MIRA EN LA PROVINCIA DEL CARCHI,” UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2015.
- [23] A. G. Pereira, S. M. Becerá, A. H. Gómez, L. M. González, and D. F. Valdes, “Análisis comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la piña (Ananas Comosus , variedad Cayena lisa),” *Rev. Ciencias Tec. Agropecu.*, vol. 22, no. 1, pp. 62–69, 2013.
- [24] PROECUADOR, “ANALISIS SECTORIAL PAPAYA 2015,”
[/www.proecuador.gob.ec](http://www.proecuador.gob.ec), 2015. [Online]. Available:
<https://www.proecuador.gob.ec/wp->

- content/uploads/2015/07/PROEC_AS2015_PAPAYA1.pdf. [Accessed: 07-Feb-2018].
- [25] D. De and F. Lincoln-Kd, “SOLDEO MANUAL CON ELECTRODOS REVESTIDOS (SMAW).”
- [26] Washington Alloy Company., “E6010 AWS A5.1 Clase E6010.”
- [27] M. Rodríguez Ghiso, “Proceso de Soldadura - TIG.” [Online]. Available: http://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso_soldadura_tig.cfm. [Accessed: 01-Feb-2019].
- [28] M. Echeverria, E. Nuñez Solis, J. M. Huerta Ibañez, and INDURA S.A, “Manual aceros Inoxidables.” Cerrillos, Chile, p. 72, 2010.
- [29] T. Wildi, R. Navarro Salas, and L. M. Ortega González, *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Pearson Educación, 2007.
- [30] I. José and H. Rosales Fernández, “MOTORES ELECTRICOS PARA LA INDUSTRIA.” .
- [31] T. P. Ocampo Solano, “MOTORES MONOFASICO.” [Online]. Available: <https://es.scribd.com/doc/49069891/MOTORES-MONOFASICO>. [Accessed: 14-Feb-2019].
- [32] O. B. Carmen Maria and S. P. Diego, *MF0547_1: mantenimiento basico de maquinas en instalaciones en industria alimenticia*, 1st ed. Malaga: ic editorial, 2012.
- [33] “TEMA 5.- CORREAS.” [Online]. Available: <https://previa.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf>. [Accessed: 09-Feb-2018].
- [34] KRONEN GmbH, “Expertos en corte preciso S195, HGW, PGW,” 2014. [Online]. Available:

- https://www.kronen.eu/import/docs/HGW_PGW_S195_E_es_18191.pdf.
[Accessed: 29-Nov-2017].
- [35] AB Hällde Maskiner P.O., “Food Preparation Machines Made in Sweden.”
- [36] Dimaq xxl, “Cortadoras de dados – Dimaq-maquinaria para alimentación.”
[Online]. Available: <http://dimaq.net/cortadoras-de-dados/>. [Accessed: 29-Nov-2017].
- [37] KRONEN GmbH, “Cortadora con banda de alimentación.”
- [38] M. Echeverria, E. Nuñez Solis, J. M. Huerta Ibañez, and INDURA S.A,
“Manual aceros Inoxidables.” Cerrillos, Chile, p. 72, 2010.
- [39] S. A. Hastinik, “Aceros inoxidables y aleaciones especiales.” p. 166, 2015.
- [40] S. A. Hastinik, “Aceros inoxidables y aleaciones especiales.” p. 166, 2015.
- [41] NKS México, “Acero inoxidable 410 - NKS.” [Online]. Available:
<https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/acero-inoxidable-410/>.
[Accessed: 09-Jul-2018].
- [42] Goodfellow ©, “Acero Inoxidable - AISI 316 - Catalogo en linea - Materiales
en pequenas cantidades para el diseno - Goodfellow.” [Online]. Available:
<http://www.goodfellow.com/S/Acero-Inoxidable-AISI-316.html>. [Accessed:
15-Mar-2018].
- [43] F. . Elejabarrieta and L. Iñiguez, *La Sociología en sus Escenarios*, vol. 0, no.
4. Universidad de Antioquia, 2000.
- [44] M. Puga Muñoz, “VAN y TIR.”

ANEXOS:

Anexo 1.

Resultados gráficos del eje principal.

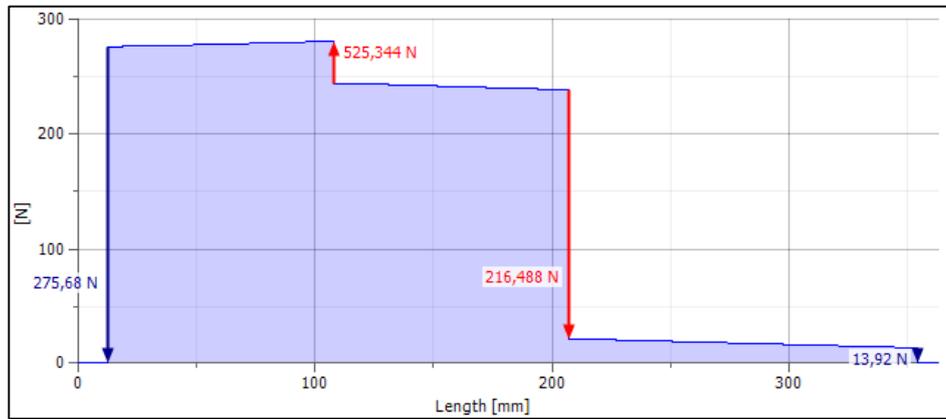


Fig. 48 Resultado de la fuerza de corte en el eje primario.

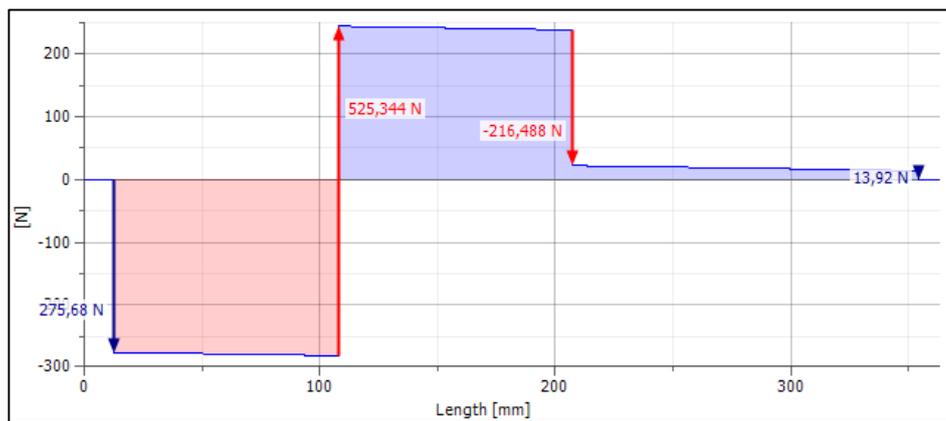


Fig. 49 Resultados de la fuerza de corte en el plano YZ.

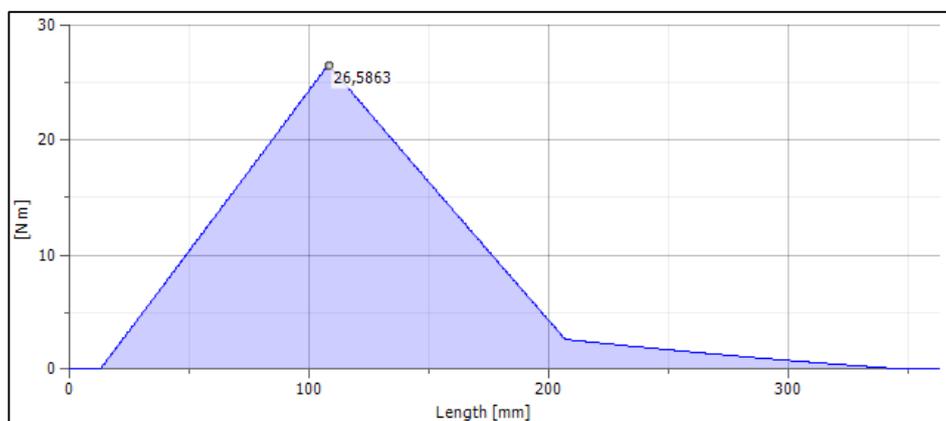


Fig. 50 Resultados del momento de flexión.

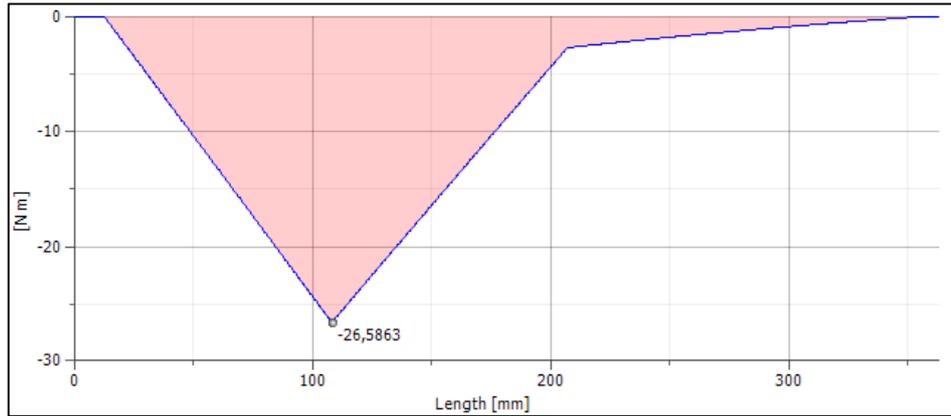


Fig. 51 Resultados de momento de flexión en el plano YZ.

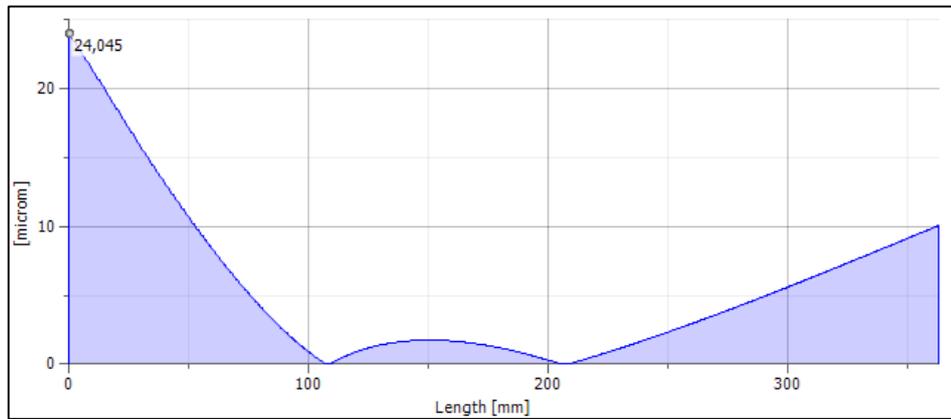


Fig. 52 Resultado de deflexión del eje primario.

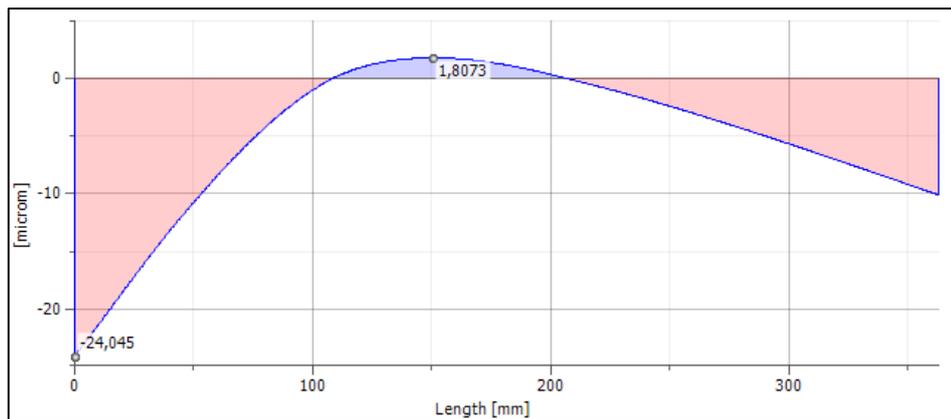


Fig. 53 Resultado de deflexión del eje primario en el plano YZ.

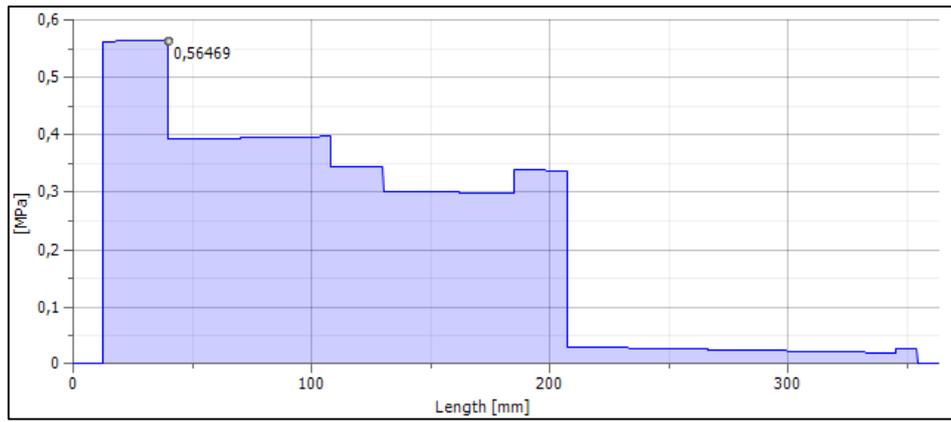


Fig. 54 Resultado del esfuerzo cortante.

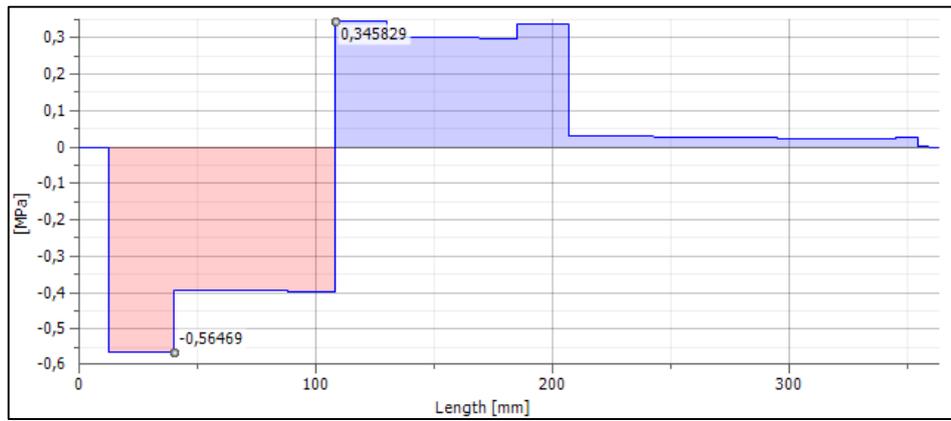


Fig. 55 Resultado del esfuerzo cortante en el plano YZ.

Anexo 2.

Resultados gráficos del eje secundario.

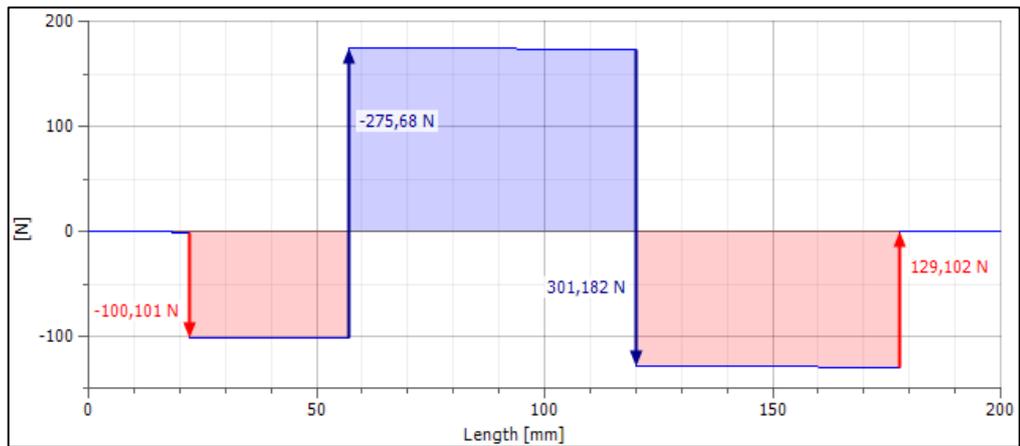


Fig. 56 Resultado de la fuerza de corte en el eje secundario.

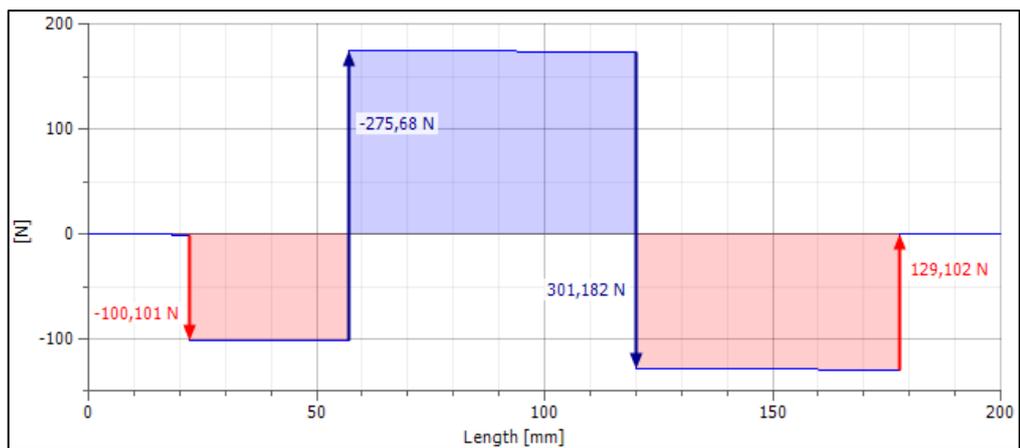


Fig. 57 Resultado de la fuerza de corte en el plano YZ.

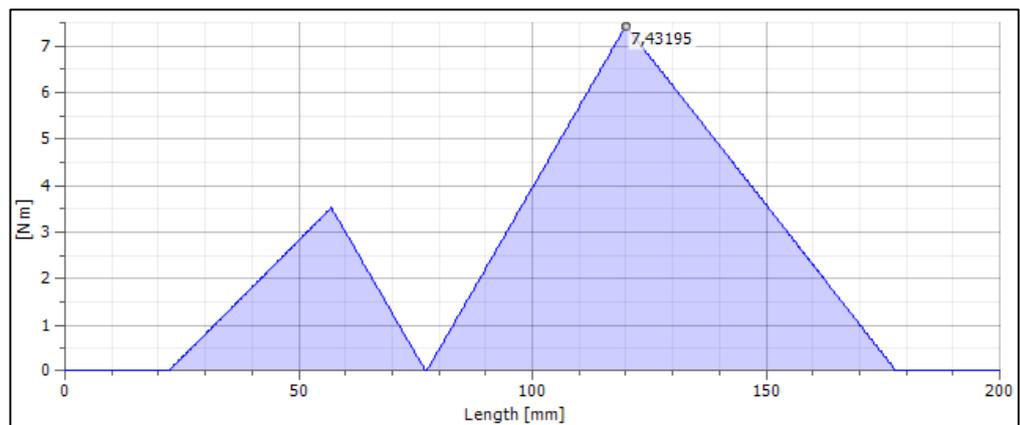


Fig. 58 Resultado del momento de flexión.

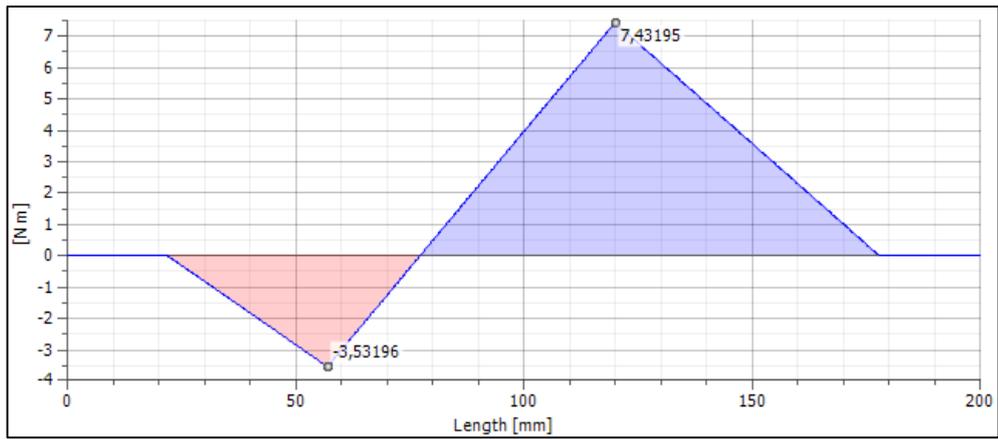


Fig. 59 Resultado del momento de flexión en el plano YZ.

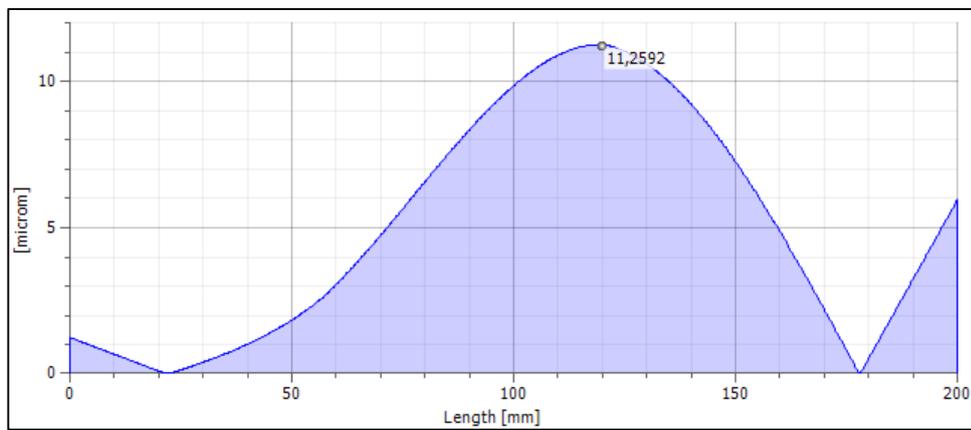


Fig. 60 Resultado de la deflexión del eje secundario.

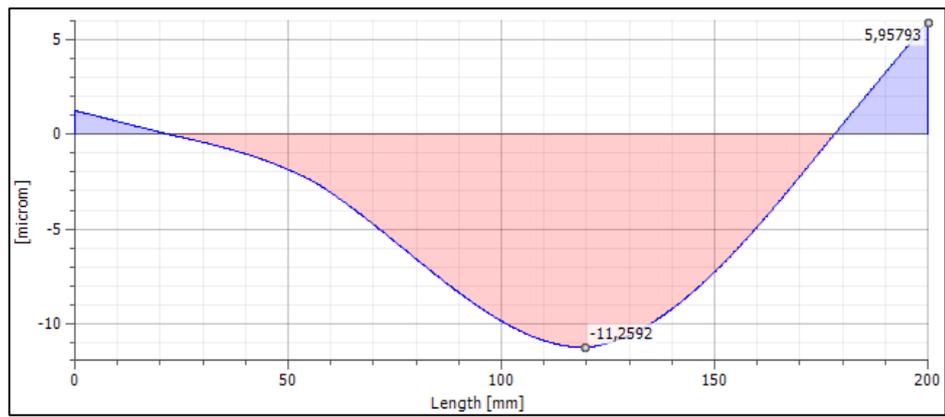


Fig. 61 Resultado de la deflexión en el plano YZ.

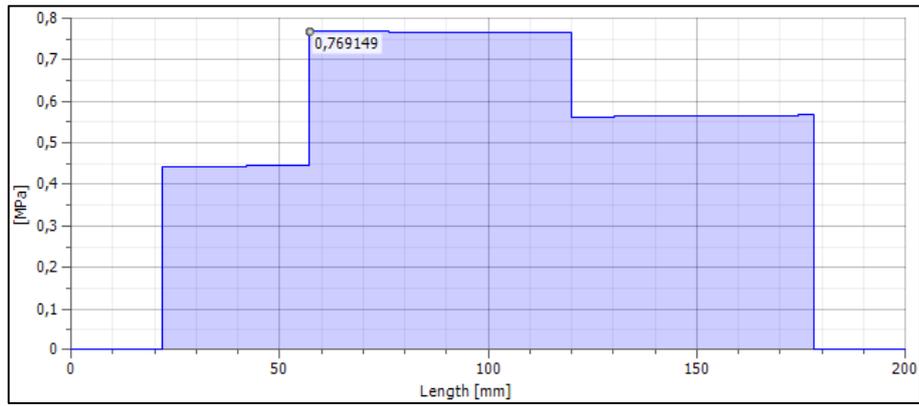


Fig. 62 Resultado del esfuerzo cortante.

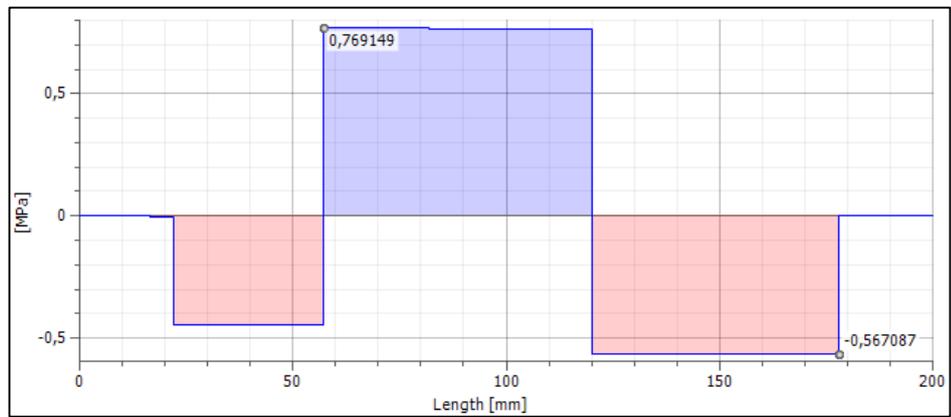


Fig. 63 Resultado del esfuerzo cortante en el plano YZ.

Anexo 3.

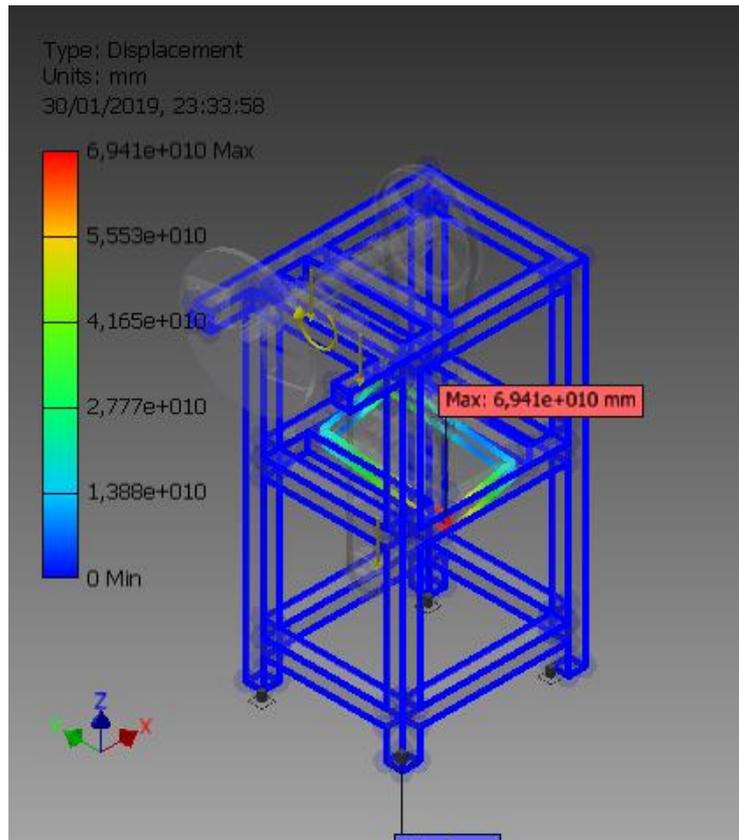


Fig. 64 Desplazamiento crítico

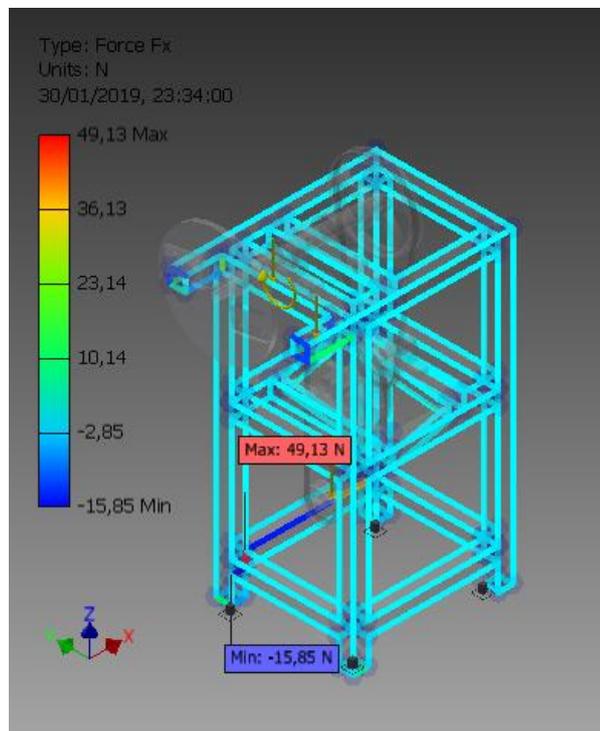


Fig. 65 Fx

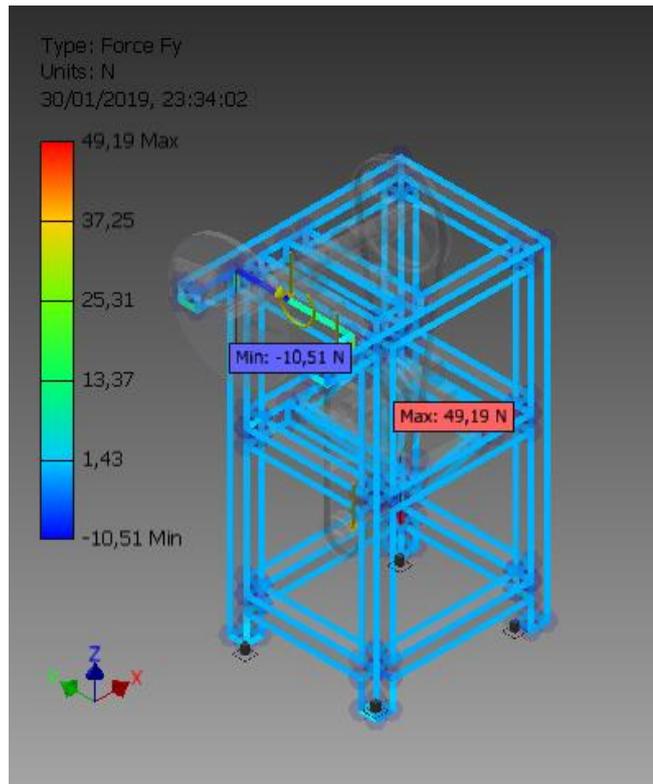


Fig. 66 Fy

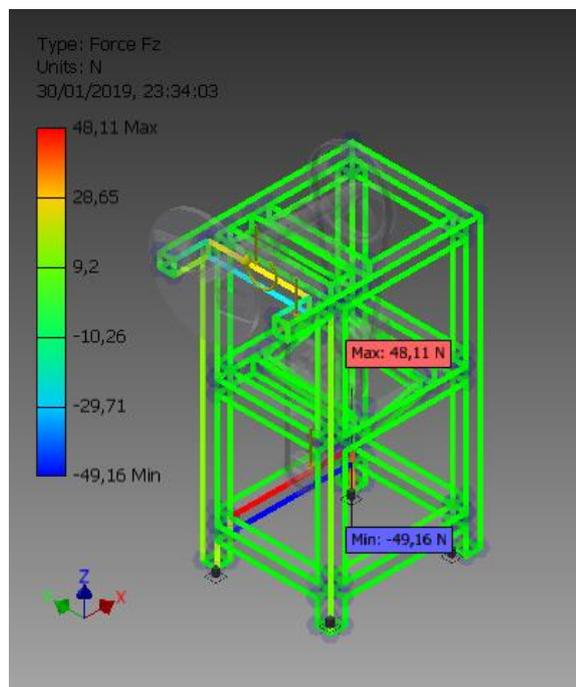


Fig. 67 Fz

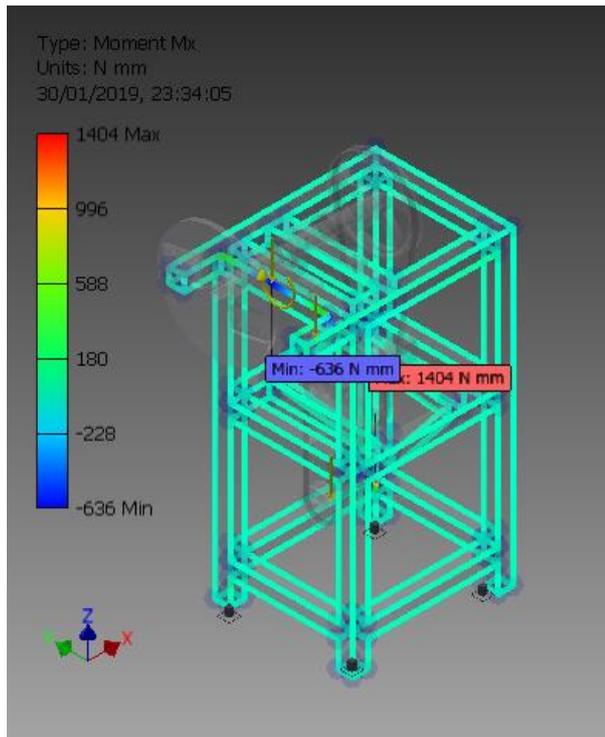


Fig. 68 Mx

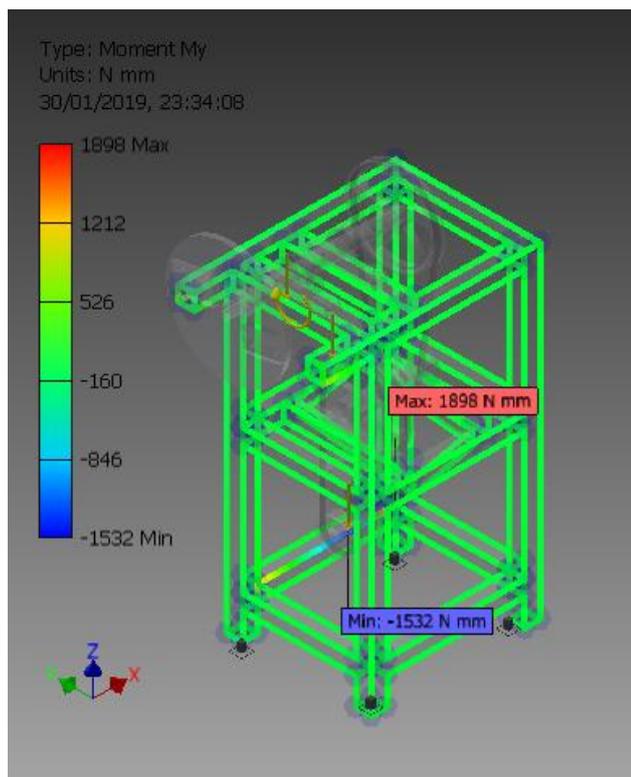


Fig. 69 My

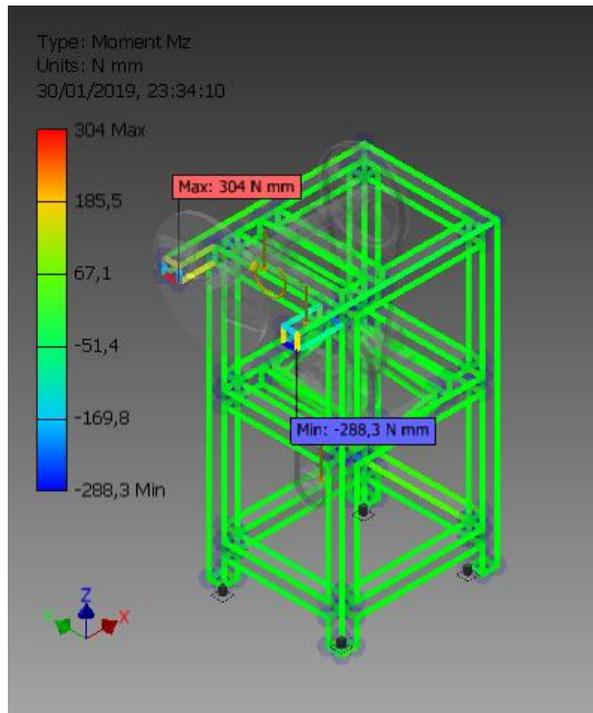


Fig. 70 Mz

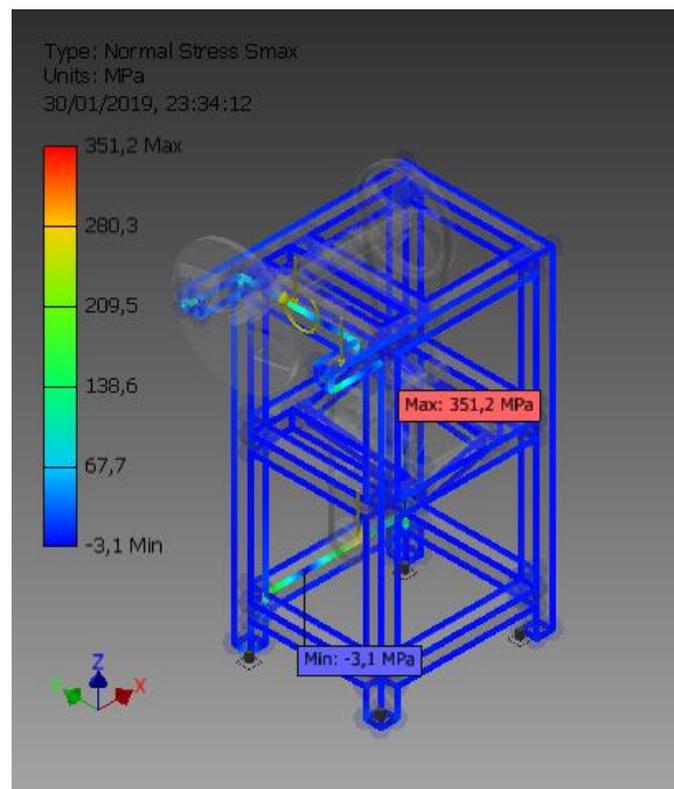


Fig. 71 Smax

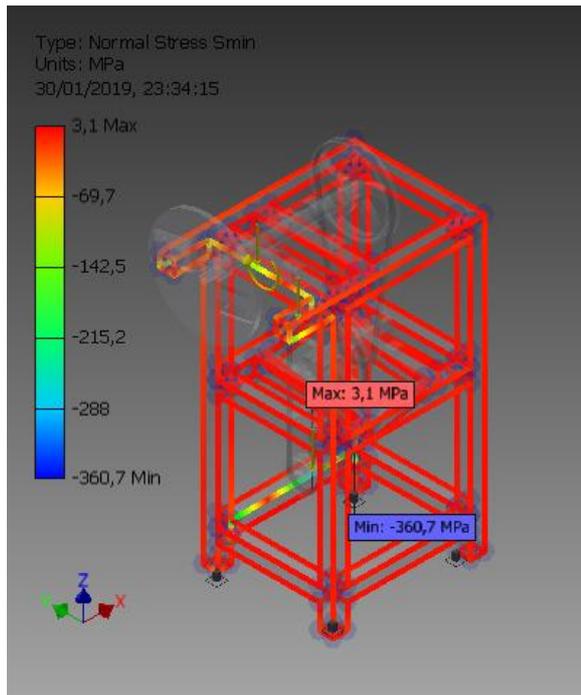


Fig. 72 Smin

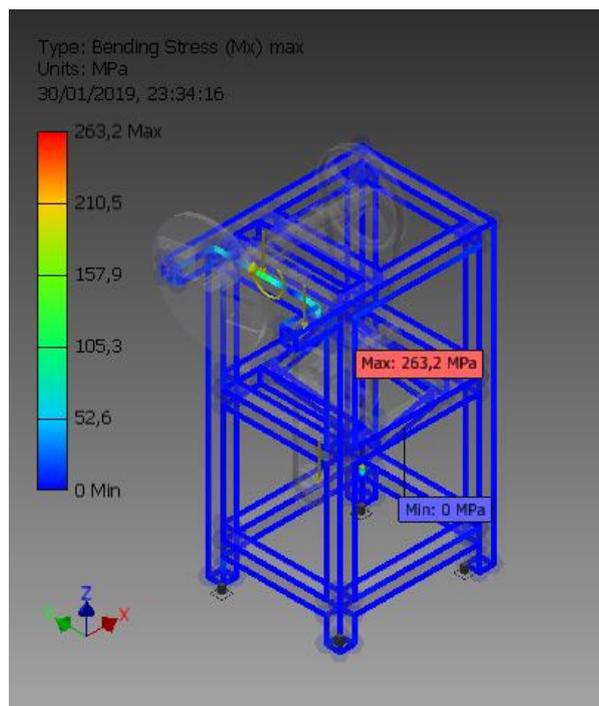


Fig.73 Smax (Mx)

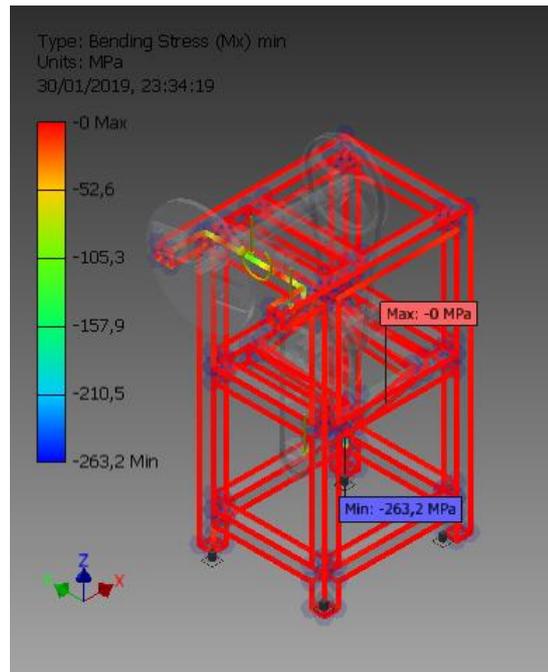


Fig. 74 Smin (Mx)

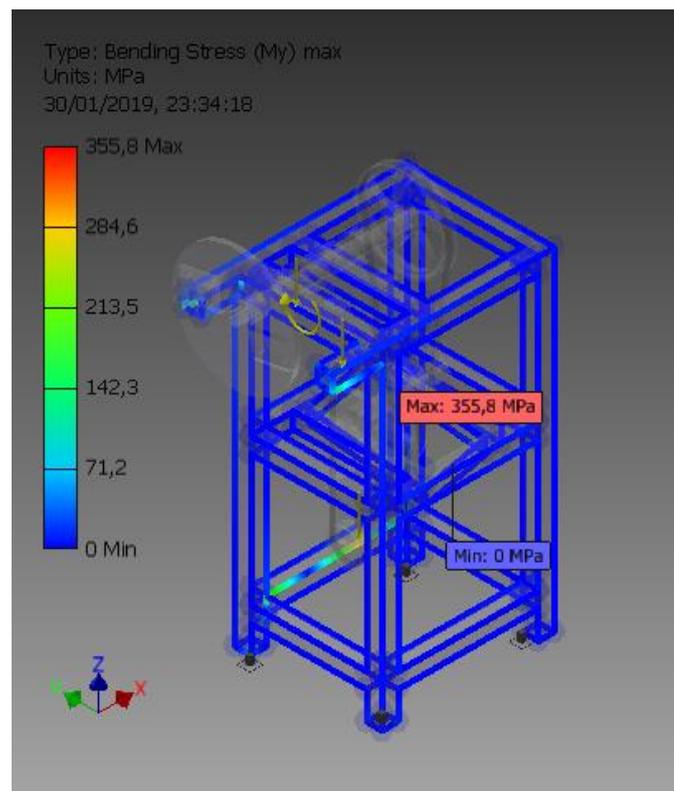


Fig. 75 Smax (My)

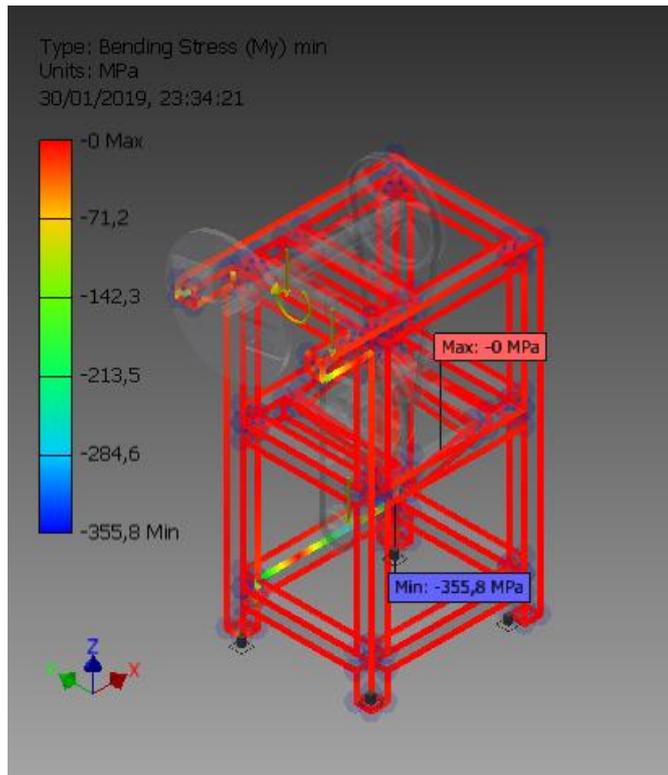


Fig. 76 Smin (My)

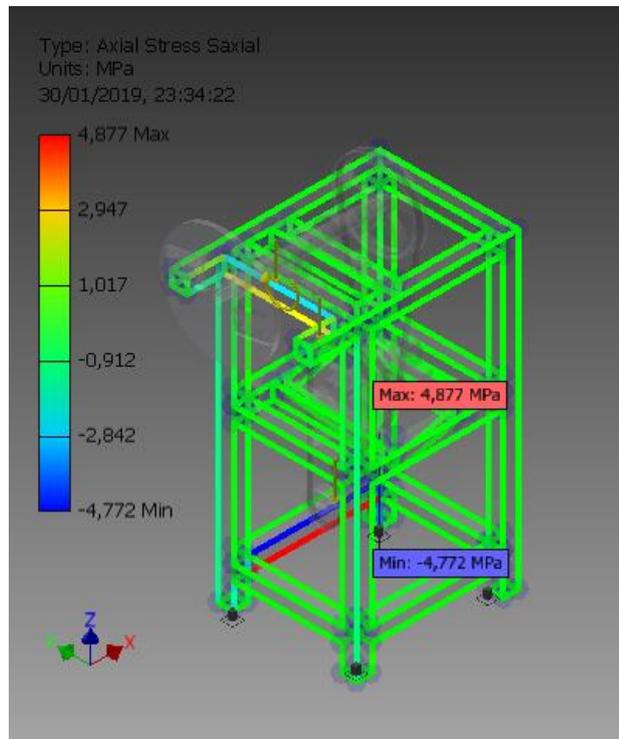


Fig. 77 Saxial

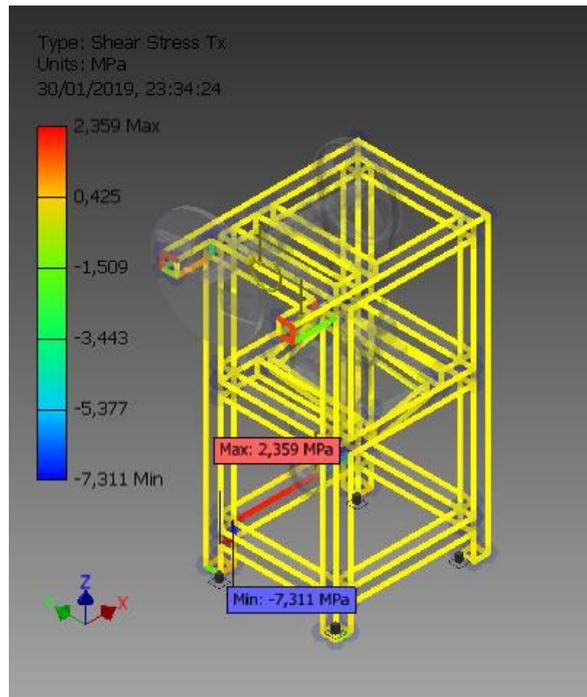


Fig. 78 Tx

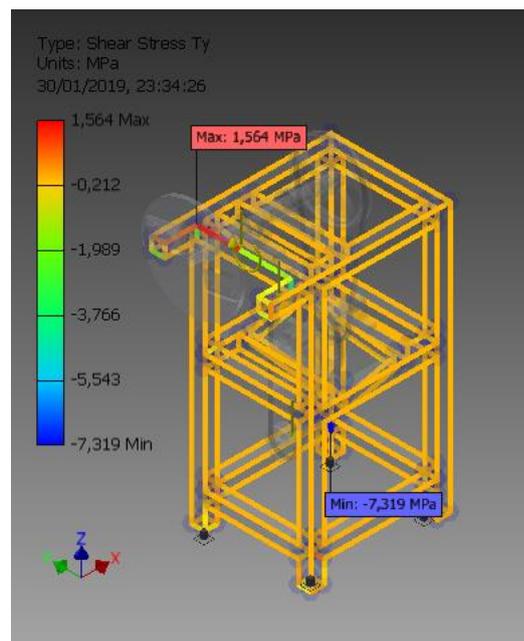


Fig. 79 Ty

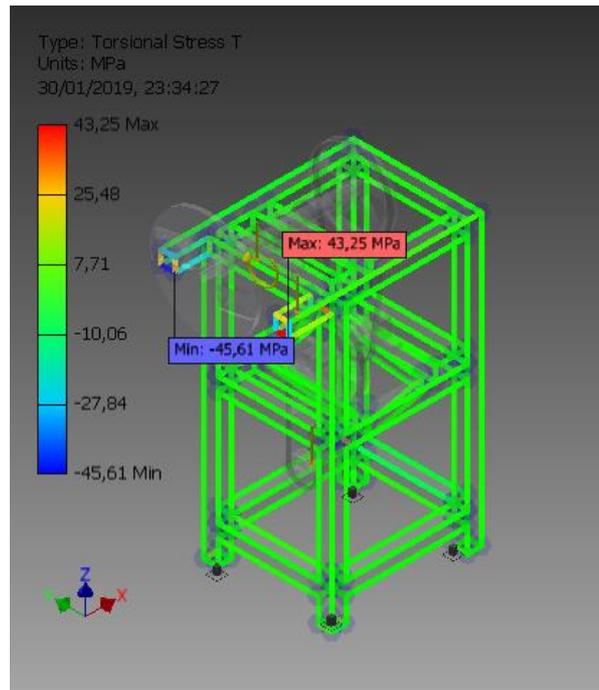


Fig. 80 T

Anexo 4.

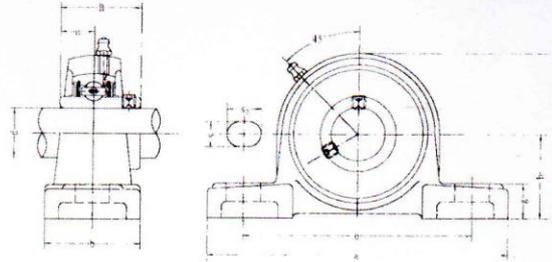
Selección del motor.

	acmetal		Nr.: 123		
			Fecha: 13-FEB-2019		
HOJA DE DATOS Motor monofásico de inducción - Rotor de jaula					
Cliente		: Ionny			
Línea del producto		: Uso General - NEMA 48/56 - monofásico			
Carcasa	: B56				
Potencia	: 0,5 HP				
Frecuencia	: 60 Hz				
Polos	: 4				
Rotación nominal	: 1750 rpm				
Deslizamiento	: 2,78 %				
Voltaje nominal	: 220/440 V				
Corriente nominal	: 4,04/2,02 A				
Corriente de arranque	: 24,2/12,1 A				
I _p /I _n	: 6,0				
Corriente en vacío	: 3,23/1,62 A				
Par nominal	: 2,02 Nm				
Par de arranque	: 310 %				
Par máxima	: 290 %				
Categoría	: ---				
Clase de aislación	: B				
Elevación de temperatura	: 80 K				
Tiempo de rotor bloqueado	: 6 s (caliente)				
Factor de servicio	: 1,15				
Régimen de servicio	: S1				
Temperatura ambiente	: -20°C - +40°C				
Altitud	: 1000 m				
Protección	: IP55				
Masa aproximada	: 11 kg				
Momento de inercia	: 0,00339 kgm ²				
Nivel de ruido	: ---				
	Delantero	Trasero	Carga	Factor de potencia	Rendimiento (%)
Rodamiento	6203 ZZ	6202 ZZ	100%	0,63	66,5
Intervalo de lubricación	---	---	75%	0,54	62,5
Cantidad de grasa	---	---	50%	0,44	55,0

Selección de chumaceras.

FBJ FBJ PILLOW BLOCKS
UCP 2 (normal-duty)

Pillow Blocks



Unit No.	Dimensions mm											Bolt Size mm inch	Bearing No.	Housing No.	Weight (kg)
	d	h	a	e	b	S1	S2	g	w	B	n				
*UCP 201	12	30.2	127	95	38	13	19	14	62	31	12.7	M10	UC 201	P203	0.69
*UCP 201-8	3/4	1-3/16	5	3-3/4	1-1/2	1/2	3/4	9/16	2-7/16	1.2205	0.500	3/8	UC 201-8		0.69
*UCP 202	15	30.2	127	95	38	13	19	14	62	31	12.7	M10	UC 202	P203	0.69
*UCP 202-9	9/16	1-3/16	5	3-3/4	1-1/2	1/2	3/4	9/16	2-7/16	1.2205	0.500	3/8	UC 202-9		0.69
*UCP 202-10	5/8												UC 202-10		0.69
*UCP 203	17	30.2	127	95	38	13	19	14	62	31	12.7	M10	UC 203	P203	0.68
*UCP 203-11	11/16	1-3/16	5	3-3/4	1-1/2	1/2	3/4	9/16	2-7/16	1.2205	0.500	3/8	UC 203-11		0.67
*UCP 204	20	33.3	127	95	38	13	19	14	65	31	12.7	M10	UC 204	P204	0.66
*UCP 204-12	3/4	1-5/16	5	3-3/4	1-1/2	1/2	3/4	9/16	2-9/16	1.2205	0.500	3/8	UC 204-12		0.66
*UCP 205	25	36.5	140	105	38	13	19	15	71	34.1	14.3	M10	UC 205	P205	0.81
*UCP 205-13	13/16												UC 205-13		0.85
*UCP 205-14	7/8	1-7/16	5-1/2	4-1/8	1-1/2	1/2	3/4	19/32	2-25/32	1.3425	0.563	3/8	UC 205-14		0.83
*UCP 205-15	15/16												UC 205-15		0.82
*UCP 205-16	1												UC 205-16		0.81
*UCP 206	30	42.9	165	121	48	17	20	17	84	38.1	15.9	M14	UC 206	P206	1.24
*UCP 206-17	1-1/16												UC 206-17		1.27
*UCP 206-18	1-1/8	1-11/16	6-1/2	4-3/4	1-7/8	43/64	25/32	21/32	3-5/16	1.5000	0.626	1/2	UC 206-18		1.26
*UCP 206-19	1-3/8												UC 206-19		1.24
*UCP 206-20	1-1/4												UC 206-20		1.23
*UCP 207	35	47.6	167	127	48	17	20	18	93	42.9	17.5	M14	UC 207	P207	1.58
*UCP 207-20	1-1/4												UC 207-20		1.64
*UCP 207-21	1-5/16	1-7/8	6-9/16	5	1-7/8	43/64	25/32	45/64	3-21/32	1.6890	0.689	1/2	UC 207-21		1.61
*UCP 207-22	1-3/8												UC 207-22		1.58
*UCP 207-23	1-7/16												UC 207-23		1.55
*UCP 208	40	49.2	184	137	54	17	20	18	100	49.2	19	M14	UC 208	P208	1.89
*UCP 208-24	1-1/2	1-15/16	7-1/4	5-13/32	2-1/8	43/64	25/32	49/64	3-19/16	1.9370	0.748	1/2	UC 208-24		1.93
*UCP 208-25	1-3/8												UC 208-25		1.90
*UCP 209	45	54.0	190	146	54	17	20	20	106	49.2	19	M14	UC 209	P209	2.14
*UCP 209-26	1-9/16												UC 209-26		2.24
*UCP 209-27	1-11/16	2-1/8	7-15/32	5-3/4	2-1/8	43/64	25/32	4-11/64	1.9370	0.748	1/2	UC 209-27		2.20	
*UCP 209-28	1-3/4												UC 209-28		2.14
*UCP 210	50	57.2	206	159	60	20	23	21	113	51.6	19	M16	UC 210	P210	2.66
*UCP 210-29	1-13/16												UC 210-29		2.78
*UCP 210-30	1-7/8	2-1/4	8-1/8	6-1/4	2-3/8	25/32	29/32	63/64	4-29/64	2.0315	0.748	5/8	UC 210-30		2.73
*UCP 210-31	1-15/16												UC 210-31		2.68
*UCP 210-32	2												UC 210-32		2.64
*UCP 211	55	63.5	219	171	60	20	23	23	125	55.6	22.2	M16	UC 211	P211	3.31
*UCP 211-32	2												UC 211-32		3.46
*UCP 211-33	2-1/16	2-1/2	8-5/8	6-47/64	2-3/8	25/32	29/32	29/32	4-59/64	2.1890	0.874	5/8	UC 211-33		3.40
*UCP 211-34	2-1/8												UC 211-34		3.35
*UCP 211-35	2-3/16												UC 211-35		3.29
*UCP 212	60	69.8	241	184	70	20	23	25	138	65.1	25.4	M16	UC 212	P212	4.90
*UCP 212-36	2-1/4												UC 212-36		5.03
*UCP 212-37	2-5/16	2-3/4	9-1/2	7-1/4	2-3/4	25/32	29/32	63/64	5-7/16	2.5630	1.000	5/8	UC 212-37		4.95
*UCP 212-38	2-3/8												UC 212-38		4.88
*UCP 212-39	2-7/16												UC 212-39		1.81
UCP 213	65	76.2	265	203	70	25	28	27	150	65.1	25.4	M20	UC 213	P213	5.15
*UCP 213-40	2-1/2	3	10-7/16	8	2-3/4	63/64	1-3/32	1-1/16	5-29/32	2.5630	1.000	3/4	UC 213-40		5.24
*UCP 213-41	2-9/16												UC 213-41		5.15
UCP 214	70	79.4	266	210	72	25	28	27	156	64.6	30.2	M20	UC 214	P214	6.20
*UCP 214-42	2-5/8												UC 214-42		6.41
*UCP 214-43	2-1/16	3-1/8	10-19/32	8-17/64	2-27/32	63/64	1-3/32	1-1/16	6-9/64	2.9370	1.189	3/4	UC 214-43		6.31
*UCP 214-44	2-3/4												UC 214-44		6.21
UCP 215	75	82.6	275	217	74	25	28	28	162	77.8	33.3	M20	UC 215	P215	7.16
*UCP 215-45	2-13/16												UC 215-45		7.41
*UCP 215-46	2-7/8	3-1/4	10-43/64	8-35/64	2-29/32	63/64	1-3/32	1-3/32	6-3/8	3.0630	1.311	3/4	UC 215-46		7.30
*UCP 215-47	2-15/16												UC 215-47		7.19
*UCP 215-48	3												UC 215-48		7.07
UCP 216	80	88.9	292	232	78	25	28	30	174	82.6	33.3	M20	UC 216	P216	8.10
*UCP 216-49	3-1/16												UC 216-49		8.28
*UCP 216-50	3-1/8	3-1/2	11-1/2	9-1/8	3-1/16	63/64	1-3/32	1-3/16	6-27/32	3.2520	1.311	3/4	UC 216-50		8.15
*UCP 216-51	3-3/16												UC 216-51		8.02
UCP 217	85	95.2	310	247	83	25	28	32	185	85.7	34.1	M20	UC 217	P217	9.81
*UCP 217-52	3-1/4												UC 217-52		10.03
*UCP 217-53	3-5/16	3-3/4	12-13/64	9-23/32	3-17/64	63/64	1-3/32	1-1/4	7-9/32	3.3740	1.343	3/4	UC 217-53		9.89
*UCP 217-55	3-7/16												UC 217-55		9.60
UCP 218	90	101.6	327	262	88	27	30	33	198	96	39.7	M22	UC 218	P218	11.96
*UCP 218-56	3-1/2	4	12-7/8	10-5/16	3-15/32	1-1/16	1-3/16	1-19/64	7-5/16	3.7795	1.5630	7/8	UC 218-56		12.07

* Add SP in front of the Unit No for Stainless Steel Bearing with Thermo-Plastic Housing (Eg. SP UCP 205)

Add C as suffix for both side Open cover (Eg. SP UCP 205 C)
or CD as suffix for one side Open & one side Closed cover (Eg. SP UCP 205 CD)

Acero AISI 304 propiedades.

Norma: AISI 304

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 304	ESPEORES	desde 0.40-15mm	
	ASTM	304		DIMENSIONES	1 220 x 2440mm (estándar)
	DIN	4301			1 220 x otros largos (especial)

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8 - 10,5	18 - 20	XX	XX

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

Acero AISI 316 propiedades.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ACEROS INOXIDABLES												
Código	COMPOSICIÓN QUÍMICA								PROPIEDADES MECÁNICAS			
AISI	C	Cr	Ni	Si	Mn	P. Max	S. Max	Mo	Resistencia a la tracción Kg-f/mm ²	Límite Elástico Kg-f/mm ²	% alargam. en 50 mm (2 pulg.) %	Dureza Rockwell
302	< 0.15	16/19	8/10	1.0	2.0	0.04	0.03	-	192	175	2	-
304	≤ 0.08	18/19	8/9	≤ 0.75	2.0	0.04	0.03	-	65	26	60	B80
316	≤ 0.07	16.5/18	10.5/12	≤ 0.75	≤ 2.0	0.04	0.03	2.0/2.5	61	23	60	B78
316L	≤ 0.03	16.5/18	10.5/13	≤ 0.75	≤ 2.0	0.04	0.03	2.5/3	62	32	50	B79
430	≤ 0.10	16/17.5	-	≤ 0.75	≤ 1.0	0.04	0.03	-	57	30	30	B82

AISI	PROPIEDADES	APLICACIONES
302	Alta resistencia mecánica.	Fabricación de resortes.
304	Buena resistencia a la corrosión.	Tubos, calderas, Ind. aliment, nuclear, menaje, cubertería.
316	Excelente resistencia a la corrosión.	Industria textil, alimentaria, química, petroquímica.
316L	Excelente resistencia corrosión general e intergranular.	Industria Química, petroquímica.
430	Buena resistencia corrosión en atmósfera natural.	Electrodomésticos, construcción interior.

ACINOX S.A. CII. 32 #41-168 Itagüí, Antioquia TEL: 371 55 11 - FAX: 373 42 49 e-mail: acinox@interpla.net.co

Acero AISI 410 propiedades.

 <p>ThyssenKrupp Fortinox ThyssenKrupp Especificaciones Técnicas</p>	<p>410 Acero Inoxidable Martensítico W. Nr.: ~1.4006 / DIN: X12Cr13 / AISI: 410</p>	<p>Nombre: 410.pdf Rev.: 1 Vigencia: Enero 2007 Hoja: 1 de 1</p>					
Composición química (en %)							
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Otros
≤0,15	≤1,00	≤1,00	≤0,040	≤0,030	11,50 13,50	≤0,75	-
Propiedades mecánicas (Valores mínimos en N/mm ² a 20°C, recocido en solución)							
Límite de Fluencia (Rp 0,2)	Resistencia a la Rotura (Rp 1)	Resistencia a la Tracción (Rm)	Elongación (A5)				
-	-	≤730	≥20				
Resistencia a la corrosión (*)							
En general	Pitting (Picado)	Bajo tensión	Bajo temperatura				
.	.	+	.				
* Valores relativos. Depende del tipo, concentración y temperatura de la solución a la cual está expuesta.							
Características de trabajo							
Conformado en frío	Soldabilidad						
+	+						
Nuestra producción							
Laminado en caliente	Chapas	✓					
	Chapas antideslizantes						
Laminado en frío Bobinas y chapas	2D	✓					
	2B	✓					
	BA/2R						
	Recocidas						
	Pulido						
	Modelado						
<p>• No aplicable *** Difícil + Aceptable ++ Bueno +++ excelente ++++ Prestación superior</p>							
Aplicaciones							
Estructuras en contacto con agua y vapor.							

► Cód. IBCA: 705 ≅ 34 CrNiMo6 ≅ AISI 4340 ≅ AISI 4337



Información general

705 es un acero al molibdeno más cromo y níquel. El molibdeno tiene una solubilidad limitada y es un buen formador de carburos. Ejerce un fuerte efecto sobre la templabilidad y de manera semejante al cromo, aumenta la dureza y resistencia a alta temperatura de los aceros. Menos susceptibles al fragilizado debido al revenido, que los demás aceros aleados para maquinaria.

Al combinarse con níquel y cromo soporta altas exigencias de resistencia y tenacidad en secciones grandes. Su contenido de níquel le da más templabilidad, lo mismo que la resistencia en caliente.

705 combina alta resistencia mecánica (la mayor del mercado) con buena tenacidad. Este acero en forma standard es suministrado bonificado, por lo que no se requería luego un tratamiento térmico, sin embargo, si se desea mejores propiedades, puede ser templado al aceite. Sceptible de temple por inducción y también puede someterse a tratamiento de nitrurado.

Análisis típico %	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	V
34 CrNiMo6	0,30 - 0,38	≤ 0,30	0,50 - 0,80	0,025	0,025	1,30 - 1,70	1,30 - 1,70	0,15 - 0,30
AISI 4337	0,35 - 0,40	0,20 - 0,35	0,60 - 0,80	0,04	0,04	1,65 - 2,00	0,70 - 0,90	0,20 - 0,30
AISI 4340	0,38 - 0,43	0,15 - 0,35	0,60 - 0,80	0,03	0,04	1,65 - 2,00	0,70 - 0,90	0,20 - 0,30
Código de color	Dorado / Azul							
Equivalencias	AISI / SAE (4337 - 4340)		W.Nr (1.6582)		AFNOR (35NCD6)			
	Din (34CrNiMo6)		JIS (SNCM1)					

Propiedades mecánicas

En condición de suministro

Resistencia a la tracción	90 - 110 kg/mm ²
Esfuerzo de cedencia	70 kg/mm ²
Elongación, A5	min 12 %
Reducción de área, Z	min 45 %
Resistencia al impacto, KU	aprox. 20 J
Dureza	270 - 330 HB

ASTM 36

Ternium Placa A36

Descripción

Placa de Acero al Carbón, Rolada en Caliente sin decapar, Calidad Estructural.

Composición Química (ASTM A36/A36M-08)

Elemento	Mínimo	Máximo
C ⁽²⁾	---	0.260%
Mn ^{(1), (2)}	---	---
P	---	0.04%
S	---	0.05%
Si ⁽¹⁾	---	0.40%
Cu ⁽³⁾	0.200%	---

(1) El contenido de Manganeso de 0.85 – 1.35% y el contenido de Silicio de 0.15 – 0.40% será requerido para placas de espesor mayor a 75mm o con más de 634 Kg/m.

(2) Para cada reducción de 0.01% debajo de lo especificado como máximo de Carbono, se permite un incremento de 0.06% de Manganeso sobre el máximo especificado, hasta un máximo de 1.35%.

(3) Valor mínimo cuando es especificado el nivel de Cobre.

Propiedades Mecánicas (ASTM A36/A36M-08)

Propiedad		ksi	MPa
Límite Elástico (Yield Strength)	Min	36	250
	Max	---	---
Resistencia a la Tensión (Tensile Strength)	Min	58	400
	Max	80	550
Elongación en 200 mm (%) ⁽⁴⁾	Min	20	
	Max	---	
Elongación en 50 mm (%) ⁽⁴⁾	Min	23	
	Max	---	

(4) Para placas de ancho mayor a 600mm, los requerimientos de elongación se reduce en dos puntos porcentuales.

(5) La orientación de las piezas para prueba deberán ser acorde a ASTM A6

Anexo 4.

Construcción de la máquina cortadora de frutas.



Torneado del eje primario



Fresado



Limado para un buen acabado



Torneado del eje secundario



Montaje del eje primario



Recubrimiento estético de la máquina



Plato portacuchillas



Montaje de los ejes en el bastidor



Construcción de la máquina completa



Máquina terminada

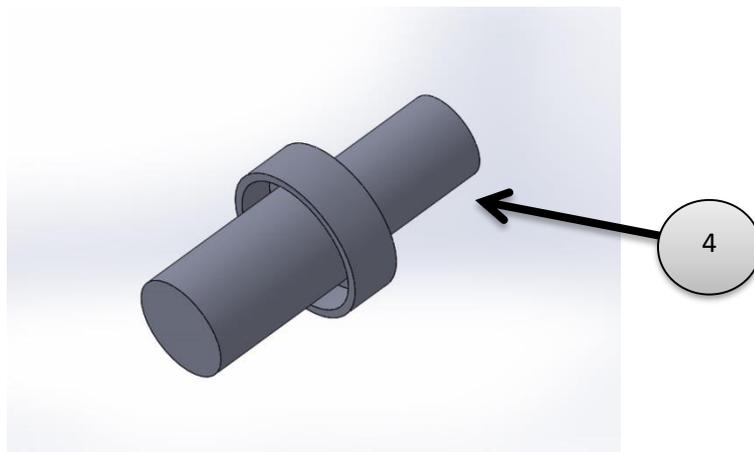
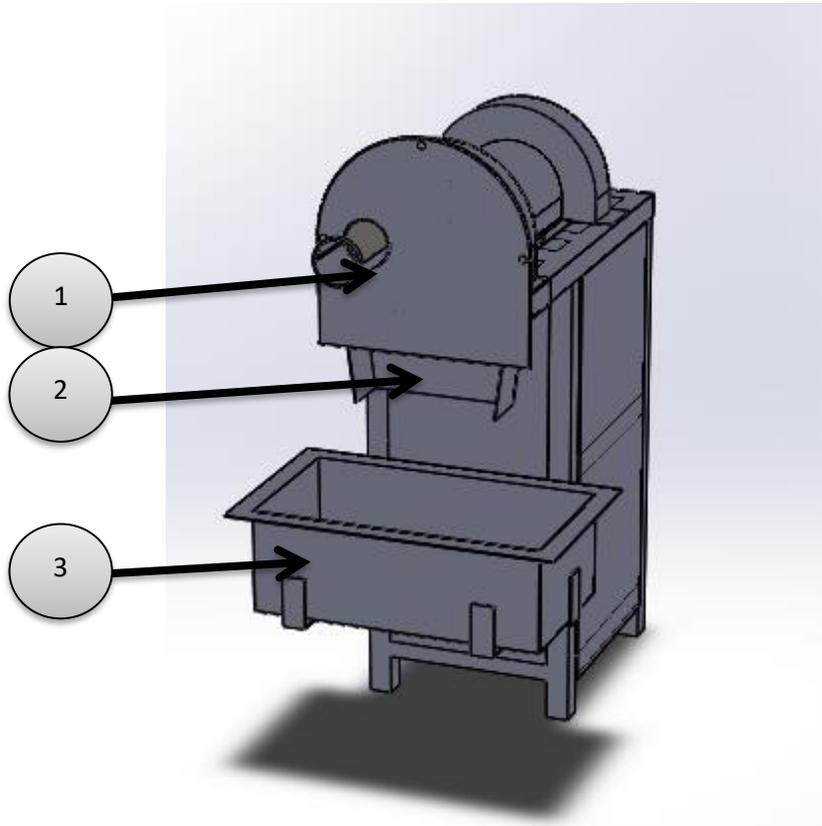


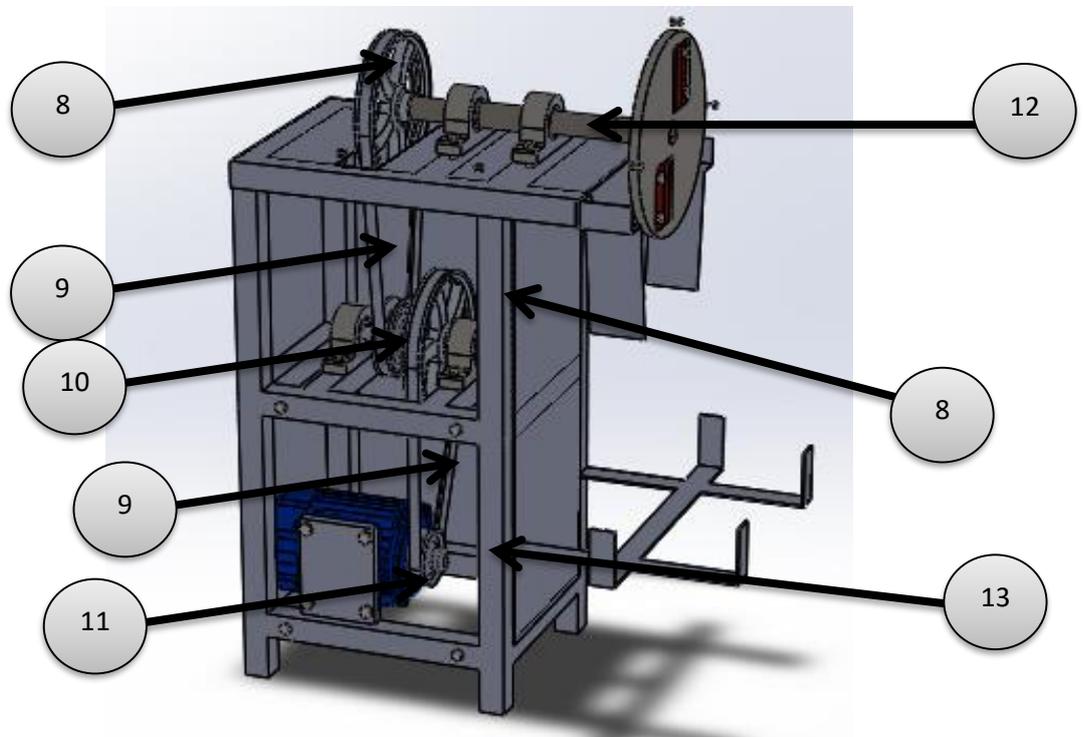
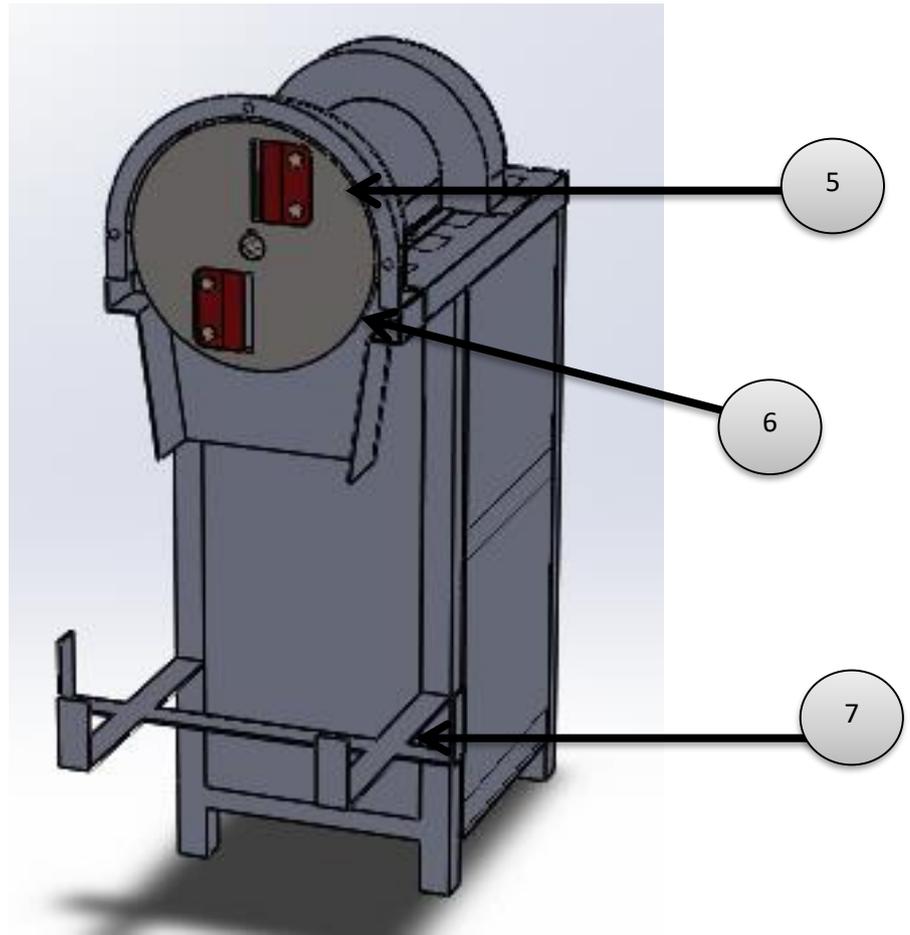
Cortado de la piña en rodajas

ANEXOS 5

MANUAL DE LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA

PARTES PRINCIPALES DE LA MÁQUINA





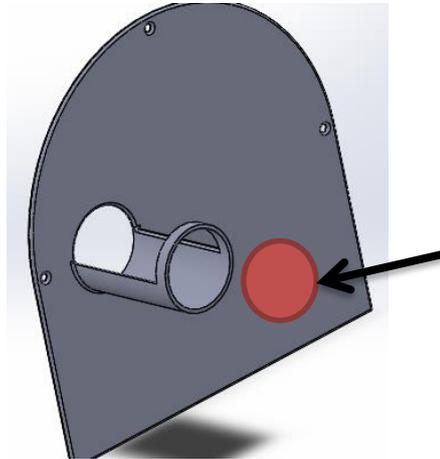
LISTADO DE PARTES PRINCIPALES DE LA MAQUINA

1. Cámara de ingreso de fruta

2. Salida de fruta
3. Bandeja
4. Pisón
5. Cuchilla(2 pares)
6. Plato porta cuchillas
7. Porta bandeja
8. Polea 8 pulgadas
9. Banda
10. Polea 4 pulgadas
11. Motor
12. Chumacera
13. Polea 2.5 pulgadas

PROCESO DE UTILIZACIÓN DE LA MÁQUINA:

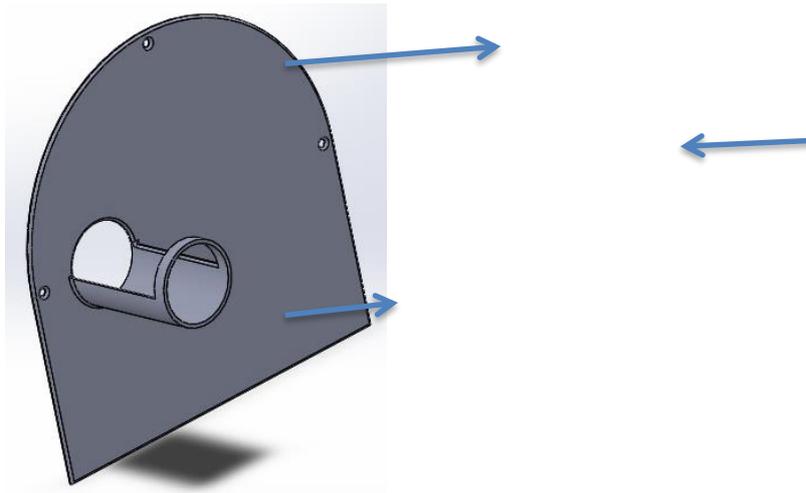
1. Conectar la máquina a la red eléctrica.
2. Encender la máquina.
3. Colocar la fruta en la cámara de ingreso(pieza 1)



4. Empujar con el pisón (pieza4).
5. Apagar la máquina cuando se acabe la fase de trabajo.
6. Retirar la bandeja.
7. Desconectar la máquina.

PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA:

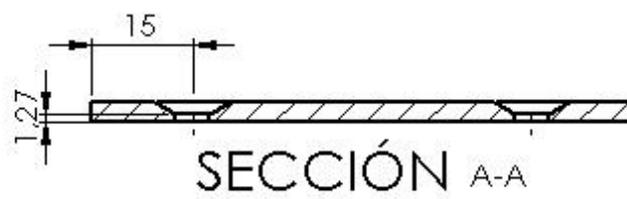
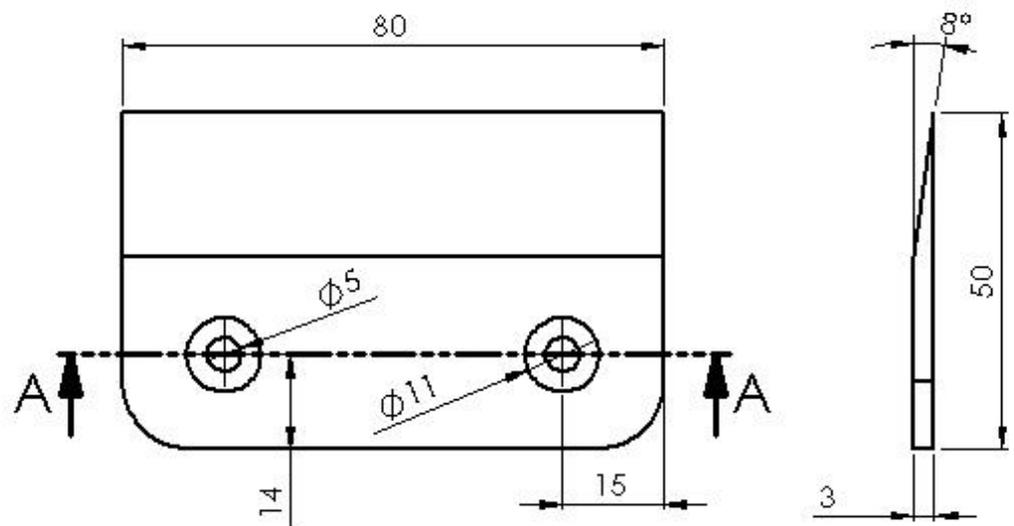
- Desconectar la máquina para poder comenzar el proceso de limpieza.
- Retirar los sujetadores de la cámara de ingreso indicados en la figura.



- Separar la pieza.
- Limpiar los residuos orgánicos que se encuentran entre las cuchillas, dentro de la cámara del disco y por detrás del mismo, preferentemente utilizar agua a presión y de ser necesario una brocha.
- Colocar la pieza de la cámara de ingreso y sus sujetadores.

MANTENIMIENTO:

- Después de cada uso y limpieza, desconectar la máquina.
- Afilar las cuchillas cada 2 meses de uso de la máquina, tomar en cuenta el espesor especificado en la figura 1.
- Con cada cambio de par cuchillas, afilar las que no se encuentren en uso.
- Una vez al mes retirar la tapa lateral (con el motor apagado y el tomacorriente desconectado) y verificar visualmente el estado de las bandas.
- Cambiar las bandas si se observa que se encuentran trisadas o en mal estado.
- Mensualmente realizar reajustes a todos los pernos y vinchas que conforman toda la estructura.
- Lubricar los rodamientos de las chumaceras con grasa N°2 en base a litio una vez al mes.
- Cambiar las cuchillas cuando su filo cortante se haya rotó o trizado, a continuación, se especifica el plano respectivo y las propiedades mecánicas de la cuchilla para que sea comprado en el mercado nacional.
- Las cuchillas se encuentren hechas de acero inoxidable BÖHLER M303 o AISI 420 con tratamiento térmico de templado.
- El Angulo de la cuchilla es de 8° respecto a la vertical como se observa en la figura 1



Anexo 6.

Planos