

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 DESPULPADORA DE
OVOS**

AUTORES:
HERNÁN WALDEMAR RIVADENEIRA SÁNCHEZ
SANTIAGO ALEJANDRO RAMÍREZ GUAMÁN

TUTOR:
ALFONSO XAVIER BOADA ZURITA

Quito, marzo del 2016

Cesión de derechos de autor

Nosotros, Rivadeneira Sánchez Hernán Waldemar y Ramírez Guamán Santiago Alejandro, con documento de identificación N°: 0603930355 y N° 1002848784 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autor/es del trabajo titulación intitulado: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DESPULPadora DE OVOS, 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 antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nombre: Hernán Rivadeneira
Cédula: 0603930355
Fecha: marzo 2016



Nombre: Santiago Ramírez
Cédula: 1002848784

Declaratoria de coautoría del docente tutor

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el proyecto técnico de titulación, cuyo tema es DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MÁQUINA DESPULPADORA DE OVOS realizado por Rivadeneira Sánchez Hernán Waldemar y Ramírez Guamán Santiago Alejandro, 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 del 2016



Ing. Alfonso Xavier Boada Zurita

CI: 1704388303

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado primeramente a Dios, en segundo lugar a mis padres Hernán Rivadeneira y Gladis Sánchez por siempre brindarme su apoyo incondicional y es gracias a ellos que hoy puedo cumplir esta meta profesional. A mis hermanos Leonela y Omar que me han apoyado con sus consejos y ocurrencias. A mi primo Ólger Sánchez y mi familia en general por su apoyo y sus palabras de aliento. En tercer lugar a mis amigos y mis seres queridos.

¡Lo hice!

Hernán

Este trabajo que he realizado con mucho esfuerzo quiero dedicárselo a mis padres en especial a mi madre, Martha Cecilia Guamán que es la persona más importante en mi vida ya que siempre ha estado apoyándome y dándome sus mejores consejos y alientos en cada victoria y fracaso de mi vida, enseñándome que para conseguir todas las cosas necesito darles mi esfuerzo y dedicación.

A mis hermanos, mi familia y todos mis amigos que en toda circunstancia han sabido estar junto a mí dando ánimos para salir adelante.

Santiago

Índice

Introducción	1
Capítulo 1	2
El ovo	2
1.1. Generalidades	2
1.2. Ambuquí	2
1.3. El ovo en Ambuquí	3
1.4. Composición de la fruta	4
1.5. Proceso de extracción de la pulpa	4
1.6. Estudio de campo	5
1.7. Materiales que están en contacto con alimentos	10
1.7.1. Aceros resistentes a la corrosión o inoxidable	11
1.7.2. Serie 300 Grupo Austenítico	11
1.7.3. Ventajas del acero inoxidable	12
1.8. Soldadura	12
1.8.1. Soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas	13
1.8.2. Consejos prácticos en soldadura de aceros inoxidables auténticos	13
Capítulo 2	15
Selección de alternativa de diseño	15
2.1. Despulpadora horizontal	15
2.2. Despulpadora Vertical	16
2.3. Selección de alternativa	17
2.3.1. Capacidad de la máquina	18
2.3.2. Tiempo de procesado	18
2.3.3. Estética	18
2.3.4. Proceso de Construcción	18
2.3.5. Disponibilidad de materiales	18
2.3.6. Costos	18
2.3.7. Tiempo de Limpieza	18
2.3.8. Facilidad de operación	18
2.3.9. Seguridad	18

2.3.10. Mantenimiento.....	18
2.4. Valor de los parámetros.....	19
2.5. Tabulación de alternativa	19
2.6. Resultados.....	21
Capítulo 3.....	22
Diseño de la máquina despulpadora de ovos	22
3.1. Diseño de la Tolva	22
3.2. Dimensiones y características.....	22
3.3. Cálculo del peso que ejercen los ovos	23
3.4. Diseño de las cuchillas tipo tornillo de Arquímedes	25
3.4.1. Diseño por resistencia a la fatiga	27
3.4.2. Límite de resistencia a la fatiga.....	27
3.5. Selección del tamiz.....	29
3.6. Diseño de los raspadores	29
3.6.1. Inercia de la fruta en el tamiz.....	30
3.6.2. Momento de inercia de los raspadores.....	32
3.6.3. Momento de inercia del brazo.....	32
3.6.4. Momento de inercia de la placa	33
3.6.5. Momento de inercia del nylon.....	35
3.6.6. Teorema de Steiner	36
3.7. Potencia de trabajo	37
3.7.1. Velocidad de operación.....	37
3.7.2. Potencia requerida en las cuchillas	38
3.7.3. Potencia requerida en raspadores.....	38
3.7.4. Selección del motor.....	39
3.7.5. Carga distribuida en el raspador.....	39
3.7.6. Análisis del conjunto placas y nylon.....	42
3.7.7. Diseño por resistencia a la fatiga	43
3.7.8. Diseño de los brazos del raspador.....	45
3.7.9. Inercia del brazo.....	46
3.7.10. Diseño del brazo por resistencia a la fatiga	46
3.8. Relación de transmisión	47
3.9. Selección de la banda	48

3.9.1. Tensiones de bandas.....	52
3.10. Diseño del eje.....	54
3.10.1. Diseño estático.....	57
3.10.2. Diseño por fatiga	59
3.11. Selección de chumaceras	62
3.12. Selección de las chavetas.....	62
3.13. Cilindro exterior.....	62
3.14. Conjunto brida de descarga.....	63
3.15. Placa base del motor	64
3.16. Estructura de despulpadora.....	65
3.16.1. Carga muerta	65
3.16.2. Carga viva.....	67
3.16.3. Resultado de simulación.....	67
3.17. Instalación del sistema eléctrico	68
3.17.1. Circuito de control.....	69
3.17.2. Circuito de potencia.....	69
Capítulo 4.....	71
Costos.....	71
4.1. Estudio de costos	71
4.2. Costos directos.....	71
4.2.1. Materia Prima.....	71
4.2.2. Costos de máquinas utilizadas y mano de obra	73
4.2.3. Costos de transporte de materiales.....	73
4.2.4. Costo total directo.....	73
4.3. Costos indirectos.....	74
4.3.1. Costos de diseño y supervisión.....	74
4.3.2. Gastos imprevistos.....	74
4.3.3. Costo total indirecto.....	74
4.4. Costo total de la máquina.....	75
Conclusiones	76
Recomendaciones.....	77
Referencias.....	78

Índice de tablas

Tabla 1. Tabulación de datos, pregunta 1	5
Tabla 2. Tabulación de datos, pregunta 2	6
Tabla 3. Tabulación de datos, pregunta 3	7
Tabla 4. Tabulación de datos, pregunta 4	7
Tabla 5. Tabulación de datos, pregunta 5	8
Tabla 6. Tabulación de datos, pregunta 6	9
Tabla 7. Materiales para alimentos	10
Tabla 8: Esquema designativo AISI para aceros inoxidable	11
Tabla 9. Valores de parámetros.....	19
Tabla 10. Tabulación de parámetros	19
Tabla 11. Producto entre parámetro y ponderado	20
Tabla 12. Detalle de elementos en la estructura 1.....	66
Tabla 13. Detalle de elementos en la estructura 2.....	66
Tabla 14. Componentes del sistema eléctrico	68
Tabla 15. Costos de materia prima.....	71
Tabla 16. Costo de componentes de elementos normalizados.....	72
Tabla 17. Costo de máquinas utilizadas y mano de obra	73
Tabla 18. Costo total directo	74
Tabla 19. Costo total indirecto.....	75
Tabla 20. Costo total de la máquina.....	75

Índice de figuras

Figura 1. El fruto ovo	2
Figura 2. Productos en base a la pulpa del ovo	3
Figura 3. Utilización de máquina despulpadora.....	5
Figura 4. Proceso de extraer la pulpa del ovo	6
Figura 5. Cantidad de ovos procesados por jornada	7
Figura 6. Tiempo que dedican por jornada de trabajo	8
Figura 7. Cantidad de pulpa extraída cubre la demanda requerida	9
Figura 8. Productos derivados del ovo	10
Figura 9. Equipo de soldadura GTAW	13
Figura 10. Despulpadora de fruta horizontal JJ110	16
Figura 11. Despulpadora de fruta horizontal con pendiente	16
Figura 12. Despulpadora de fruta vertical.....	17
Figura 13. Dimensiones de la tolva.....	22
Figura 14. Volumen de tolva en AutoCad 2013	23
Figura 15. Variables del elipsoide.....	24
Figura 16. Dimensiones del conjunto cuchilla.....	26
Figura 17. Dimensiones del tamiz (mm).....	29
Figura 18. Partes del raspador.....	30
Figura 19. Área de fruta	30
Figura 20. Dimensiones del brazo.....	33
Figura 21. Dimensiones de la placa	34
Figura 22. Dimensiones del nylon	35
Figura 23. Segundo centro de masa – T. Steiner.....	36
Figura 24. Dimensiones del conjunto raspador.....	40
Figura 25. Carga distribuida en los raspadores	41
Figura 26. Análisis de viga (Diagramas de momento y corte).....	42
Figura 27. Sistema placas y nylon.....	43
Figura 28. Análisis de viga (Diagramas de momento y corte).....	45
Figura 29. Diagrama de las poleas (ecuaciones)	50
Figura 30. DCL polea menor – tensiones en las bandas	52
Figura 31. Dimensiones y características del eje	54
Figura 32. Fuerzas aplicadas en el eje.....	55
Figura 33. Diagrama de momento y corte, eje x	56

Figura 34. Diagrama de momento y corte, eje y	57
Figura 35. Partes del cilindro exterior.....	63
Figura 36. Partes de la brida de descarga	64
Figura 37. Dimensiones placa base del motor	64
Figura 38. Dimensiones de la estructura	65
Figura 39. Desplazamiento producido por las cargas	67
Figura 40. Factor de seguridad estructura	68
Figura 41. Diagrama de control	69
Figura 42. Diagrama de potencia	70

Resumen

Con la construcción de la máquina despulpadora de ovos se tiene como finalidad extraer la pulpa de la fruta de manera eficiente.

En el momento de elegir la correcta alternativa de diseño, algunos parámetros fueron estudiados entre ellos los más importantes fueron las encuestas realizadas a los habitantes y cultivadores de ovos de la parroquia de Ambuquí del cantón Ibarra provincia de Imbabura, determinando factores indispensables que al ser analizados se concluyó con la selección de una máquina despulpadora de posición horizontal.

Para el adecuado funcionamiento de la máquina es necesario que la fruta (ovo) se encuentre en un grado de madurez adecuado porque al momento de ingresar al proceso de despulpado los raspadores trabajan correctamente y especialmente se obtiene pulpa de mejor calidad.

El tamiz tiene perforaciones de 3 mm de diámetro, que permite obtener pulpa ideal para la elaboración de los productos derivados del ovo. La máquina dispone de un motor de 1,5HP monofásico que permite ser instalado en cualquier sitio que disponga de energía eléctrica.

La construcción de la máquina se realizó con material de acero inoxidable AISI 304, el proceso de soldadura utilizado para el ensamble de las partes de la máquina es GTAW (Gas Tungsten Arc Welding).

Abstract

With the construction of the plum's machine pulper the main goal is to extract the fruit pulp efficiently.

At the moment to choose the correct alternative of design, some parameters were studied between them. The most important was the surveys applied to the plum's residents and farmers from the Parish Ambuquí in Ibarra located at the Imbabura Province, determining that the indispensable factors were analyzed and concluded with the selection of a pulping machine of horizontally position.

For the appropriate operation of the machine is necessary that the fruit (plum) is at an appropriate maturity level because at the moment of entering to the pulping process the scrapers work correctly and we obtain a better quality from the pulp.

The sieve has perforations of 3mm of diameter that permits to obtain ideal pulp for of the plum's products derivatives elaboration. The machine has a motor of 1,5HP monophasic that permits to install at any places were electric power is available.

The construction of the machine was made with material of stainless steel AISI 304, and the welding process used to assembly the machine parts is GTAW (Gas Tungsten Arc Welding).

Introducción

Actualmente en la provincia de Imbabura, parroquia de Ambuquí existen muchas personas que se dedican a la elaboración de productos derivados del fruto conocido como ovo que se produce en dicho lugar. La manera actual de obtener la pulpa de dicho fruto es esencialmente artesanal y de característica muy rústica.

Por esta razón el proyecto está destinado a facilitar el trabajo que estas personas realizan para obtener la pulpa y disminuir el tiempo de proceso. La construcción de la máquina propuesta permitirá obtener la pulpa de la fruta ahorrando tiempo y esfuerzo físico.

El método utilizado para la extracción de la pulpa de la fruta consiste en aplastar manualmente el ovo para obtenerla, lo cual es una actividad rudimentaria.

Capítulo 1

El ovo

Es una fruta de color rojizo anaranjado cuando está maduro como se puede ver en la figura 1, generalmente mide unos 3cm de largo y 2cm de ancho de forma ovoidal, de consistencia blanda y su sabor es entre dulce y ácido.



1.1. Generalidades

Prieto Puccio menciona que, la especie es originaria de Bécice, Ecuador entre otros países, cuyo clima se caracteriza por ser estacional. En el mismo artículo se citan los nombres más comunes que tiene el ovo:

Nombres comunes: hog-plum, Jamaica plum, purplemombin, red mombin, scarletplum, spanishplum (inglés); cirouelle, mombin rouge, pruned'Espagne, prunier des Antilles (francés); ameixa da Espanha, cajá, ciruela, cirigüela, imbu, imbuzeiro, serigüela (portugués); cirgüelo, ciruela colorada, ciruela española, ciruela mexicana, ciruela morada, ciruelo, ovo, jocote, jocote común, jocote de verano, ovo, yocote (español); rote mombinpflaume, spanischepflaume (alemán) (2015).

1.2. Ambuquí

Es una parroquia que se encuentra ubicada al norte del Ecuador, se localiza en la provincia de Imbabura del cantón Ibarra.

Ambuquí se caracteriza por su población afro ecuatoriana y su clima tropical, que hace de estas tierras idóneas para la agricultura de diferentes tipos de frutas, entre ellas la que más sobresale es el ovo.

1.3. El ovo en Ambuquí

El cultivo del ovo (*Spondias purpurea*) y posterior comercialización de esta fruta, es la principal actividad de múltiples familias que viven en la parroquia rural de Ambuquí situada al norte del cantón Ibarra.

La comercialización de esta fruta se la hace en cajones de madera con una tapa elaborada de hojas de plátano. También se elabora una especie de canastos tejidos con las hojas de plátano para presentaciones más pequeñas. Generalmente las personas que consumen la fruta en estas presentaciones son aquellas que van al norte o al sur del país por distintas actividades. También hay personas que vienen a esta localidad a comprar este fruto específicamente como materia prima de sus negocios.

Actualmente se elaboran helados, vinos, mermelada, vinagre, entre otras aplicaciones a partir de la pulpa de esta fruta como se aprecia en la figura 2. Sin embargo, la extracción de la pulpa es artesanal, lo cual conlleva una gran cantidad de tiempo y desgaste físico. El método utilizado es hacer pasar la pulpa por medio de un tamiz con la ayuda de la presión ejercida por las manos de la persona que realiza el trabajo. Entonces la pulpa se deposita en un recipiente para posteriormente ser utilizada en la elaboración de diferentes productos.



Esta fruta es cosechada dos veces al año en los meses de marzo y septiembre. En el mes de marzo se realiza la fiesta del ovo, específicamente desde la última semana de febrero hasta las dos primeras semanas del mes de marzo, esta celebración inicia con el despertar amburiqueño que comienza con un vehículo equipado con parlantes que recorre, a las 5:00 am, las principales calles. Entre las principales actividades que se desarrollan tenemos carreras de motocicletas, downhill, elección de la reina del ovo, carrera de coches de madera, etc.

1.4. Composición de la fruta

Michael J. Koziol y Manuel J. Macía (1998) en su libro Composición Química, Evaluación Nutricional y Perspectivas Económicas de Spondias Purpurea L, en la página 373 menciona que:

Los frutos del “ovo” (Spondias purpurea L) tienen el valor más alto de densidad calórica entre los frutos comparados, 74 kcal/100 g de porción comestible frente a valores de 39 a 58 kcal/g reportados para durazno (melocotón), albaricoque, ciruela, mango y cereza (guinda). Este valor se debe principalmente a la elevada concentración de los hidratos de carbono (19,1%) en el ovo, en comparación con las otras frutas mencionadas; la concentración total de fructosa, glucosa y sacarosa representa el 65% de los sólidos totales presentes. En relación con otras frutas, el ovo cuenta con cantidades relativamente altas de almidón en el mesocarpio. El ovo representa una fuente regular de potasio (250mg/100g de porción comestible) y una excelente fuente de vitamina C (49mg/100g de porción comestible). El análisis de los compuestos aromáticos volátiles identificó a 2-hexenal como el componente principal del aroma de la fruta.

1.5. Proceso de extracción de la pulpa

También se denomina despulpado. Técnicamente es la separación de la parte comestible de una fruta mediante algún tipo de procedimiento manual o mecánico. Debido a su consistencia y composición, en determinadas frutas es posible la extracción únicamente de jugo y en otros casos únicamente pulpa, pero dependiendo del método de despulpado se puede obtener jugo o pulpa de la mayoría de frutas.

1.6. Estudio de campo

Con el fin de determinar la capacidad de procesado de la despulpadora, es necesario un estudio de campo del mercado potencial. Inicialmente se planeó aplicar una encuesta a la totalidad de los productores que existen en la parroquia de Ambuquí, pero al no disponer de la cooperación de las autoridades encargadas y por lo mismo no tener el acceso a la documentación de cada uno de los productores para de una u otra forma ubicarlos y tomar sus datos, la encuesta se realizó a una muestra de 25 personas entre productores y personas que se dedican al cultivo y extracción de la pulpa de ovo en la parroquia de Ambuquí.

Tabulación de datos

¿Ha utilizado una máquina despulpadora de ovos? Los valores obtenidos se registran en la tabla 1.

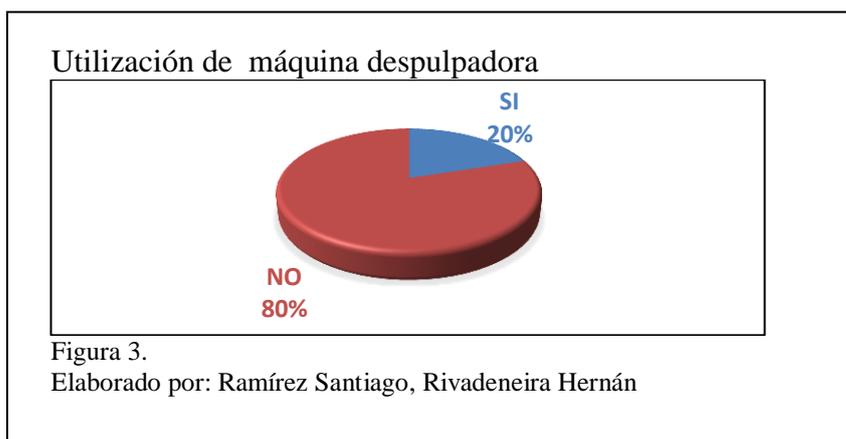
Tabla 1.

Tabulación de datos, pregunta 1.

Respuesta	# de personas	Porcentaje
Sí	5	20%
No	20	80%
Total	25	100%

Nota: Ramírez Santiago, Rivadeneira Hernán

El 80% de los encuestados no ha utilizado una máquina despulpadora frente al 20% que asegura haber utilizado al menos una vez una máquina de este tipo, valores que se ilustran en la figura 3.



¿Cuál es el proceso que utiliza para extraer la pulpa del ovo? Los valores obtenidos se registran en la tabla 2.

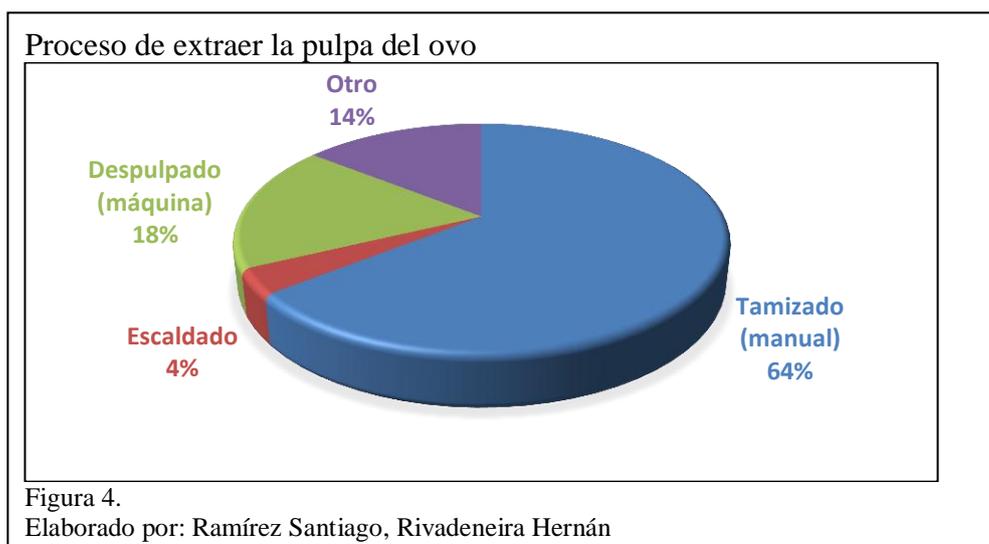
Tabla 2.

Tabulación de datos, pregunta 2

Respuesta	# de personas	Porcentaje
Tamizado (manual)	18	64%
Escaldado	1	4%
Despulpado (máquina)	5	18%
Otro	4	14%
Total	28	100%

Nota: Ramírez Santiago, Rivadeneira Hernán

Del total de muestras el 4% pertenece a las personas que utilizan el proceso de escaldado, el 18% por despulpado (máquina), el 14% utiliza métodos distintos a los mencionados y el 64% extrae la pulpa por medio de tamizado (manual). El total de Respuestas excede al número de personas debido a que las mismas utilizan varios métodos para el despulpado. Los valores descritos anteriormente se ilustran en la figura 4.



¿Cuántos quintales de fruta (ovo) son procesados en su jornada de trabajo?

Los valores obtenidos se registran en la tabla 3.

Tabla 3.

Tabulación de datos, pregunta 3

Respuesta	# de personas	Porcentaje
1 quintal	25	100%
2 quintales	0	0%
3 quintales	0	0%
Más 3 quintales	0	0%
Total	25	100%

Nota: Ramírez Santiago, Rivadeneira Hernán

El 100% de la muestra procesa en su jornada de trabajo 1 quintal de ovos para utilizar la pulpa en sus diferentes derivados, como se aprecia en la figura 5.



¿Cuál es el tiempo estimado que ud. dedica a esta actividad? Los valores obtenidos se registran en la tabla 4.

Tabla 4.

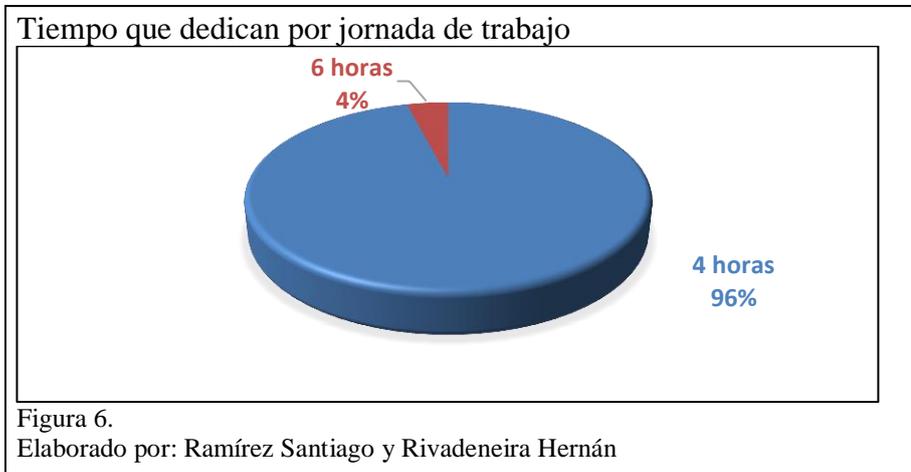
Tabulación de datos, pregunta 4

Respuesta	# de personas	Porcentaje
4 horas	24	96%

6 horas	1	4%
8 horas	0	0%
Otro (indique)	0	0%
TOTAL	25	100%

Nota: Ramírez Santiago y Rivadeneira Hernán

El tiempo que se emplea para realizar esta actividad es de 4 horas para 96% frente al 4% que emplea 6 horas para la misma actividad. Los valores de la pregunta 4 se pueden apreciar en la figura 6.



¿La cantidad de pulpa extraída cubre la demanda requerida? Los valores obtenidos se registran en la tabla 5.

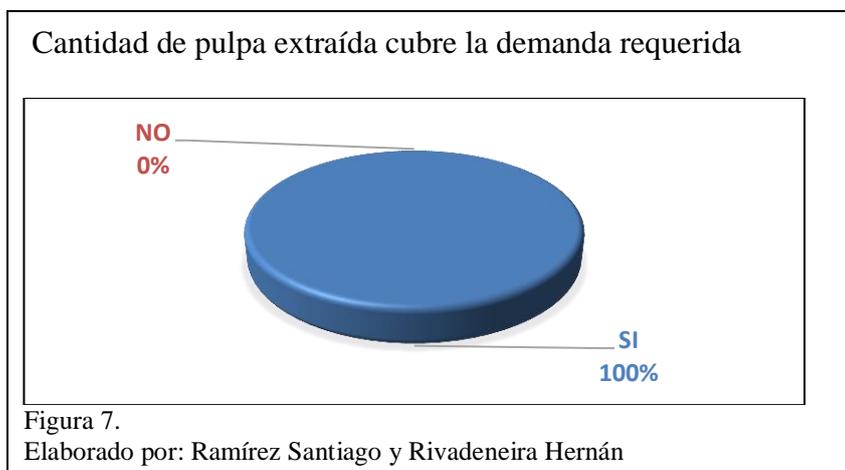
Tabla 5.

Tabulación de datos, pregunta 5

Respuesta	# de personas	Porcentaje
Sí	25	100%
No	0	0%
TOTAL	25	100%

Nota: Ramírez Santiago y Rivadeneira Hernán

El 100% de la muestra cubre la demanda requerida con la cantidad de pulpa de ovo extraída independientemente del método empleado como se muestra en la figura 7.



¿Qué productos a partir del ovo ud. conoce? Los valores obtenidos se registran en la tabla 6.

Tabla 6.

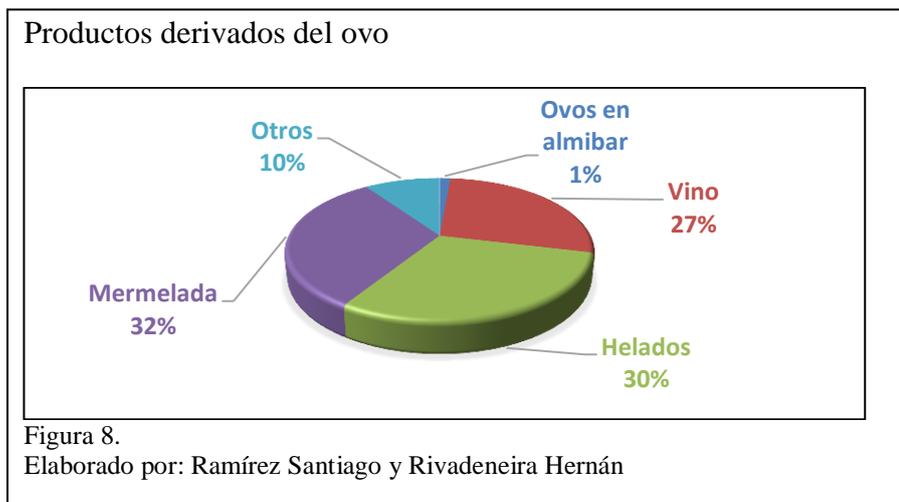
Tabulación de datos, pregunta 6

Respuesta	# de personas	Porcentaje
Ovos en almíbar	1	1%
Vino	20	27%
Helados	22	30%
Mermelada	23	32%
Otros (indique)	7	10%
TOTAL	73	100%

Nota: Ramírez Santiago y Rivadeneira Hernán

Los productos que se conocen a base de la pulpa del ovo en la parroquia de Ambuquí en mayor cantidad es la mermelada con un 32 %, helados 30%, vino 27%, ovos en almíbar 1% y otros productos como (licor, vinagre) el 10 %. Como se aprecia en la figura 8.

El total de Respuestas excede al número de personas debido a que las personas conocen varios productos a partir de la pulpa del ovo.



1.7. Materiales que están en contacto con alimentos

De acuerdo al reglamento europeo 1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo se registra la tabla 7 para materiales que mantienen contacto con alimentos ya sea envases, recipientes, máquinas, etc.

Tabla 7.

Materiales para alimentos

Plástico	Vidrio o Cristal	Papel o cartón
Material de envases Utensilios y recipientes que contienen alimentos o sirven para manipularlos.	Material de vasos, recipientes y envases.	Material que puede formar parte de envases y embalajes, entre otros donde se almacenan los alimentos.
Materiales metálicos	Cerámica o porcelana	Telas o fibras
Algunos materiales están presentes como el acero inoxidable o el aluminio en el instrumental de cocina	Material de vajillas y recipientes, donde se dispondrán los alimentos antes de consumirlos.	Materiales que pueden ser naturales o sintéticos. Pueden estar en contacto con los alimentos, puesto que los uniformes de los manipuladores

que se utiliza para manipular alimentos.		o los paños de cocina puedan estar confeccionados en estos tejidos.
--	--	---

Fuente: (Gomez, 2014, pág. 64)

1.7.1. Aceros resistentes a la corrosión o inoxidable

El acero inoxidable se caracteriza por presentar gran resistencia a ambientes corrosivos y en el caso del acero inoxidable austenítico por su bajo contenido en carbono, es por tal motivo que son aceros no magnéticos

De acuerdo a lo mencionado por DeGamo, Black, & Kohser (1994) en la página 207, puede conseguirse una buena resistencia a ambientes hostiles con un aumento de un 4% a un 6% de cromo a un acero pobre en carbono.

En la tabla 8 se detallan las series de los aceros inoxidables.

Tabla 8:

Esquema designativo AISI para aceros inoxidables

SERIE	ALEADORES	ESTRUCTURA
200	Cromo, níquel, manganeso o nitrógeno	Austenítica
300	Cromo y níquel	Austenítica
400	Cromo sólo	Ferrítica o martensítica
500	Cromo bajo (< 12%)	Martensítica

Fuente: (DeGarmo, Black, & Kohser, 1994, pág. 208)

1.7.2. Serie 300 Grupo Austenítico

Acero inoxidable 304

Posee gran cantidad de aplicaciones que requieren resistencia en ambientes corrosivos, buena Respuesta a temperatura y buenas propiedades mecánicas.

En el manual del Centro Nacional para el desarrollo del Acero Inoxidable (pág. 14), describe que el acero inoxidable 304 evita la precipitación de carburos en

períodos prolongados de alta temperatura por poseer un 0,08% de contenido máximo de carbono.

Tomando como referencia lo descrito en la tabla 4 del manual del Centro Nacional para el desarrollo del Acero Inoxidable (pág. 15), el tipo 304 es ideal para el manejo de alimentos entre otras aplicaciones.

1.7.3. Ventajas del acero inoxidable

Las principales ventajas del acero inoxidable son:

Presentan resistencia a la corrosión.

Poseen resistencia a la alta y baja temperatura.

Facilidad para la fabricación.

Buena resistencia mecánica.

Tienen buena presentación o estética.

Posee propiedades higiénicas.

Tienen un gran ciclo de trabajo

1.8. Soldadura

La soldadura es el proceso en el cuál se unen dos o más materiales generalmente con las mismas propiedades. “La integración de las partes que se unen mediante soldadura se denomina un ensamble soldado”. (Stenquist, 1997, pág. 712).

Existen muchos tipos de soldadura, entre las más reconocidas podemos anotar la soldadura por fusión y la soldadura por estado sólido.

La soldadura por fusión se caracteriza por el uso de calor y en ciertos casos se añade material de aporte a la combinación de los elementos a soldar.

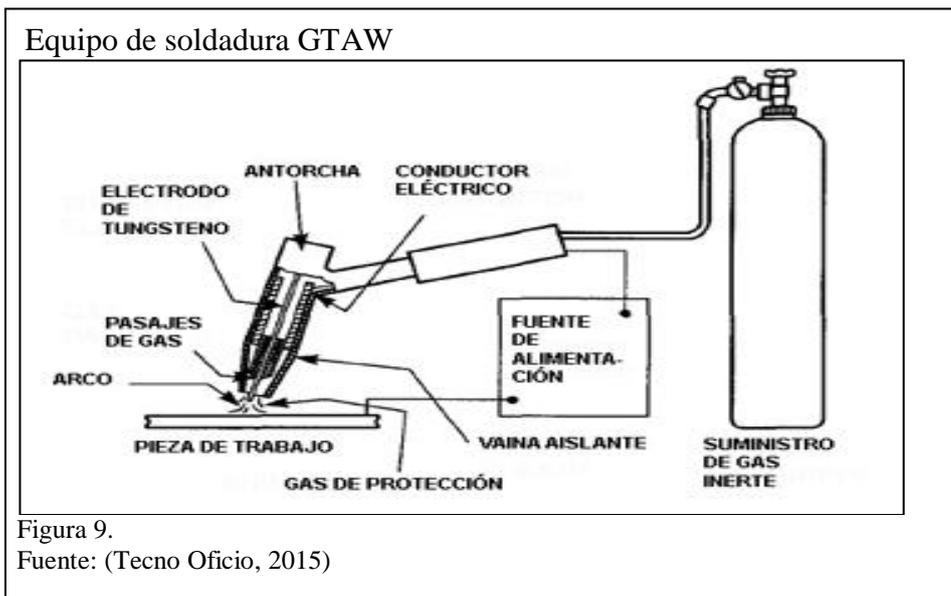
La soldadura de estado sólido se caracteriza por la aplicación de presión o calor y presión. En este tipo de soldadura no es necesario el material de aporte.

1.8.1. Soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas

La soldadura a emplear en el presente trabajo es la TIG (tungsten inert gas) con material de aporte por sus buenas propiedades de soldadura y buen acabado. La presencia del tungsteno es ideal para la soldadura por su alto punto de fusión.

El material de aporte es ER 308L que se caracteriza por aumentar la resistencia a la corrosión intergranular.

El equipo para llevar a cabo este tipo de soldadura se ilustra en la figura 9.



Plazos Peinado (2006) describe que “el material de aporte es un alambre enrollado en un carrete y se alimenta en forma independiente. En este proceso se usa un soplete que tiene en la parte central al electrodo de tungsteno. Además esta pistola tiene un conducto alrededor del electrodo, por el cual fluye una corriente de gas inerte. Este gas puede ser argón, helio o dióxido de carbono. La función del gas es desplazar al aire de la zona de soldadura protegiéndola de la contaminación y de la oxidación.” (pág. 270).

1.8.2. Consejos prácticos en soldadura de aceros inoxidable auténticos

En el manual de aceros inoxidable de indura realizado por Ibarra & Núñez (2010, pág. 40) se describen las recomendaciones para realizar el proceso de soldadura en aceros austeníticos.

No se recomienda realizar un precalentamiento por la presencia de fisuras en caliente y el deterioro de la resistencia a la corrosión intergranular por la precipitación de carburos de cromo.

Se debe tomar en cuenta el material base para la selección de los electrodos que van a intervenir el proceso de soldadura.

Se recomienda bajar la intensidad de corriente, realizar cordones cortos o hacer pausas entre cordones para evitar el calentamiento del material base

El proceso de soldadura generalmente desarrolla altas tensiones en el material pero se recomienda no realizar tratamientos térmicos en las soldaduras de aceros inoxidable. Pero de no ser el caso y se requiera aplicar un alivio de tensiones se recomienda mantener por 4 horas a baja temperatura (315°C a 425°C) seguido de un enfriamiento lento por cada pulgada de espesor.

Capítulo 2

Selección de alternativa de diseño

Para seleccionar la mejor alternativa en el diseño se toma como referencia los aspectos positivos y negativos de máquinas despulpadoras de fruta existentes en el mercado actual. Existen dos tipos de despulpadora: horizontal y vertical.

2.1. Despulpadora horizontal

Una despulpadora horizontal consta principalmente de un tamiz estático en forma de cilindro cónico en posición horizontal por donde la pulpa pasa al ser presionada por dos o tres raspadores simétricamente instalados en su interior. El ejemplo de este tipo de despulpadora se aprecia en la figura 10. Debido a la fuerza centrífuga y a la forma del tamiz el material restante como la cáscara y la pepa son expulsados por la parte de mayor diámetro hacia un contenedor para su posterior utilización.

Una tolva de alimentación por donde la fruta será suministrada, está instalada en la parte superior del extremo de menor diámetro del tamiz en el que existen tres cuchillas para romper la cáscara de la fruta. Durante el proceso toda la pulpa extraída descenderá por una tolva de recolección de despulpado instalada en la parte inferior del tamiz y se almacenará en un recipiente para posterior uso.

La principal ventaja de este sistema es que el suministro de fruta hacia la despulpadora puede ser constante, es decir que no es necesario preocuparse por la acumulación de la cáscara y la pepa.

Su desventaja es que al tener el suministro de fruta constante el tamiz en donde se realiza el despulpado tiene mayor longitud con respecto a una despulpadora vertical. Esto se debe a que la pulpa debe ser extraída antes de que la fruta sea expulsada por la fuerza centrífuga que está presente durante el proceso a causa del giro los raspadores. Al aumentar la longitud del tamiz aumenta el material, en consecuencia aumenta el costo y el peso de la máquina. Para disminuir la longitud en el cilindro se puede instalar 3 raspadores simétricamente en el eje, es decir a 120°, lo que aumenta la incidencia de la fruta contra el tamiz y su capacidad de despulpado.

Despulpadora de fruta horizontal JJ110



Figura 10.
Fuente: (MEGAfood, s.f.)

Dentro de las despulpadoras horizontales se ha creado una variación de la misma que básicamente trabaja con un cilindro completamente uniforme horizontal pero para eliminar la cáscara y la pepa de la fruta se inclina todo el sistema para que, por gravedad, salgan del tamiz como se puede apreciar en la figura 11.

Despulpadora de fruta horizontal con pendiente



Figura 11.
Fuente: (GRUPO MAPISA, POLINGENIEROS Y POLINOX, s.f.)

2.2. Despulpadora Vertical

La despulpadora vertical se caracteriza principalmente por tener un tamiz cilíndrico de menor longitud que en la despulpadora horizontal y por la disposición de la misma. Como se aprecia en la figura 12.

Básicamente tiene el mismo principio de funcionamiento que es el de comprimir la fruta contra el tamiz, pero en este caso al ser vertical tiene una limitación en la capacidad de proceso puesto que no es posible tener un flujo constante de alimentación de fruta en el proceso, es decir que en el tamiz solo puede ingresar cierta cantidad de fruta para ser procesada. Si se requiere procesar otro volumen de fruta necesariamente se debe limpiar el tamiz de cáscaras y residuos, lo que provoca un aumento en el tiempo de la extracción de la pulpa.

En algunos casos para eliminar el desperdicio de cáscara y semilla, el sistema debe apagarse para extraer los residuos de forma manual. En otros casos la despulpadora contará con una escotilla que se abrirá manualmente cuando se desee eliminar estos desperdicios una vez que se haya extraído en su totalidad la pulpa.

La principal ventaja es que ocupa un área reducida en comparación con la despulpadora horizontal durante su funcionamiento.



2.3. Selección de alternativa

Se proponen 3 alternativas de despulpadora, horizontal, horizontal con pendiente y vertical. La selección de la mejor alternativa para el diseño y la construcción se realiza en base a los siguientes diez parámetros sobre un valor total de 100 puntos:

2.3.1. Capacidad de la máquina

La capacidad de la despulpadora debe cubrir los requerimientos establecidos por el productor, que de acuerdo a la gráfica 3 es de 1 quintal.

2.3.2. Tiempo de procesado

La máquina debe realizar el trabajo en el menor tiempo posible sin afectar la calidad del despulpado durante el proceso.

2.3.3. Estética

Característica que determina el impacto visual de la máquina con respecto a la apreciación de cada persona.

2.3.4. Proceso de Construcción

La construcción de la máquina debe ser de la manera más simple sin afectar el rendimiento de la misma.

2.3.5. Disponibilidad de materiales

Los materiales a utilizar en la construcción deben ser de compra local, de fácil accesibilidad y en lo posible evitar importaciones.

2.3.6. Costos

Los costos a manejar deben estar dentro del presupuesto estimado, economizando en todo lo posible pero sin descuidar la calidad en el proceso.

2.3.7. Tiempo de Limpieza

Tiempo en realizar la limpieza después de estar en operación.

2.3.8. Facilidad de operación

Facilidad de para que la despulpadora sea utilizada por cualquier persona que requiera de su uso.

2.3.9. Seguridad

Seguridad que existe al operar la máquina.

2.3.10. Mantenimiento

El mantenimiento debe ser realizado de manera eficaz, eficiente y de bajo costo.

2.4. Valor de los parámetros

Para la evaluación de los diferentes parámetros se toma en cuenta los valores descritos en la tabla 9, valores que serán dados a cada uno de ellos:

Tabla 9.

Valores de parámetros

Valor	Descripción
1 – 3	Inaceptable
4 – 6	Regular
7 – 8	Bueno
9 - 10	Muy Bueno

Nota: Ramírez Santiago y Hernán Rivadeneira

2.5. Tabulación de alternativa

La asignación de valores a cada una de las alternativas en los diferentes parámetros se realiza en base al resumen anteriormente descrito para los diferentes tipos de despulpadora. Además se ha incluido un valor de ponderación como se indica en la tabla 10.

Tabla 10.

Tabulación de parámetros

Parámetro	Ponderación	Horizontal Alternativa 1	Horizontal con pendiente Alternativa 2	Vertical Alternativa 3
Capacidad de máquina	10	10	10	7
Tiempo de procesado	9	9	9	4
Ergonomía	2	10	7	7

Construcción	8	10	8	7
Disponibilidad de materiales	6	9	9	9
Costos	7	9	9	5
Tiempo de limpieza	1	9	7	7
Facilidad de operación	4	10	9	7
Seguridad	3	9	9	9
Mantenimiento	5	9	8	7

Nota: Ramírez Santiago y Hernán Rivadeneira

La ponderación representa la importancia que tiene un parámetro respecto de otro en el diseño propuesto. Dicho valor está comprendido entre 1 y 10 dado el número de parámetros a evaluar. El valor final será el producto entre cada parámetro y su respectivo ponderado como se ilustra en la tabla 11. Posteriormente se suma los valores para cada alternativa dando así el valor resultante.

Tabla 11.

Producto entre parámetro y ponderado

Parámetro	Horizontal Alternativa 1	Horizontal con pendiente Alternativa 2	Vertical Alternativa 3
Capacidad de máquina	100	100	70
Tiempo de procesado	81	81	36
Ergonomía	20	14	14
Construcción	80	64	56
Disponibilidad de materiales	54	54	54
Costos	63	63	35

Tiempo de limpieza	9	7	7
Facilidad de operación	40	36	28
Seguridad	27	27	27
Mantenimiento	45	40	35
Total	519	486	362

Nota: Ramírez Santiago y Hernán Rivadeneira

2.6. Resultados

La alternativa 1 con un valor de 519 puntos presenta el valor más alto en relación a las otras alternativas, siendo la mejor opción para el diseño y la construcción de la despulpadora en los parámetros estimados.

Capítulo 3

Diseño de la máquina despulpadora de ovos

3.1. Diseño de la Tolva

La tolva a diseñar será del tipo piramidal debido a su baja dificultad de fabricación, de característica extraíble por motivo de facilitar la limpieza, transporte y su respectivo mantenimiento.

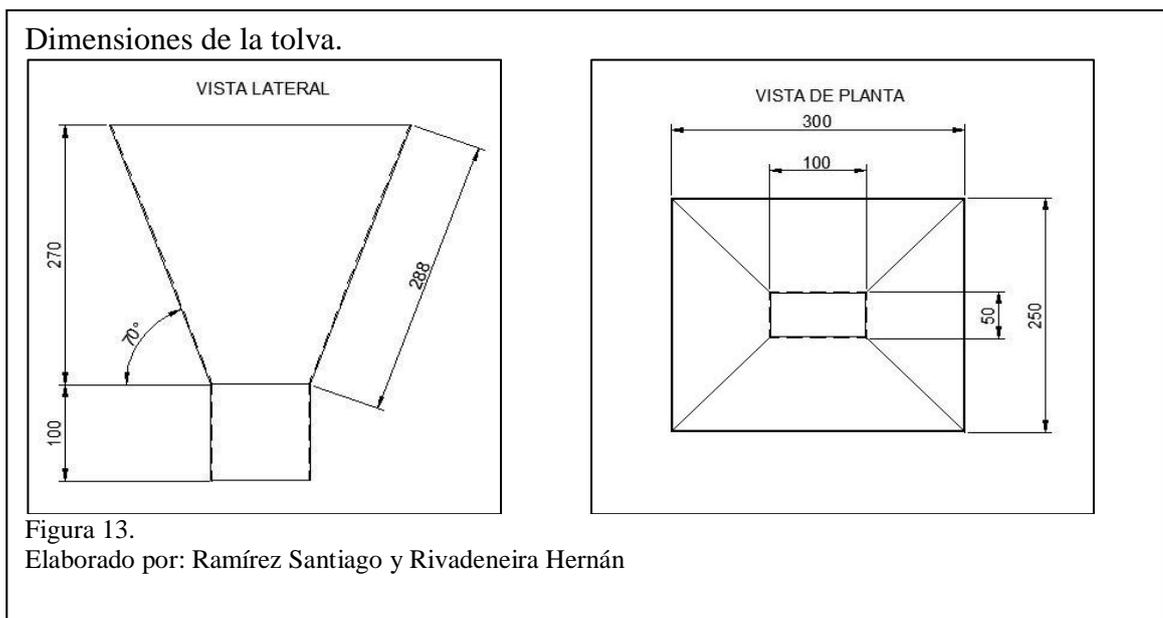
3.2. Dimensiones y características

Puesto que la finalidad de la tolva es la de guiar el ovo al cilindro para el posterior procesamiento, se requiere establecer el ángulo de inclinación de la misma para que la fruta ingrese dinámicamente.

De acuerdo con Pernich (2010), para obtener un flujo másico el ángulo de inclinación no debe ser menor a 70° respecto de la horizontal, para material granular en silos de almacenamiento. (pág. 2)

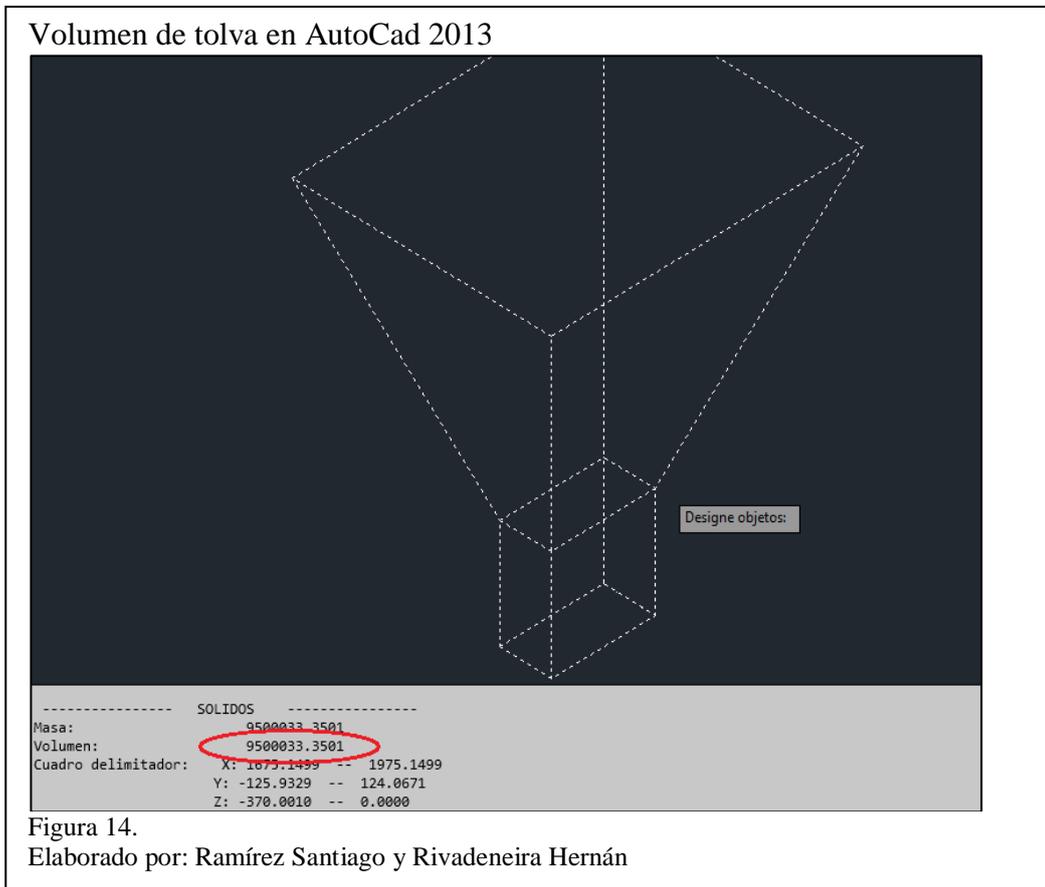
Dado que el valor de 70° aplica para material granular, en nuestro caso no presenta ningún problema, debido a la forma ovoidal del ovo que facilita la descarga dentro del cilindro al momento de iniciar el proceso.

Las dimensiones de la tolva están en milímetros y se detallan en la figura 13.



En la fabricación de la tolva se utiliza una plancha de acero inoxidable 304 que es ideal para operaciones que involucran alimentos.

Para determinar el volumen interno de la tolva se utiliza el comando `_massprop` en AutoCad 2013 en inglés o respectivamente el comando `propfis` para la versión en español como se indica en la figura 14.



El volumen dado por el software es:

$$V_{\text{TOLVA}} = 9\,500\,033,350\,1 \text{ mm}^3$$

3.3. Cálculo del peso que ejercen los ovos

Para determinar el peso de los ovos se toma una muestra de 100 unidades para determinar el peso y dimensiones, cuyos valores son registrados en el anexo 1.

Donde:

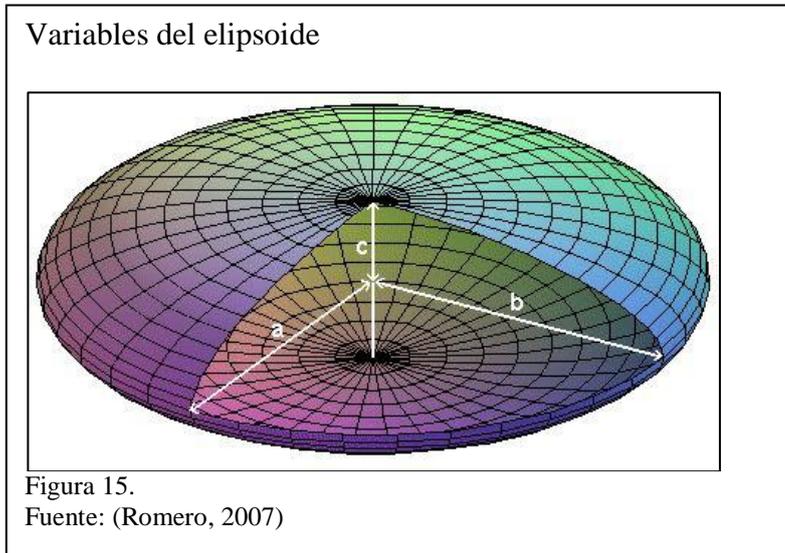
A: longitud del ovo = 30 mm

B: alto del ovo = 21,2 mm

C: ancho del ovo = 7,9 mm

Se determina el volumen del ovo aplicando la fórmula del elipsoide descrita por M. Romero (2007). Las variables del elipsoide se ilustran en la figura 15.

$$\text{Volumen Elipsoide} = \frac{4}{3} \pi abc \quad (3.1)$$



El valor a, b y c se obtiene dividiendo para 2 respectivamente A, B y C.

$$a = \frac{A}{2} \quad a = \frac{30}{2} \quad a = 15 \text{ mm}$$

$$b = \frac{B}{2} \quad b = \frac{21,2}{2} \quad b = 10,6 \text{ mm}$$

$$c = \frac{C}{2} \quad c = \frac{20,8}{2} \quad c = 10,4 \text{ mm}$$

Se reemplaza los valores obtenidos en la ecuación 3.1.

$$V_{\text{ovo}} = \frac{4}{3} \pi (15 \text{ mm})(10,6 \text{ mm})(10,4 \text{ mm})$$

$$V_{\text{ovo}} = 6\,926,583 \text{ mm}^3$$

Con el valor del volumen de cada ovo se determina la cantidad que ocupan en la tolva llena.

$$\# \text{ OVOS} = \frac{V_{\text{tolva}}}{V_{\text{ovo}}} \quad (3.2)$$

$$\# \text{ ovos} = \frac{9\,500\,033,3\,501 \text{ mm}^3}{6\,926,583 \text{ mm}^3}$$

$$\# \text{ ovos} = 1\,371$$

Dado que la masa promedio del ovo (m_{povo}) es $7,9 \times 10^{-3}$ kg, se determina el peso.

$$m_{\text{ovo/t}} = \# \text{ovos} * m_{\text{povo}} \quad (3.3)$$

Donde:

$m_{\text{ovo/t}}$: masa de ovos en la tolva[kg].

$$m_{\text{ovo/t}} = 1371 * 7,9 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$m_{\text{ovo/t}} = 10,831 \text{ kg}$$

Según lo mencionado en la página 185 por Robert L. Mott (2006) se aplica el factor de seguridad $n=2$ para el diseño de elementos sometidos a cargas dinámicas, la masa total de ovos (m_{tovos}) es:

$$m_{\text{tovos}} = m_{\text{ovo/t}} * n \quad (3.4)$$

$$m_{\text{tovos}} = 10,831 \text{ kg} * 2$$

$$m_{\text{tovos}} = 21,662 \text{ kg}$$

Conociendo el valor de la gravedad (g) de $9,81 \text{ m/s}^2$ se determina el peso de los ovos (P_{ovos}).

$$P_{\text{ovos}} = m_{\text{tovos}} * g \quad (3.5)$$

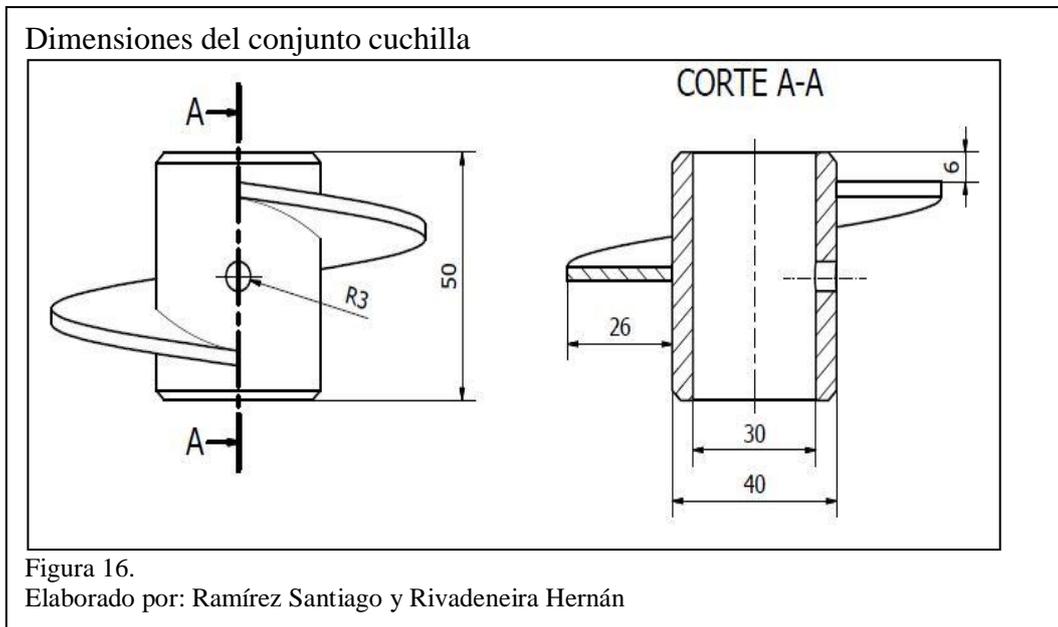
$$P_{\text{ovos}} = 21,662 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_{\text{ovos}} = 212,504 \text{ N}$$

3.4. Diseño de las cuchillas tipo tornillo de Arquímedes

Para el diseño de las cuchillas se asume el principio de tornillo de Arquímedes que tiene como finalidad transportar la fruta que ingresa por la tolva hacia el sistema de raspadores, como se muestra en la figura 16, las dimensiones están en milímetros.

El conjunto cuchilla consta con un agujero roscado para la posterior instalación de un prisionero M6x15 con la finalidad de restringir el movimiento a lo largo del eje.



La carga se aplica perpendicular a todo el sistema del tornillo de Arquímedes, por tal razón su diseño se realiza en base a una viga en voladizo.

Se determina el esfuerzo máximo en flexión con la ecuación descrita por Budynas & Nisbett (2008) en la página 86.

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M * C}{I} \quad (3.6)$$

Donde:

M: momento [kg cm].

C: espesor del material dividido para 2 [cm].

I: momento de inercia de la placa [cm⁴].

El momento a calcular es el producto de la masa de los ovos por la distancia del ala del tornillo (d).

$$M = m_{\text{tovos}} * d \quad (3.7)$$

$$M = 21,662 \text{ kg} * 2,6 \text{ cm}$$

$$M = 56,321 \text{ kgcm}$$

La inercia de la cuchilla está dada por la ecuación:

$$I = \frac{b * h^3}{12} \quad (3.8)$$

Donde:

b: longitud de la cuchilla[cm].

h: espesor de la cuchilla[cm].

$$I = \frac{2,6 \text{ cm} * (0,3 \text{ cm})^3}{12}$$

$$I = 0,00585 \text{ cm}^4$$

Se reemplaza los valores obtenidos en la ecuación (3.6).

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{56,321 \text{ kgcm} * 0,15 \text{ cm}}{0,00585 \text{ cm}^4}$$

$$\sigma = 1\,444,12 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

3.4.1. Diseño por resistencia a la fatiga

Budynas & Nisbett (2008) en la página 274, describen la siguiente ecuación de resistencia a la fatiga (Sé):

$$Sé = 0,5 * S_{ut} \quad (3.9)$$

Donde el S_{ut} es la resistencia a la tensión mínima, dado que el material es acero inoxidable AISI 304 según el anexo 2, su $S_{ut} = 5300 \text{ kg/cm}^2$.

$$Sé = 0,5 * 5\,300 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$Sé = 2\,650 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

3.4.2. Límite de resistencia a la fatiga

La ecuación descrita por Budynas & Nisbett (2008) en la página 278, identifica los factores que deben ser considerados en el diseño por fatiga.

$$Se = Sé * Ka * Kb * Kc * Kd * Ke \quad (3.10)$$

Donde:

Ka: Factor de modificación de la condición superficial, ver anexo 3 para laminado en frío.

$$Ka = a * Sut^b \quad (3.11)$$

$$Ka = 4,51 * 530^{-0,265}$$

$$Ka = 0,85$$

Kb: Factor de modificación del tamaño, ver anexo 4.

$$Kb = 1$$

Kc: Factor de modificación de la carga, ver anexo 5.

$$Kc = 1$$

Kd: Factor de modificación de la temperatura, ver anexo 6. Se asume una temperatura máxima de 100 ° C.

$$Kd = 1,020$$

Ke = Factor de confiabilidad, ver anexo 7. Se asume un valor del 95%.

$$Ke = 0,868$$

Determinados los diferentes factores se reemplazan en la ecuación (3.10).

$$Se = 2\,650 * 0,85 * 1 * 1 * 1,020 * 0,868$$

$$Se = 1\,994,273 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Se aplica la ecuación del factor de seguridad (n) para los valores obtenidos.

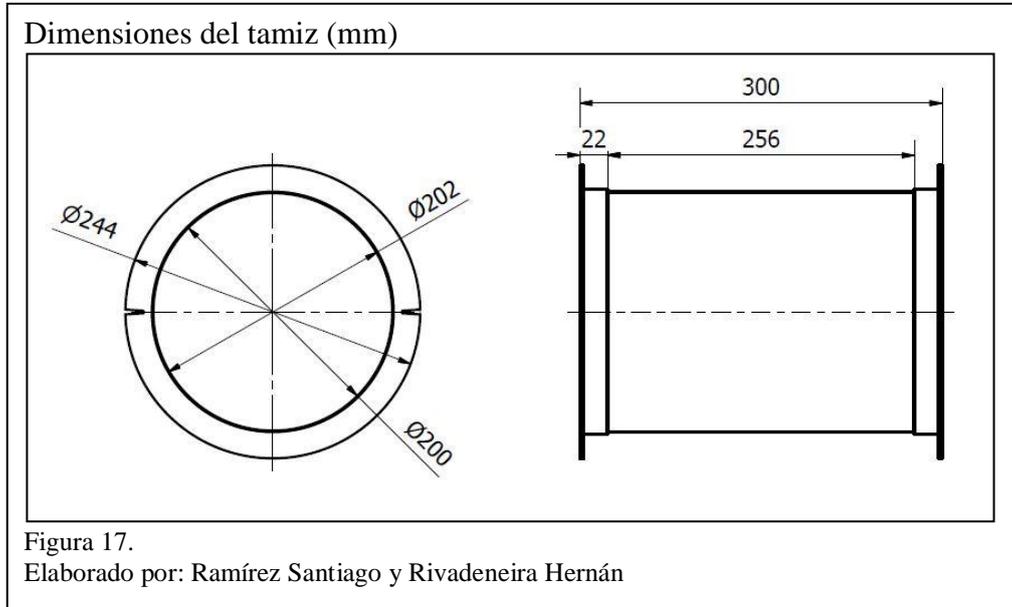
$$n = \frac{Se}{\sigma} \quad (3.12)$$

$$n = \frac{1\,994,273 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}{1\,444,12 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$n = 1,38$$

3.5. Selección del tamiz

El material del tamiz es acero inoxidable 304, apropiado para el manejo de alimentos, con perforaciones de 3mm. Las dimensiones del tamiz están en milímetros y se detallan en la figura 17.



Se han reforzado los extremos con cuatro anillos de 2mm de espesor del mismo material para aumentar la resistencia a la deformación durante la operación.

3.6. Diseño de los raspadores

Teniendo en cuenta que el tamiz es un cilindro recto, los raspadores a diseñar son de la misma característica. Conformados por dos placas en acero inoxidable y una placa de nylon como se ilustra en la figura 18.

Para garantizar la salida eficiente de material residual proveniente del ovo como es la pepa y la cáscara su construcción posee un desfase de los centros de brazo de 20mm creando un efecto de tornillo.

Partes del raspador

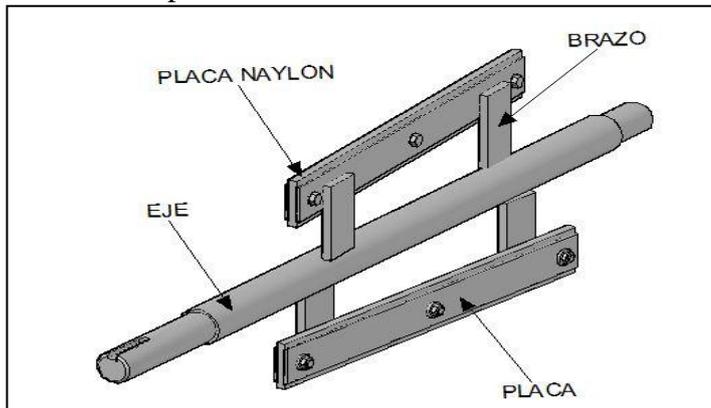


Figura 18.

Elaborado por: Ramírez Santiago y Rivadeneira Hernán

3.6.1. Inercia de la fruta en el tamiz

Es la fuerza que se origina por la acumulación de fruta en la parte inferior del tamiz como se indica en la figura 19. Para el cálculo se asume que los los brazos de los raspadores están ubicados horizontalmente.

Para determinar la dimensión del área de la sección, se utiliza la herramienta de propiedades en AutoCad 2013 en español como se indica en la figura 19. Las dimensiones están en milímetros.

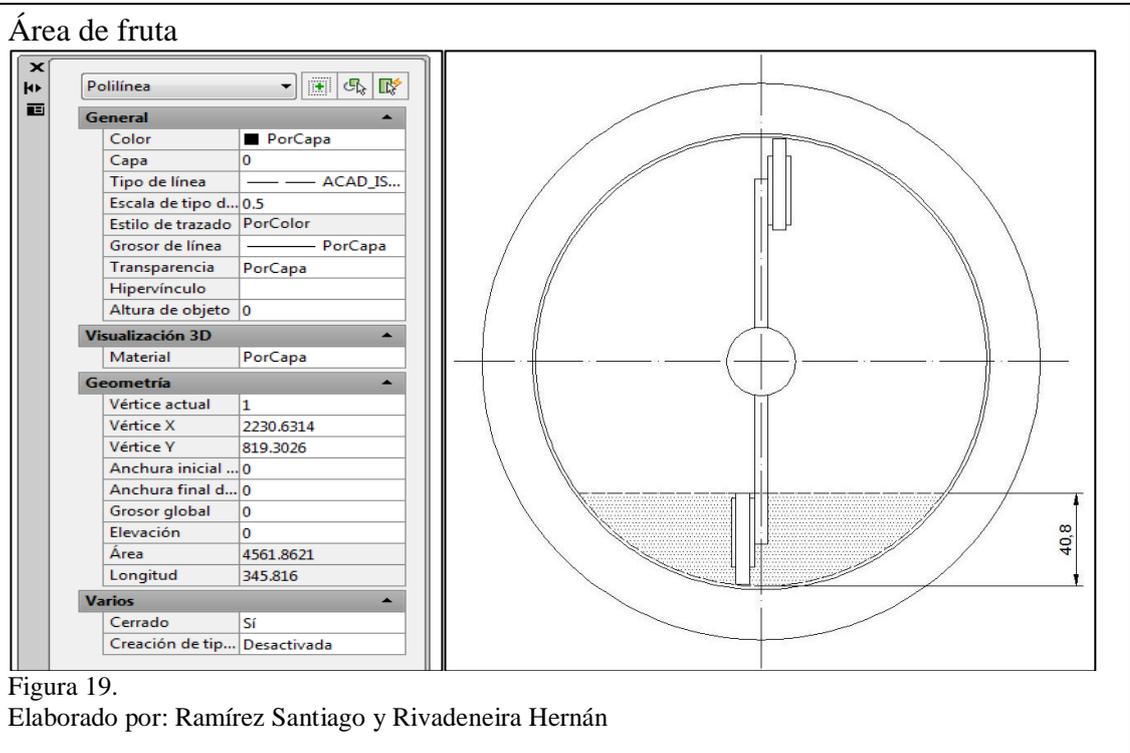


Figura 19.

Elaborado por: Ramírez Santiago y Rivadeneira Hernán

La altura de la fruta acumulada está dada por la altura de la placa de nylon.

El valor del área de la sección sombreada es 4 561,862 mm², dado el valor de la longitud del tamiz se determina el volumen de fruta.

$$V_{\text{fruta}} = A * L \quad (3.13)$$

Donde:

V_{fruta} : volumen que ocupa la fruta [mm³].

A: área de la sección [mm²].

L: longitud del tamiz [mm].

$$V_{\text{fruta}} = 4\,561,862 \text{ mm}^2 * 300\text{mm}$$

$$V_{\text{fruta}} = 1\,368\,558,6 \text{ mm}^3$$

Se aplica la ecuación (3.2) de determina la cantidad de ovos que ocupa el volumen calculado.

$$\# \text{ ovos} = \frac{V_{\text{fruta}}}{V_{\text{ovo}}}$$

Dónde:

#ovos: número de ovos [unid].

$$\# \text{ovos} = \frac{1\,368\,558,6 \text{ mm}^3}{6\,926,58 \text{ mm}^3}$$

$$\# \text{ovos} = 197,581 \text{ unidades}$$

Con el valor del número de ovos se determina la masa que se encuentra en el tamiz, aplicando la ecuación (3.3).

$$m_{\text{ovos/tamiz}} = \# \text{ovos} * m_{\text{ovo}}$$

Donde:

$m_{\text{ovos/tamiz}}$: masa de ovos en el tamiz[g].

$$m_{\text{ovos/tamiz}} = 197,587 * 7,5 \text{ g}$$

$$m_{\text{ovos/tamiz}} = 1\,481,856 \text{ g}$$

$$m_{\text{ovos/tamiz}} = 1,482 \text{ kg}$$

Aplicando la ecuación (3.5) se determina la magnitud del peso que se produce en el tamiz y que influye en el diseño de los raspadores.

$$P_{\text{ovos/tamiz}} = m_{\text{ovos/tamiz}} * g$$

$$P_{\text{ovos/tamiz}} = 1,482 \text{ kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_{\text{ovos/tamiz}} = 14,524 \text{ N}$$

3.6.2. Momento de inercia de los raspadores

Para el diseño de los raspadores se debe determinar el momento de inercia del mismo. Teniendo en cuenta la definición descrita por Gowitzke & Milner (1999) en la página 91, inercia es la resistencia que un cuerpo presenta para cambiar su estado de reposo o de movimiento uniforme.

Para determinar el momento de inercia de los raspadores se analizan los elementos que lo conforman como se muestra en la figura 18.

Los momentos de inercia a determinar son:

Momento de inercia del brazo (I_B)[kg m²].

Momento de inercia de la placa (I_P)[kg m²].

Momento de inercia del nylon (I_N)[kg m²].

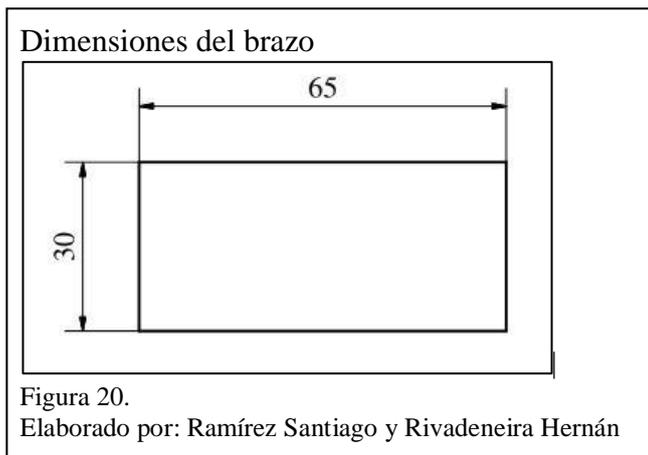
La sumatoria de todos los momentos de inercia descritos anteriormente es el momento de inercia del raspador (I_R):

$$I_R = 2I_B + 2I_P + I_N \quad (3.14)$$

3.6.3. Momento de inercia del brazo

Para determinar el momento de inercia del brazo previamente se calcula su masa, dado que el material de fabricación es acero inoxidable 304 su densidad es 7 930kg/m³, el espesor del brazo es 6mm.

Las dimensiones del brazo están en milímetros y se detallan en la figura 20.



$$m_B = \delta_{\text{inox}} * V_B \quad (3.14)$$

Donde:

m_B : masa del brazo[kg].

V_B : volumen del brazo [m³].

$$m_B = 7\,930 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,17 \times 10^{-5} \text{m}^3$$

$$m_B = 0,093 \text{ kg}$$

Para determinar la inercia del brazo con respecto a su centro de gravedad se asume que se encuentra en posición horizontal, siendo la base (b) 65mm y su altura (h) 6mm.

$$I_B = \frac{m_B}{12} (b^2 + h^2) \quad (3.15)$$

$$I_B = \frac{0,093 \text{ kg}}{12} ((0,065\text{m})^2 + (0,006\text{m})^2)$$

$$I_B = 3,302 \times 10^{-5} \text{kgm}^2$$

3.6.4. Momento de inercia de la placa

El material de fabricación de la placa es acero inoxidable 304 cuya densidad es 7 930 kg/m³, el espesor de placa es 2mm

Las dimensiones de la placa están en milímetros y se detallan en la figura 21.

Dimensiones de la placa

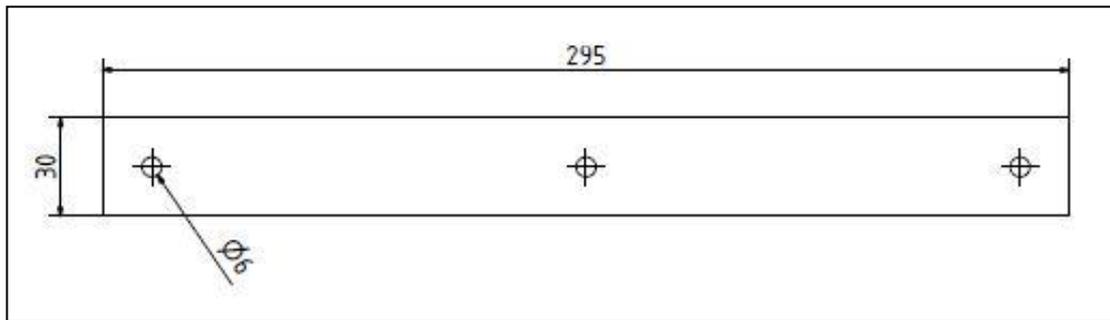


Figura 21.

Elaborado por: Ramírez Santiago y Rivadeneira Hernán

Por motivo de diseño se considera una placa sin perforaciones, entonces aplicando la ecuación (3.14) se determina la masa de la placa.

$$m_P = \delta_{\text{inox}} * V_P$$

Donde:

m_P : masa de la placa[kg].

V_P : volumen de la placa[m³].

$$m_P = 7\,930 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 2,37 \times 10^{-5} \text{m}^3$$

$$m_P = 0,188 \text{ kg}$$

Se asume la placa en posición horizontal para determinar la inercia respecto a su centro de gravedad, respectivamente la base (b) 30mm y su altura (h) 2mm aplicando la ecuación (3.15).

$$I_P = \frac{m_P}{12} (b^2 + h^2)$$

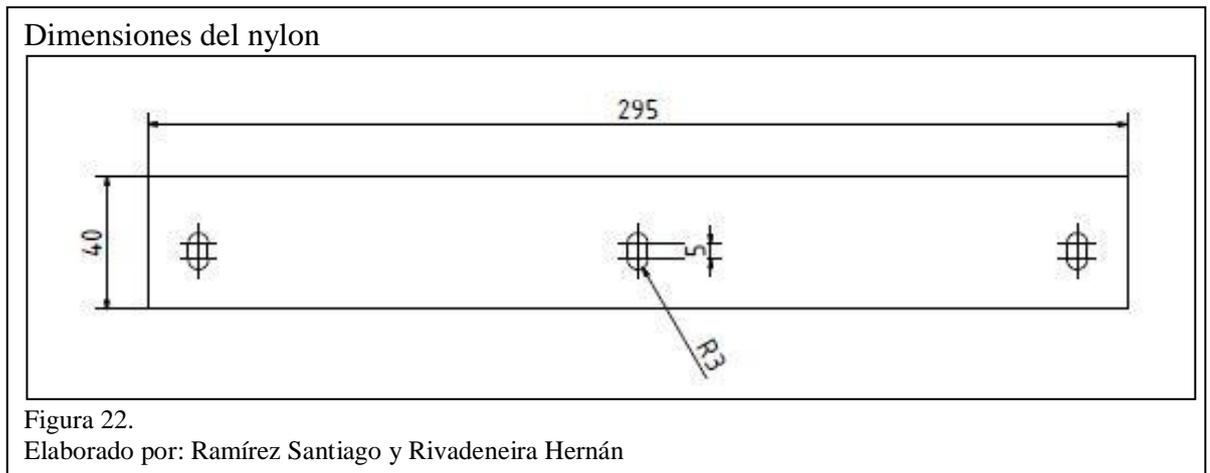
$$I_P = \frac{0,188 \text{ kg}}{12} ((0,03\text{m})^2 + (0,002\text{m})^2)$$

$$I_P = 1,416 \times 10^{-5} \text{ kgm}^2$$

3.6.5. Momento de inercia del nylon

La densidad del nylon es $1\,140\text{ kg/m}^3$ como se indica en el sitio web de Plasticbages Industrial, ver anexo 7.

Las dimensiones del nylon están en milímetros y se detallan en la figura 22, la placa a diseñar tiene como característica principal el maquinado de perforaciones alargadas u ojos de buey que permite el ajuste de la placa de nylon a la pared del tamiz, el espesor de la placa es 6mm.



Por motivo de diseño se considera una placa sin perforaciones, entonces aplicando la ecuación (3.14) se determina la masa del nylon.

$$m_N = \delta_N * V_N$$

Donde:

m_N : masa del nylon[kg].

V_N : volumen del nylon[m³].

$$m_N = 1\,140 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 7,08 \times 10^{-5} \text{m}^3$$

$$m_N = 0,081 \text{ kg}$$

Se asume la placa de nylon en posición horizontal para determinar la inercia del respecto a su centro de gravedad, respectivamente la base (b) 40mm y su altura (h) 6mm aplicando la ecuación (3.15).

$$I_N = \frac{m_N}{12} (b^2 + h^2)$$

$$I_N = \frac{0,081 \text{ kg}}{12} ((0,04\text{m})^2 + (0,006\text{m})^2)$$

$$I_N = 1,104 \times 10^{-5} \text{ kgm}^2$$

El momento de inercia del raspador es:

$$I_R = 2I_B + 2I_P + I_N \quad (3.16)$$

$$I_R = (2 * 3,302 \times 10^{-5} + 2 * 1,416 \times 10^{-5} + 1,104 \times 10^{-5}) \text{kgm}^2$$

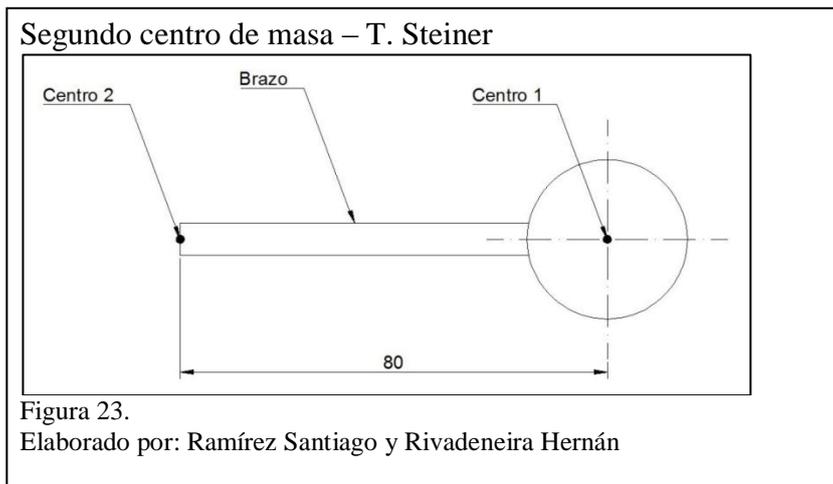
$$I_R = 1,054 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$$

3.6.6. Teorema de Steiner

Dado que el momento de inercia es mayor para un determinado eje que se encuentra a una determinada distancia del centro de masa del cuerpo, es decir, se establece otro centro de rotación diferente al centro de masa.

El teorema de Steiner nos permite relacionar los momentos de inercia con respecto a cada uno de los ejes.

Para su análisis el segundo centro de masa se encuentra a 80 mm del centro del eje como se representa en la figura 23. Las dimensiones están en milímetros.



Entonces se tiene:

$$I_{TTS} = 2I_{TS} \quad (3.17)$$

$$I_{TTS} = 2(I_R + M_R D^2) \quad (3.18)$$

Donde:

I_{TTS} : Momento de inercia total del raspador – teorema de Steiner [kg m²].

I_{TS} : Momento de inercia del raspador – teorema de Steiner [kg m²].

M_R : masa del raspador [kg].

D : Distancia al nuevo centro de rotación.

La masa resultante del raspador es la suma de los componentes que lo conforman como se detalla en la ecuación (3.19).

$$M_R = 2m_B + 2m_P + m_N \quad (3.19)$$

$$M_R = (2 * 0,093 + 2 * 0,188 + 0,081) \text{ kg}$$

$$M_R = 0,643 \text{ kg}$$

Se reemplaza los valores obtenidos en la ecuación (3.18)

$$I_{TTS} = 2(1,054 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2 + (0,643 \text{ kg})(0,08\text{m})^2)$$

$$I_{TTS} = 8,441 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$$

3.7. Potencia de trabajo

Para determinar la potencia de trabajo se evalúa la potencia de transporte producidas por las cuchillas y la potencia del raspador.

3.7.1. Velocidad de operación

Para determinar la potencia requerida se debe establecer la velocidad angular de trabajo, Defaz & Tuza (2011) en la página 118 mencionan que “este tipo de maquinaria trabaja con velocidades angulares comprendidas entre 500 a 600 rpm”

Para el diseño se toma el máximo valor de las velocidades mencionadas, se transforma las 600rpm en unidades de rad/s.

$$W = 600 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 62,832 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

3.7.2. Potencia requerida en las cuchillas

Para determinar la potencia requerida en las cuchillas se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{tc} = P_{ovos} * v \quad (3.20)$$

Donde:

P_{tc} : potencia de transporte producido por las cuchillas [watts].

P_{ovos} : peso de los ovos en la tolva [N].

v : velocidad[m/s²].

La velocidad también se escribe en términos de la velocidad angular (W) y el radio en el que giran las cuchillas (r) de la siguiente manera:

$$v = W * r \quad (3.21)$$

Se reemplaza la ecuación (3.21) en la ecuación (3.20), entonces se tiene:

$$P_{tc} = P_{ovos} * W * r \quad (3.22)$$

$$P_{tc} = 212,504 \text{ N} * 62,832 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} * 0,05\text{m}$$

$$P_{tc} = 667,603 \text{ watts}$$

3.7.3. Potencia requerida en raspadores

Se determina la potencia de los raspadores (P_r) en base a la ecuación (3.22) y se suma el valor de la inercia de los raspadores que está dada por la relación de la energía cinética en un intervalo de 60s.

$$P_r = P_{ovos/tamiz} * W * r + \frac{Ec}{t} \quad (3.23)$$

La energía cinética en los raspadores está dada por la siguiente ecuación.

$$Ec = \frac{1}{2} I_{TTS} * w^2 \quad (3.24)$$

$$Ec = \frac{1}{2} (8,441 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2) * (62,832 \frac{\text{rad}}{\text{seg}})^2$$

$$E_c = 16,66 \text{ Nm}$$

Se reemplaza los valores calculados en la ecuación 3.23 y se determina la potencia requerida en los raspadores.

$$P_r = 14,3 \text{ N} * 62,832 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * 0,08 \text{ m} + \frac{16,66 \text{ Nm}}{60\text{s}}$$

$$P_r = 72,157 \text{ watts}$$

La potencia total del trabajo es la suma de la potencia de transporte de las cuchillas mas la potencia de los raspadores.

$$P_{\text{total}} = P_{\text{tc}} + P_r \quad (3.25)$$

$$P_{\text{total requerida}} = 667,603 \text{ watts} + 72,157 \text{ watts}$$

$$P_{\text{total requerida}} = 739,76 \text{ watts}$$

Se transforma las unidades de la potencia total requerida de watts a Hp, dado que $1 \text{ Hp} = 746 \text{ watts}$.

$$P_{\text{total requerida}} = 0,992 \text{ Hp}$$

3.7.4. Selección del motor

Para la selección del motor se utiliza el factor de servicio ($Fr = 1,2$) como se indica en el anexo 8.

$$P_{\text{motor}} = P_{\text{total requerida}} * Fr \quad (3.26)$$

$$P_{\text{motor}} = 0,911 \text{ HP} * 1,2$$

$$P_{\text{motor}} = 1,19 \text{ HP}$$

Con el valor obtenido de la potencia del motor se selecciona un motor de 1,5 Hp.

3.7.5. Carga distribuida en el raspador

Una vez determinada la potencia del motor se aplica la fuerza que se ejerce en el raspador. Las dimensiones del conjunto raspador están en milímetros y se detallan en la figura 24.

Dimensiones del conjunto raspador.

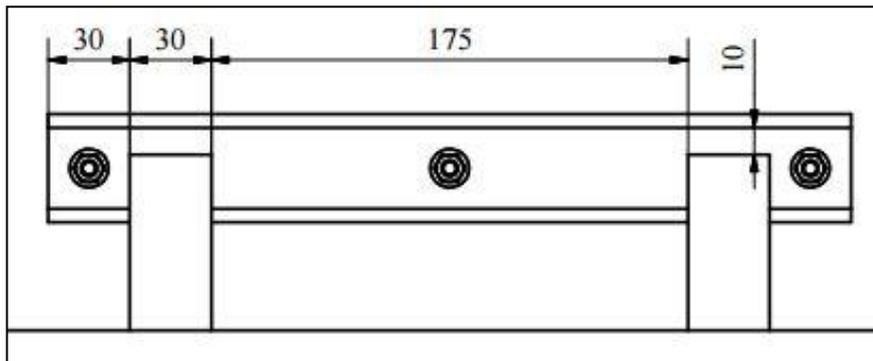


Figura 24.

Elaborado por: Ramírez Santiago y Rivadeneira Hernán

Con los datos del motor $P_{\text{motor}} = 1,5 \text{ HP} \approx 1\,119 \text{ watts}$, $W = 62,832 \text{ rad/s}$ se determina el momento torsor que se aplica al raspador de acuerdo con la fórmula descrita por Robert L. Mott (2006) en la pág. 94.

$$T_R = \frac{P_{\text{promedio}}}{W} \quad (3.27)$$

Donde:

T_R : Momento torsor aplicado en el raspador [Nm].

Dado que $P_{\text{promedio}} = P_{\text{motor}}$, entonces se tiene:

$$T_R = \frac{1\,119 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}}{62,832 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

$$T_R = 17,809 \text{ Nm}$$

Se determina la fuerza aplicada en el raspador dado que la longitud del brazo del raspador es de 80 mm.

$$F = \frac{T_R}{L} \quad (3.28)$$

$$F = \frac{17,809 \text{ Nm}}{0,08 \text{ m}}$$

$$F = 222,613 \text{ N}$$

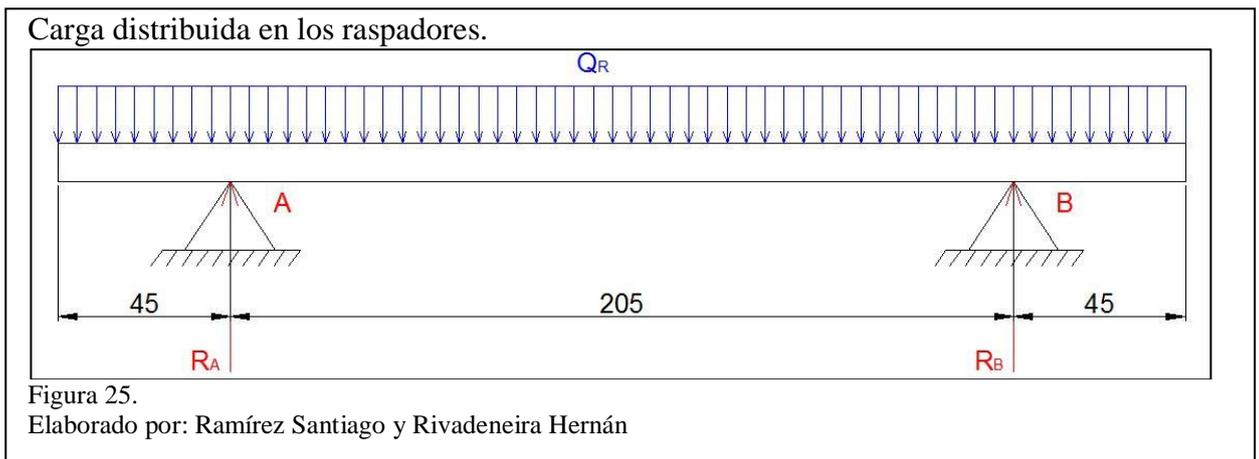
Dado el valor de la longitud del raspador se determina la carga distribuida que se aplica en el mismo.

$$Q_R = \frac{F}{l} \quad (3.29)$$

$$Q_R = \frac{222,613 \text{ N}}{0,295 \text{ m}}$$

$$Q_R = 754,620 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Por motivo de análisis se asume una viga con dos apoyos A y B, ubicados en el centro de cada brazo como se indica la figura 25. Las dimensiones se están en milímetros.



Para determinar la reacción en el punto A y B se realiza la sumatoria de momentos con respecto a cualquiera de los puntos mencionados, respecto al punto A.

$$\Sigma M_A = 0 \quad (3.30)$$

$$F * b_F - R_B * b_{RB} = 0$$

Donde

b_F : Brazo de la fuerza F[m].

b_{RB} : Brazo de la reacción en el punto B[m].

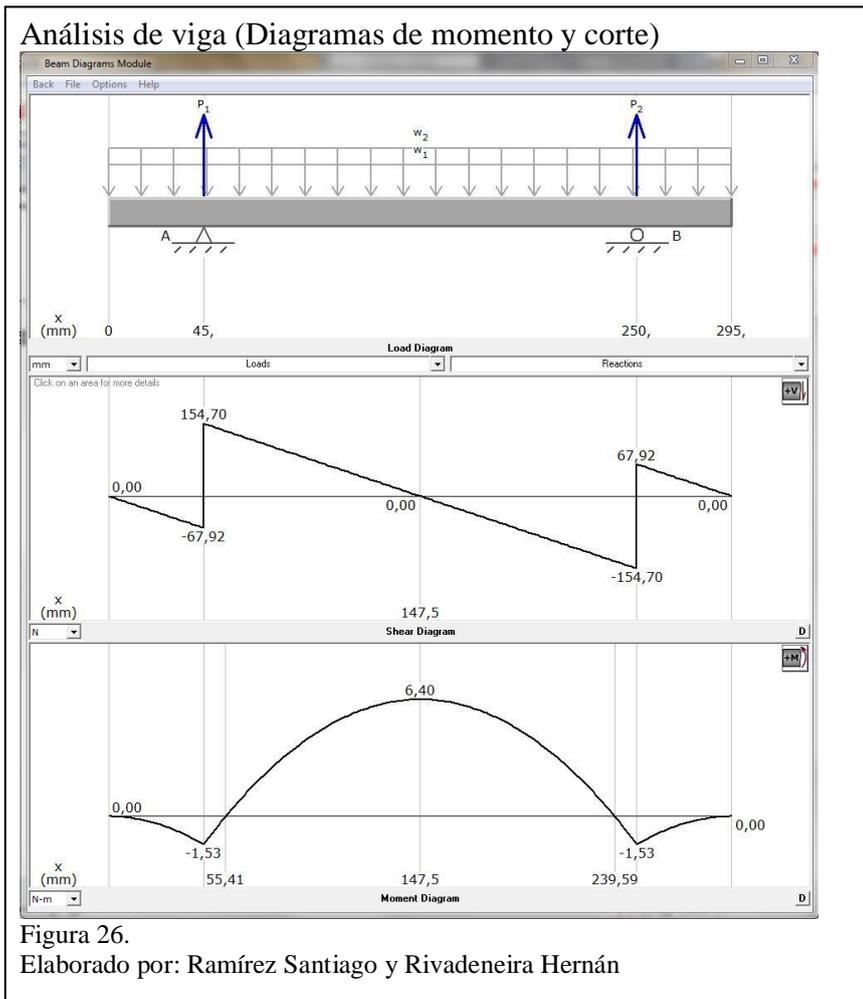
$$222,613 \text{ N} * 0,1025 \text{ m} - R_B * 0,205 \text{ m} = 0$$

$$R_B = 111,307 \text{ N}$$

Dado que la reacción en el punto A es la misma que en el punto B se tiene:

$$R_A = 111,307 \text{ N}$$

En la figura 26 se observa el comportamiento de las curvas de momento máximo y de corte de la viga. El programa utilizado es el MD Solid 3.5.



Como resultado, se tiene que la fuerza de corte es 174,70 N y el momento máximo (M_{max}) 6,40 Nm \approx 65,306kgcm.

3.7.6. Análisis del conjunto placas y nylon

Por motivo de facilitar el diseño se asume un conjunto conformado por las placas de acero inoxidable y la placa de nylon como se ilustra en la figura 27, las dimensiones están en milímetros.

Sistema placas y nylon

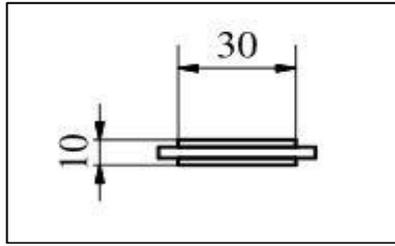


Figura 27.

Elaborado por: Ramírez Santiago y Rivadeneira Hernán

Para determinar la inercia del conjunto se aplica la ecuación (3.8), donde la base (b) es 30mm y la altura (h) es 10 mm.

$$I_s = \frac{1}{12} (b * h^3)$$

Donde:

I_c : inercia del conjunto [cm^4].

$$I_c = \frac{1}{12} (3 \text{ cm} * (1 \text{ cm})^3)$$

$$I_c = 0,25 \text{ cm}^4$$

Aplicando la ecuación (3.6) se determina el esfuerzo por flexión.

$$\sigma = \frac{M_{\text{max}} * C}{I_c}$$

Donde:

C: Espesor/2 [cm].

$$\sigma = \frac{65,306 \text{ kgcm} * 0,5 \text{ cm}}{0,25 \text{ cm}^4}$$

$$\sigma = 130,612 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

3.7.7. Diseño por resistencia a la fatiga

Sé = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria, ecuación (3.9)

$$Sé = 0,5 * S_{ut}$$

Dado que el material es acero inoxidable AISI 304, ver anexo 1, $S_{ut} = 5\,300$ kg/cm².

$$S_e = 0,5 * 5\,300 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$S_e = 2\,650 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

K_a = Factor de modificación de la condición superficial, ver anexo 3, ecuación (3.11).

$$K_a = a * S_{ut}^b$$

$$K_a = 4,51 * 530^{-0.265}$$

$$K_a = 0,855$$

K_b = Factor de modificación del tamaño, ver anexo 4.

$$K_b = 1$$

K_c = Factor de modificación de la carga, ver anexo 5.

$$K_c = 1$$

K_d = Factor de modificación de la temperatura, ver anexo 6 para un valor máximo de 100°C.

$$K_d = 1,020$$

K_e = Factor de confiabilidad, para un valor del 95%, ver anexo 7.

$$K_e = 0,868$$

Se reemplaza los valores aplicando la ecuación (3.10).

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

$$S_e = 2\,650 * 0,855 * 1 * 1 * 1,020 * 0,868 * 1$$

$$S_e = 2\,006 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

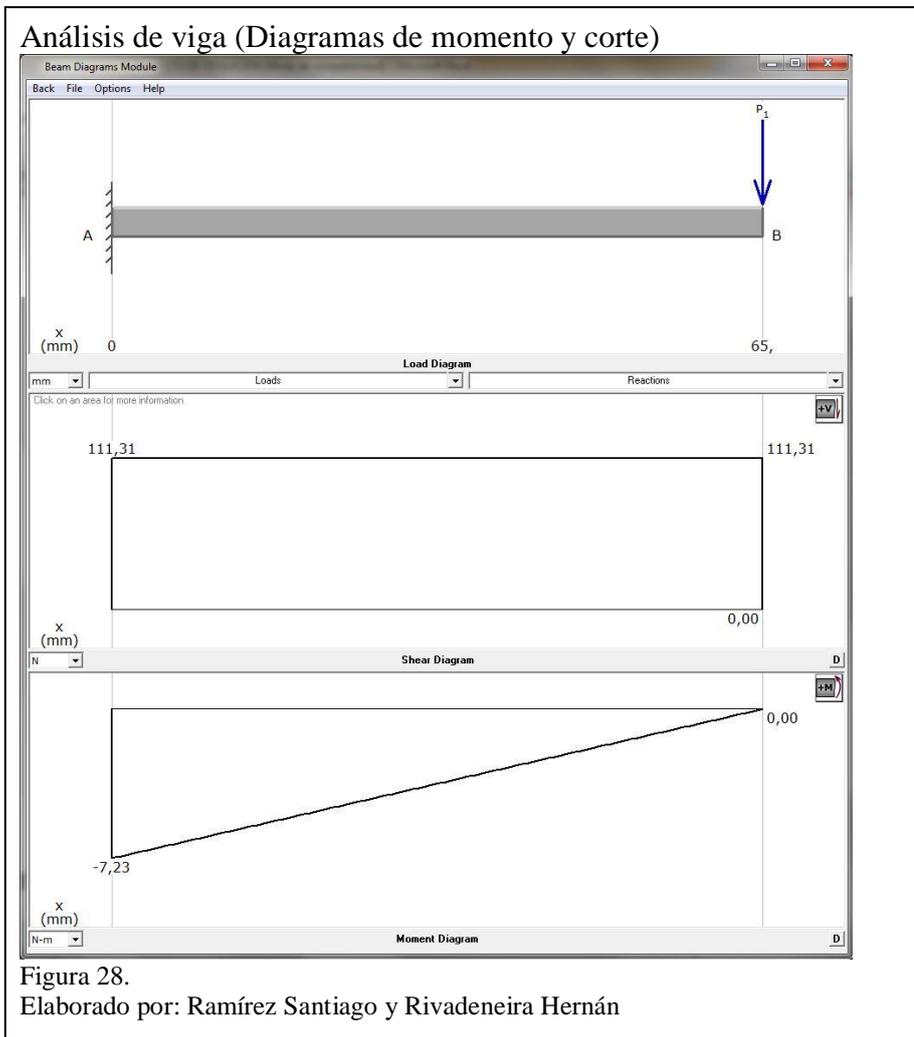
Se aplica la ecuación (3.12) para determinar factor de seguridad.

$$n = \frac{2\,006 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}{130,612 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$n = 15,4$$

3.7.8. Diseño de los brazos del raspador

Se utiliza el programa MD Solid 3.5 y se determina la fuerza de corte y el momento máximo como se muestra en la figura 28.



En el punto A, el momento máximo es $7,23\text{Nm} \approx 73,776\text{kgcm}$.

La fuerza que se aplica en el extremo del brazo es igual a la fuerza de reacción en el punto A o B, dato anteriormente calculado.

3.7.9. Inercia del brazo

Dadas las dimensiones del brazo en la figura 3.6, se calcula la inercia del brazo (I_B) con la ecuación (3.8) siendo la base (b) 30mm y la altura (h) 6mm.

$$I_B = \frac{1}{12} (3\text{cm} * (0,6\text{cm})^3)$$

$$I_B = 0,054 \text{ cm}^4$$

Se aplica la ecuación (3.6) para determinar el esfuerzo por flexión

$$\sigma = \frac{M_{\text{max}} * C}{I_B}$$

Donde:

C: Espesor/2 [cm]

$$\sigma = \frac{73,776 \text{ kgcm} * 0,3 \text{ cm}}{0,054 \text{ cm}^4}$$

$$\sigma = 409,867 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

3.7.10. Diseño del brazo por resistencia a la fatiga

El límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria (S_e) es $2650 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, dato anteriormente calculado con la ecuación (3.9) al tratarse del mismo material.

K_a = Factor de modificación de la condición superficial, se aplica la ecuación (3.11), ver anexo 3.

$$K_a = a * S_{ut}^b$$

$$K_a = 4,51 * 530^{-0.265}$$

$$K_a = 0,855$$

K_b = Factor de modificación del tamaño, ver anexo 4.

$$K_b = 1$$

K_c = Factor de modificación de la carga, ver anexo 5.

$$K_c = 1$$

K_d = Factor de modificación de la temperatura, ver anexo 6 para un valor máximo de 100°C.

$$K_d = 1,020$$

K_e = Factor de confiabilidad, para un valor del 99%, ver anexo 7.

$$K_e = 0,814$$

Se aplica la ecuación (3.10) y se reemplazan los valores.

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

$$S_e = 2\,650 \cdot 0,855 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,020 \cdot 0,814$$

$$S_e = 2\,006 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Se determina el factor de seguridad con la ecuación (3.12)

$$n = \frac{S_e}{\sigma}$$

$$n = \frac{1\,881,207 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}{409,867 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$n = 4,6$$

3.8. Relación de transmisión

El valor a calcular está dado por la relación de la velocidad angular de la polea del motor para la velocidad angular de la polea del eje.

$$r = \frac{W_1}{W_2} \tag{3.31}$$

Donde:

r: relación de transmisión

W1: 1740 [rpm] (Velocidad angular de la polea del motor)

W2: 550 [rpm] (Velocidad angular de la polea del eje)

$$r = \frac{1740 \text{ rpm}}{600 \text{ rpm}}$$

$$r = 2.9$$

3.9. Selección de la banda

“La mayoría de las guías de diseño sugieren que las velocidades en el margen de 4000 pies/min son ideales para aplicaciones de bandas en V”. (Spotts, 1999, pág. 331)

Se selecciona el mínimo diámetro de la polea según la sección en “V” como se indica en el anexo 9. El valor del diámetro es $A = 71 \text{ mm}$.

Para determinar el valor del diámetro de la polea en el eje conducido se aplica la relación de velocidades angulares.

$$\frac{W1}{W2} = \frac{D2}{D1} \quad (3.32)$$

Donde:

D1: diámetro polea motora (71), [mm].

D2: diámetro de polea eje conducido, [mm].

$$D2 = \frac{W1 * D1}{W2}$$

$$D2 = \frac{1740 \text{ rpm} * 71 \text{ mm}}{600 \text{ rpm}}$$

$$D2 = 224,61 \text{ mm}$$

Tomando en cuenta lo mencionado por Budynas & Nisbett (2008), “La distancia entre centros no deberá ser mayor que tres veces la suma de los diámetros de la polea y no debe ser menor que el diámetro de la polea mayor” pág. 880.

Por tal razón se asume la distancia entre centros de las poleas (C) de 410 mm.

La longitud de la banda (L) está dada por la ecuación descrita por Robert L. Mott (2006, pág. 270).

$$L = 2C + 1,57(D2 + D1) + \frac{(D2 - D1)^2}{4C} \quad (3.33)$$

$$L = 2 * 410 + 1,57(224,61 + 71) + \frac{(224,61 - 71)^2}{4 * 410}$$

$$L = 1\,298,495 \text{ mm} = 51,121 \text{ pulg}$$

Según el anexo 10, se selecciona una banda A51 y se determina la longitud de conversión (Lc) de acuerdo al anexo 11.

$$L_p = L + L_c$$

Donde:

Lp: Longitud de paso, [mm].

Lc: Longitud de conversión, [mm].

$$L_p = 51 + 1,3$$

$$L_p = 52,3 \text{ pulg} = 1328,42 \text{ mm}$$

La distancia entre centros se determina con la ecuación descrita por Budynas & Nisbett (2008) en la página 880.

$$C = 0,25 \left\{ \left[L_p - \frac{\pi}{2}(D2 + D1) \right] + \sqrt{\left[L_p - \frac{\pi}{2}(D2 + D1) \right]^2 - 2(D2 - D1)^2} \right\} \quad (3.34)$$

$$C = 0,25 \left\{ \left[1\,328,42 - \frac{\pi}{2}(224,61 + 71) \right] + \sqrt{\left[1\,328,42 - \frac{\pi}{2}(224,61 + 71) \right]^2 - 2(224,61 - 71)^2} \right\}$$

$$C = 425,1 \text{ mm}$$

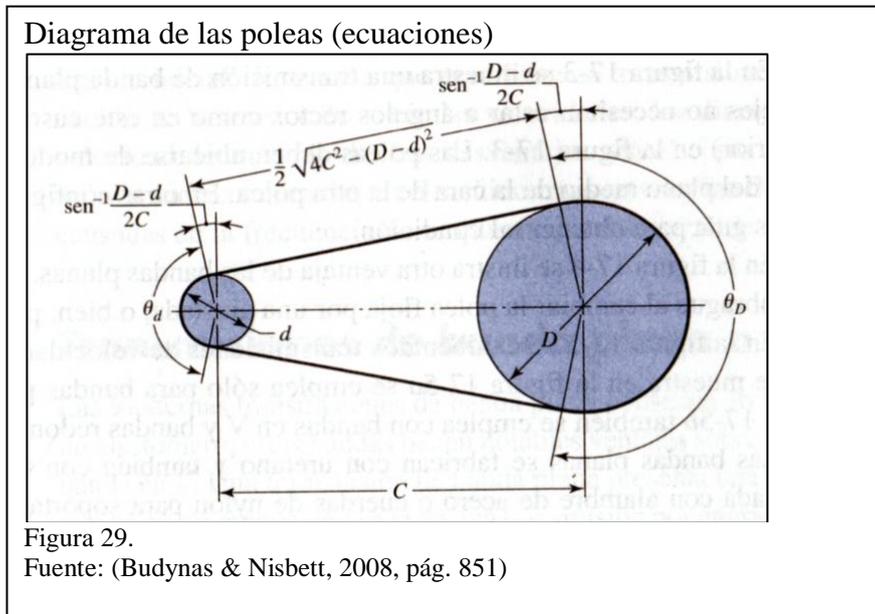
La velocidad periférica (V) de la banda es:

$$V = \pi * D1 * W1 \quad (3.35)$$

$$V = \pi * 71\text{mm} * 1740 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

$$V = 388\,122,356 \frac{\text{mm}}{\text{min}} = 1\,273,367 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$$

El ángulo de cobertura de las poleas se determina mediante gráfica 29.



El ángulo de cobertura de la polea menor

$$\theta_{D1} = \pi - 2 * \sin^{-1} \frac{D2 - D1}{2C} \quad (3.36)$$

$$\theta_{D1} = \pi - 2 * \sin^{-1} \frac{224,61 - 71}{2 * 425,1}$$

$$\theta_{D1} = 2,778 \text{ rad} = 159^\circ$$

El ángulo de cobertura de la polea mayor.

$$\theta_{D2} = \pi + 2 * \sin^{-1} \frac{D2 - D1}{2C}$$

$$\theta_{D2} = \pi + 2 * \sin^{-1} \frac{224,61 - 71}{2 * 425,1}$$

$$\theta_{D2} = 3,504 \text{ rad} = 200^\circ$$

Para calcular el número de bandas se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$P_C = C_\theta * C_L * P_{NR} \quad (3.37)$$

Donde:

P_C : Potencia corregida, [HP].

C_θ : Factor de corrección por ángulo de contacto polea motora 0,93 (ver anexo 12).

C_L : Factor de corrección por longitud de banda, dado que $L = 51$ pulg. Entonces, $C_L=0,96$ (ver anexo 13).

P_{NR} : Potencia nominal real, se determina con la siguiente expresión:

$$P_{NR} = P_{NB} + P_{NA} \quad (3.38)$$

Dónde:

P_{NB} : Potencia nominal por banda; 1,5HP, según anexo 14.

P_{NA} : Potencia nominal agregada; 1,9 HP, según anexo 15.

$$P_{NR} = 1,5 + 1,90$$

$$P_{NR} = 3,40 \text{ HP}$$

Se reemplaza los valores determinados en la ecuación (3.37).

$$P_C = 0,93 * 0,96 * 3,40 \text{ HP}$$

$$P_C = 3,03 \text{ HP}$$

El número de bandas está dado por la expresión:

$$\#bandas = \frac{P_{\text{diseño motor}}}{P_C} \quad (3.39)$$

Donde:

$P_{\text{diseño de motor}}$: potencia de diseño del motor

$$\#bandas = \frac{1,5 \text{ HP}}{3,03 \text{ HP}}$$

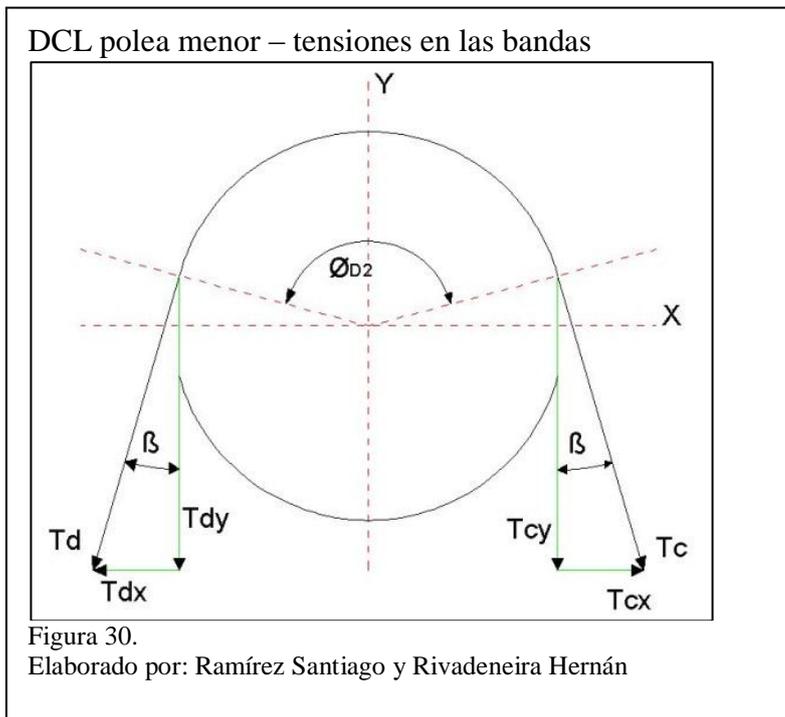
$$\#bandas = 0,5$$

Dado el valor obtenido se utiliza 1 banda.

3.9.1. Tensiones de bandas

Las tensiones producidas por la banda en los ramales cargado (T_c) y descargado (T_d) se ilustran en la figura 30 y están determinados en la siguiente ecuación.

$$\frac{T_c}{T_d} = e^{\frac{\mu \cdot \theta_{D2}}{\sin \frac{\phi}{2}}} \quad (3.40)$$



Donde:

T_c : Tensión cargado, [N].

T_d : Tensión descargado, [N].

μ : Coeficiente de rozamiento en movimiento 0,28 (ver anexo 17).

ϕ : Ángulo de garganta 34° (ver anexo 18).

$$\theta_{D2} = 3,504 \text{ rad}$$

$$\frac{T_c}{T_d} = e^{\frac{0,28 \cdot 3,504}{\sin \frac{34}{2}}}$$

$$\frac{T_c}{T_d} = e^{2,924}$$

$$\frac{T_c}{T_d} = 18,629$$

De acuerdo con Spotts (1999, pág. 331) la potencia nominal en Hp de la banda es:

$$Hp = \frac{(T_c - T_d) * V}{33\ 000} \quad (3.41)$$

$$T_c - T_d = \frac{33\ 000 * Hp}{V}$$

Donde:

V: Velocidad periférica de la banda

$$T_c - T_d = \frac{33\ 000 * 1,5\ Hp}{1\ 273,367 \frac{\text{pies}}{\text{min}}}$$

$$T_c - T_d = 38,873\ \text{lbf}$$

Se reemplaza las tensiones de las ecuaciones

$$T_c = 18,629\ T_d$$

$$T_c = 38,873\ \text{lbf} + T_d$$

$$T_d = 2,205\ \text{lbf}$$

$$T_c = 41,078\ \text{lbf}$$

Las tensiones finales con respecto al ángulo β , ecuación (3.36).

$$\beta = \sin^{-1} \frac{D2 - D1}{2C}$$

$$\beta = \sin^{-1} \frac{224,61 - 71}{2 * 425,1}$$

$$\beta = 10,409^\circ$$

$$T_x = \sin \beta (T_c - T_d) \quad (3.42)$$

$$T_x = \sin 10,409 * (41,078 - 2,205) \text{ lbf}$$

$$T_x = 7,023 \text{ lbf} = 31,238 \text{ N}$$

$$T_y = \cos \beta (T_c + T_d) \quad (3.43)$$

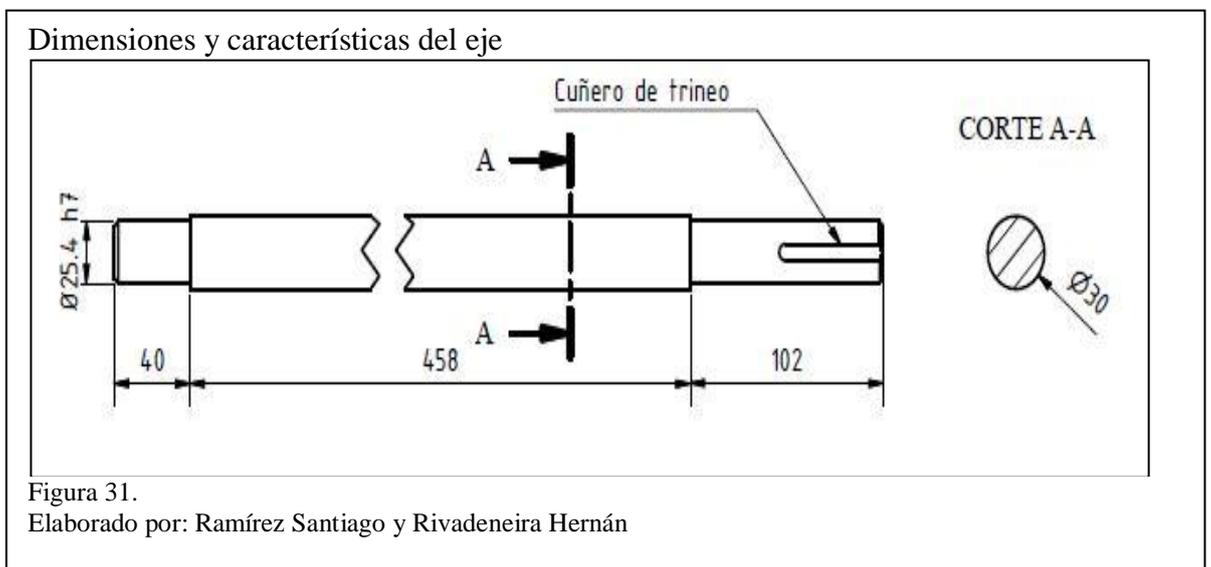
$$T_y = \cos 10,409 * (40,927 + 2,197) \text{ lbf}$$

$$T_y = 42,571 \text{ lbf} = 189,356 \text{ N}$$

3.10. Diseño del eje

El material de fabricación del eje es acero inoxidable 304 por sus adecuadas propiedades en procesos que involucran el contacto directo con alimentos. El eje consta de 1 cuñero de tipo trineo para la instalación de la polea conducida.

Para elevar el factor de seguridad en el eje se toma como diámetro menor al valor anteriormente determinado de 1 pulgada o 25,4mm, en donde serán apoyados los rodamientos. El eje consta de un diámetro mayor de 30mm en su parte central como se indica en la figura 31.



Las fuerzas que actúan en el eje se detallan en la figura 32.

Fuerzas aplicadas en el eje.

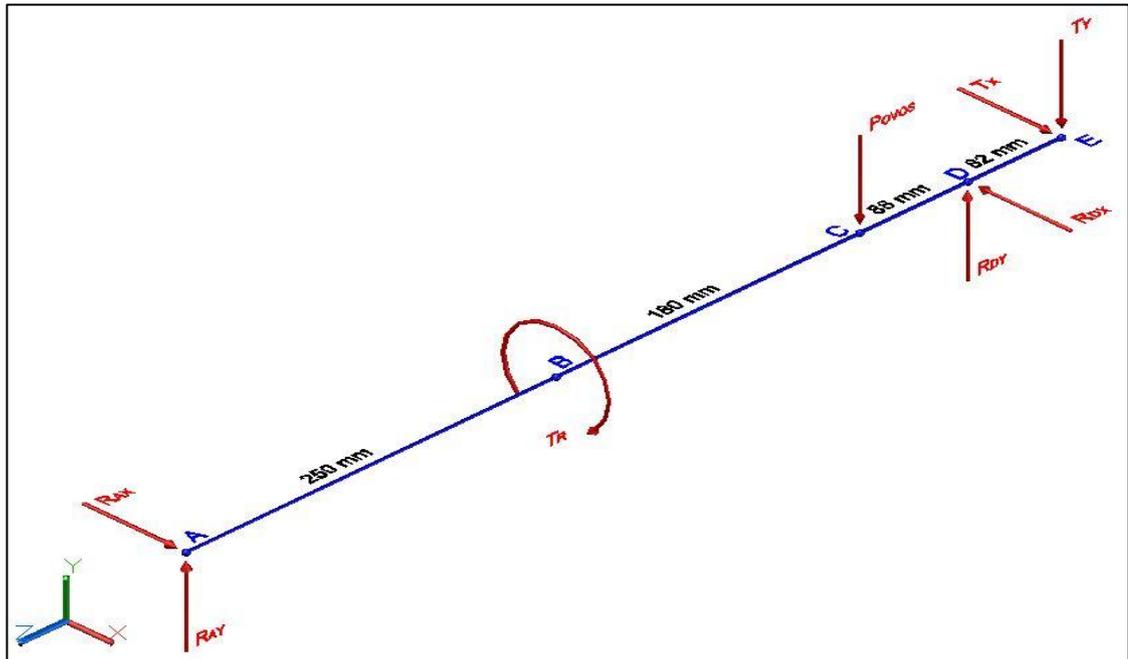


Figura 32.

Elaborado por: Ramírez Santiago y Rivadeneira Hernán

Realizando la sumatoria de momentos en el punto A en el eje y, se determina R_{Dy} .

$$\Sigma M_A = 0$$

$$T_R + P_{ovos} * 0,43m - R_{Dy} * 0,518m + T_y * 0,6m = 0$$

$$17,809Nm + 212,504N * 0,43m - R_{Dy} * 0,518m + 189,356N * 0,6m = 0$$

$$R_{Dy} = 430,115N$$

Sumatoria de fuerzas en el eje y.

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{Ay} - P_{ovos} + R_{Dy} - T_y = 0$$

$$R_{Ay} - 212,504N + 430,115N - 189,356N = 0$$

$$R_{Ay} = -28,255 N$$

Se realiza la sumatoria de momentos con respecto al punto A en el eje x para determinar R_{Dx} .

$$\Sigma M_A = 0$$

$$T_R - R_{Dx} * 0,518m + T_x * 0,6m = 0$$

$$17,809Nm - R_{Dx} * 0,518m + 31,238 N * 0,6m = 0$$

$$R_{Dx} = 70,563N$$

Sumatoria de fuerzas en el eje x.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_{Ax} - R_{Dx} + T_x = 0$$

$$R_{Ax} - 70,563N + 31,238 N = 0$$

$$R_{Ax} = 39,325N$$

Se utiliza el programa MD Solid 3.5 para determinar la fuerza de corte y el momento máximo como se muestra en la figura 33 y 34.

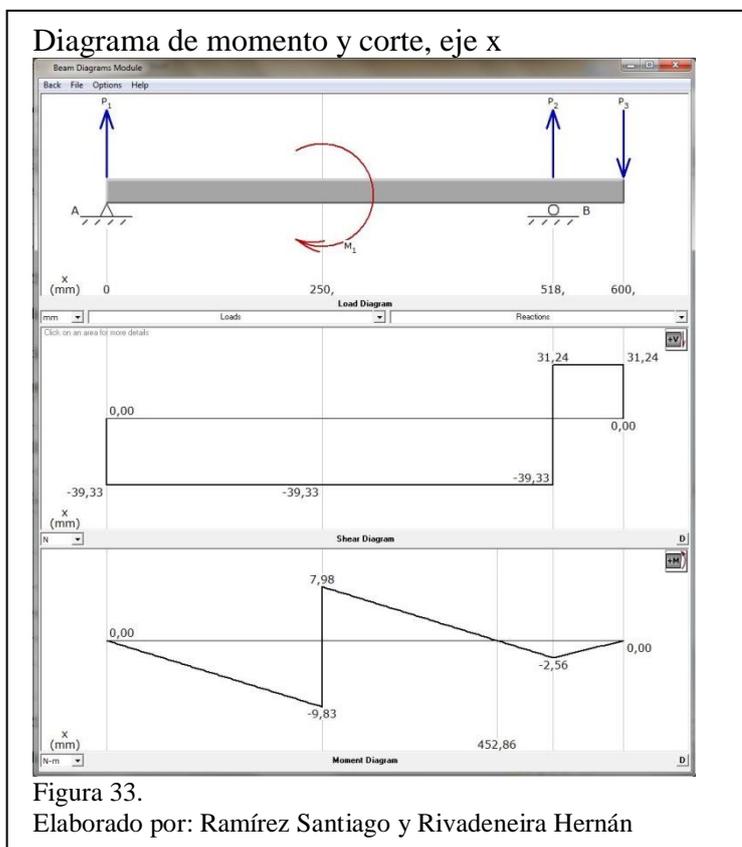


Diagrama de momento y corte, eje y

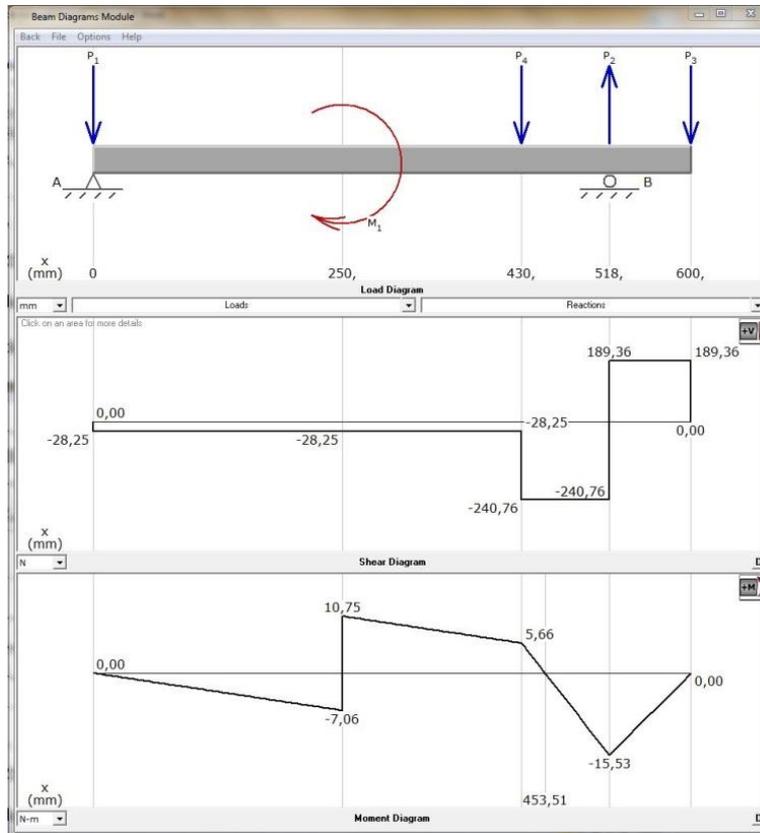


Figura 34.

Elaborado por: Ramírez Santiago y Rivadeneira Hernán

3.10.1. Diseño estático

Se determina los momentos resultantes en el punto B y D con los valores generados por el programa MD Solid 3.5 como se indican en las figuras 33 y 34.

Momento resultante en el punto B.

$$M_{RB}^2 = M_x^2 + M_y^2 \quad (3.44A)$$

$$M_{RB}^2 = (9,83 \text{ Nm})^2 + (10,75 \text{ Nm})^2$$

$$M_{RB} = 14,267 \text{ Nm}$$

Momento resultante en el rodamiento, punto D.

$$M_{RD}^2 = M_x^2 + M_y^2 \quad (3.44B)$$

$$M_{RD}^2 = (2,56 \text{ Nm})^2 + (15,53 \text{ Nm})^2$$

$$M_{RD} = 15,73 \text{ Nm}$$

Los valores críticos a considerar en el diseño estático del eje son:

- a. Esfuerzo por flexión: momento resultante en el punto D.
- b. Momento de torsión (T_R).

Se aplica la ecuación (3.12) del esfuerzo cortante máximo, entonces se tiene:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{eq}}$$

Donde:

S_y : límite de fluencia del material $2,058 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (ver anexo 2).

σ_{eq} : esfuerzo cortante máximo.

n : factor de seguridad, se asume un valor de 4 para garantizar un alto rango de vida útil en el eje a costa de aumentar su costo.

$$\sigma_{eq} = \frac{2,058 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{4}$$

$$\sigma_{eq} = 51,45 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Dado que:

$$\sigma_{eq}^2 = \sigma_x^2 + 4\tau_{xy}^2 \quad (3.45)$$

Esfuerzo por flexión

$$\sigma_x = \frac{32M}{\pi d^3} \quad (3.46)$$

$$\sigma_x = \frac{32 * 15,73 \text{ Nm}}{\pi d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{160,224}{d^3}$$

Esfuerzo por torsión

$$\tau_{xy} = \frac{16T_R}{\pi d^3} \quad (3.47)$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 * 17,809 \frac{N}{m}}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{90,7}{d^3}$$

Se reemplaza los valores obtenidos en la ecuación (3.45) y se determina el diámetro.

$$(51,45 \times 10^6)^2 = \left(\frac{160,224}{d^3} \right)^2 + 4 \left(\frac{90,7}{d^3} \right)^2$$

$$d^6 = \frac{34\,414,293}{2,647 \times 10^{15}}$$

$$d = 0,017 \text{ m}$$

En el mercado actual no existe un eje con el diámetro determinado, para lo cual se utiliza un diámetro normalizado de $1 \text{ in} \approx 0,0254 \text{ m}$ elevando aún más el factor de seguridad, para la sección de menor diámetro del eje.

3.10.2. Diseño por fatiga

El límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria (Sé) es $2650 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, dato anteriormente calculado con la ecuación (3.9) al tratarse del mismo material.

K_a = Factor de modificación de la condición superficial, se utiliza la ecuación (3.11), ver anexo 3.

$$K_a = a * S_{ut}^b$$

$$K_a = 4,51 * 530^{-0.265}$$

$$K_a = 0,855$$

K_b = Factor de modificación del tamaño, ver anexo 4.

$$K_b = \left(\frac{d}{0,3}\right)^{-0,107}$$

$$K_b = \left(\frac{25,4}{0,3}\right)^{-0,107}$$

$$K_b = 0,622$$

K_c = Factor de modificación de la carga, eje sometido a torsión. Ver anexo 5.

$$K_c = 0,59$$

K_d = Factor de modificación de la temperatura, ver anexo 6 para un valor máximo de 100°C.

$$K_d = 1,020$$

K_e = Factor de confiabilidad, se asume un valor del 99% por motivo de eliminar cualquier factor externo que pueda originar alguna falla en el eje, ver anexo 7.

$$K_e = 0,814$$

K_f = Factor de concentración de esfuerzos por fatiga.

$$K_f = \frac{K_f \text{ sin muesca}}{K_f \text{ con muesca}} \quad (3.48)$$

El valor de K_f sin muesca es 1, para determinar el valor de K_f con muesca se aplica la ecuación descrita por Budynas & Nisbett (2008, pág. 287).

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad (3.49)$$

Donde:

K_t : 2,2. Ver anexo 19.

q : 0,98. Ver anexo 20.

$$K_f = 1 + 0,98(2,2 - 1)$$

$$K_f = 2,176$$

Se reemplaza el valor calculado en la ecuación 3.48.

$$K_f = \frac{1}{2,176}$$

$$K_f = 0,46$$

Se aplica la ecuación (3.10) añadiendo el factor K_f y se reemplaza los valores.

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

$$S_e = 2\,650 * 0,855 * 0,622 * 0,59 * 1,020 * 0,814 * 0,46$$

$$S_e = 317,568 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \approx 31\,121\,668,26 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Considerando el diámetro de 1in se aplica el criterio de Goodman en el punto B, debido a que en ese punto se produce el máximo momento.

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma_{eqm}}{S_e} + \frac{\sigma_{eqa}}{S_{ut}} \quad (3.48)$$

Según el criterio de Von Mises tenemos:

$$\sigma_{eqm}^2 = \sigma_{xm}^2 + 3\tau_{xym}^2 \quad (3.49)$$

$$\sigma_{eqa}^2 = \sigma_{xa}^2 + 3\tau_{xya}^2 \quad (3.50)$$

Esfuerzo por flexión, se aplica la ecuación (3.43).

$$\sigma_{xm} = 0$$

$$\sigma_{xa} = \frac{32M_{RB}}{\pi d^3}$$

$$\sigma_{xa} = \frac{32 * 15,73}{\pi(0,0254)^3}$$

$$\sigma_{xa} = 9\,777\,496,708 \text{ Pa}$$

Esfuerzo por torsión, se aplica la ecuación (3.44).

$$\tau_{xym} = \frac{16T_R}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xym} = \frac{16 * 17,809}{\pi(0,0254)^3}$$

$$\tau_{xym} = 5\,534\,883,626 \text{ Pa}$$

$$\tau_{xya} = 0$$

Se reemplazan los resultados de las ecuaciones (3.49) y (3.50) respectivamente en la ecuación (3.48).

$$\frac{1}{n} = \frac{\sqrt{3} * 6\,038\,676,447 \text{ Pa}}{31\,121\,668,26 \text{ Pa}} + \frac{9\,575\,482,313 \text{ Pa}}{519,4 \times 10^6 \text{ Pa}}$$

$$\frac{1}{n} = 0,355$$

$$n = 2,82$$

Para un factor de seguridad de 2,82 el diámetro del eje a utilizar es de 0,0254m como valor mínimo.

3.11. Selección de chumaceras

Una vez determinado el diámetro menor del eje se selecciona la chumacera SF1 del anexo 21, para los puntos A y D cuya velocidad recomendada es 6250 rpm.

Puesto que el trabajo de operación no será superior a 8 horas al día se toma como referencia lo mencionado en el Manual de Rodamientos (2008, pág. 7) en la sección del factor de funcionamiento en donde se describe que para máquinas en uso de 8 horas al día no totalmente utilizadas el tiempo de vida está entre 10 000 y 20 000 horas.

3.12. Selección de las chavetas

Para la selección de las chavetas en los diferentes componentes del eje, como en la cuchilla y en la polea se utiliza la tabla estandarizada del anexo 22 que se obtiene de acuerdo al diámetro del eje.

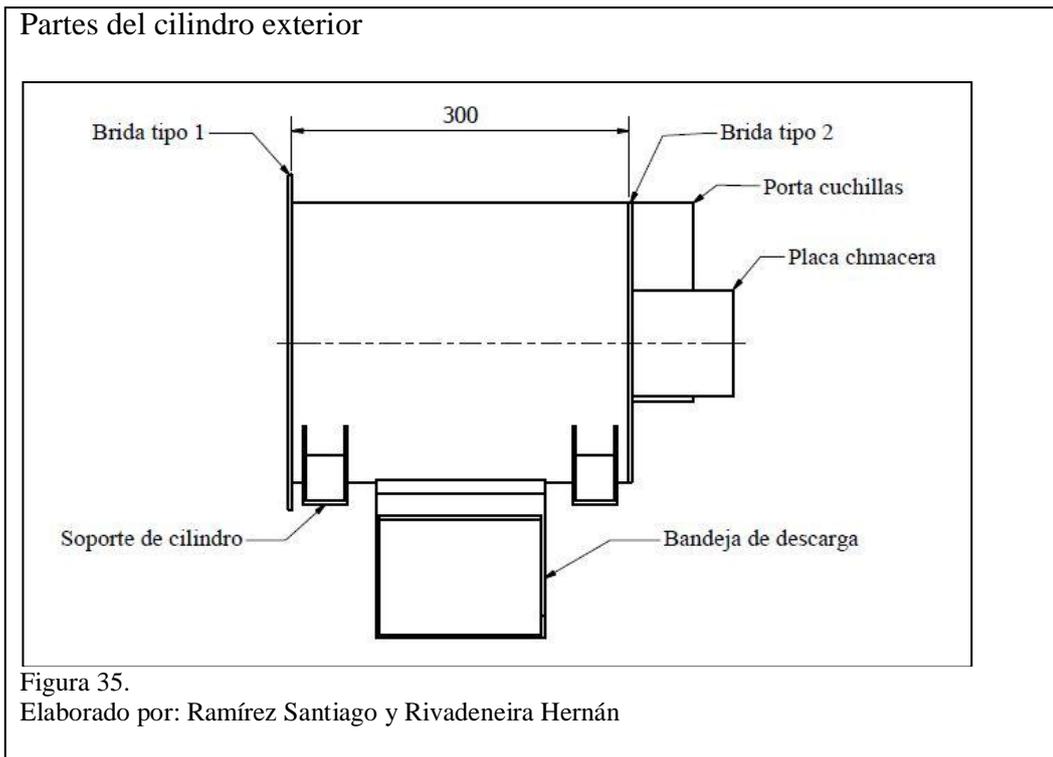
3.13. Cilindro exterior

El material de fabricación del cilindro exterior es acero inoxidable AISI 304 por sus excelentes propiedades con el contacto de alimentos.

El cilindro exterior cumple con la función de ser el carcasa del tamiz en donde se lleva a cabo la operación, por tal motivo el esfuerzo al que es sometido es

relativamente bajo con comparación a otros elementos diseñados anteriormente. Dado el caso, el espesor del mismo será de 3mm dando mayor rigidez al equipo.

El cilindro exterior consta con una salida de producto inferior, el porta cuchillas, la palca para la chumacera y los soportes del mismo, solo el cilindro posee un largo de 300mm y un diámetro de 250mm como se detalla en la figura 35.

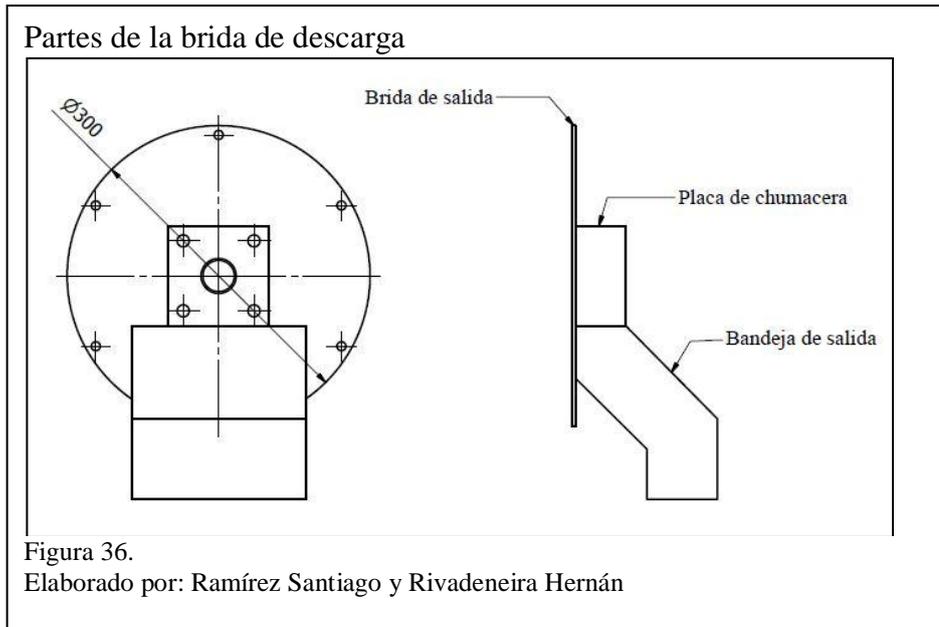


3.14. Conjunto brida de descarga

El material de fabricación es acero inox AISI 304. La brida de descarga tiene un espesor de 3 mm para mantener la homogeneidad del espesor en cuanto al cilindro exterior.

En la misma se encuentran soldadas la placa para la chumacera y una bandeja de salida de pepa y cáscara del mismo espesor como se detalla en la figura 36.

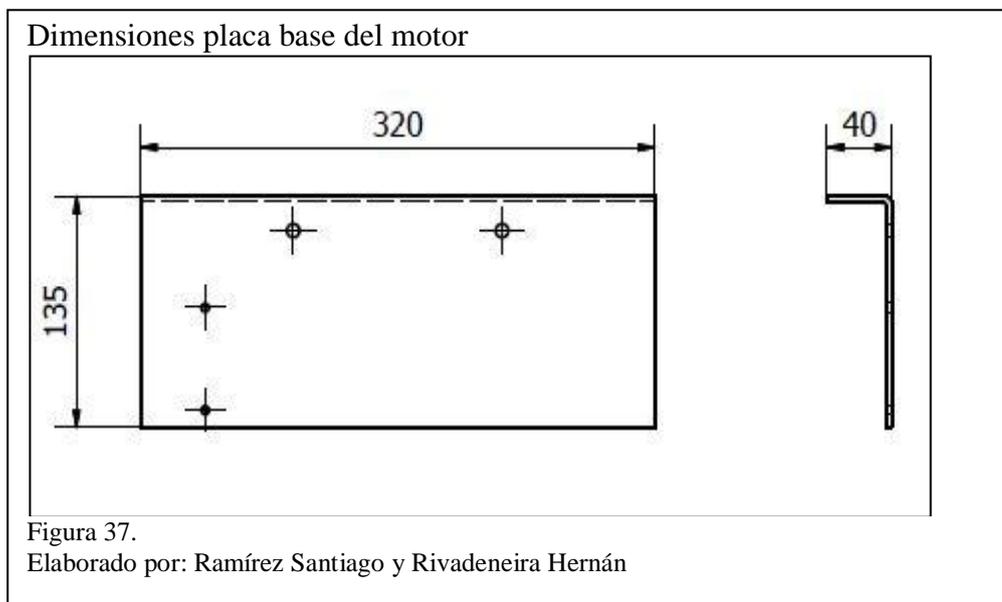
La brida de descarga se une al cilindro exterior por medio de 6 pernos ubicados simétricamente en el contorno de la misma.



3.15. Placa base del motor

El material de fabricación de la placa base del motor es acero Inox AISI 304 de 320x180m y espesor de 3mm.

La placa consta de perforaciones para la instalación del motor y una caja eléctrica para la posterior instalación del sistema eléctrico y protecciones. Las dimensiones de la placa base están en milímetros y se indican en la figura 37.



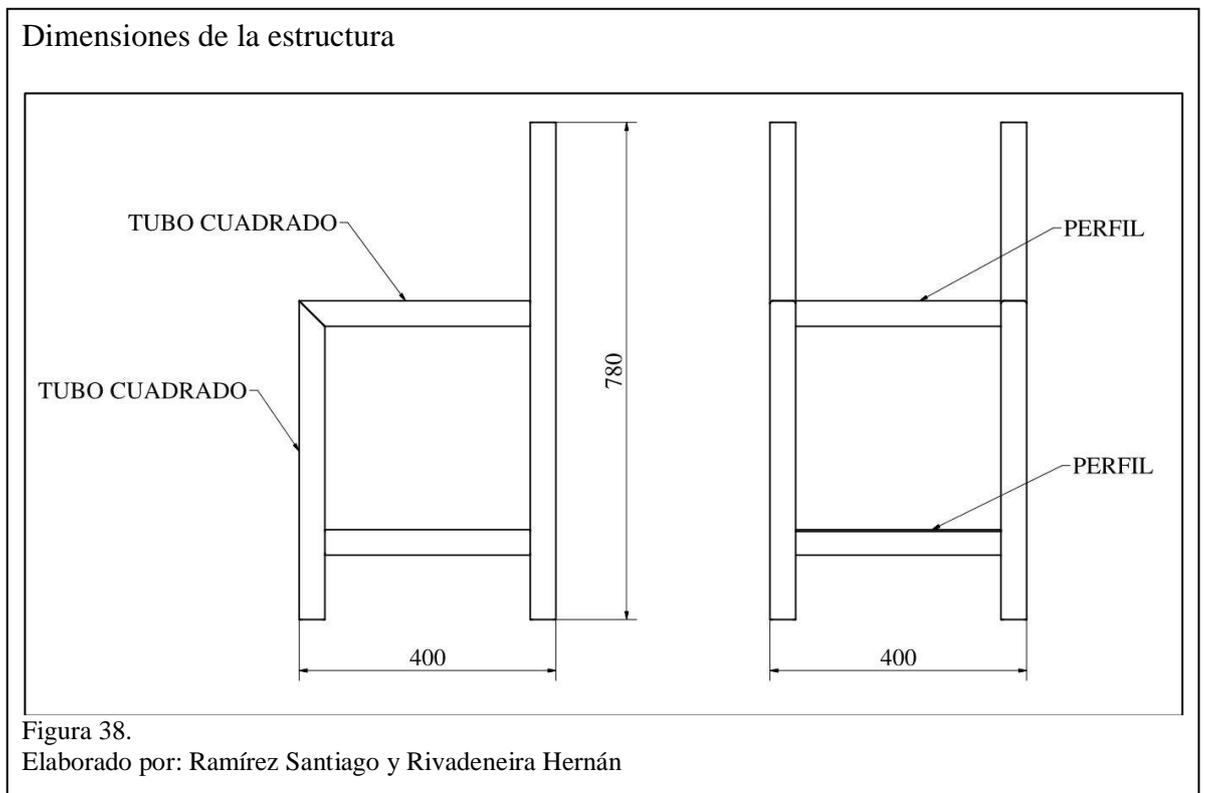
La placa base será soldada a la estructura en su totalidad tanto así mayor resistencia a la misma.

3.16. Estructura de despulpadora

La estructura base en donde se instala todo el sistema será en su totalidad de acero inoxidable AISI 304. Conformada principalmente por tubo cuadrado de 1-1/2 in de 2mm de espesor y perfil de 1-1/2 in de 3mm de espesor.

Constan 4 tapones de caucho para los orificios del tubo cuadrado en su parte inferior y 2 tapas de acero inoxidable AISI 304 para cubrir los orificios superiores de la estructura.

Las dimensiones de la estructura están en milímetros y se detallan en la figura 38.



Para verificar si los elementos que conforman la estructura son suficientes para soportar el proceso de operación se analizará la misma con el software Inventor con su respectiva carga muerta y viva.

3.16.1. Carga muerta

La carga muerta es el peso de los componentes que conforman la despulpadora, así como la estructura y elementos normalizados. Por motivo de análisis se dividen en tres grupos:

La estructura consta de cubiertas que sirven de protección para el motor y para las bandas para evitar accidentes durante el proceso de operación, los elementos se detallan en la tabla 12.

Tabla 12.

Detalle de elementos en la estructura 1

Item	Cant.	Descripción	m. und. [kg]	m. total [kg]
1	2	Tubo cuadrado 1-1/2"x2mmx780mm	1,787	3,574
2	2	Tubo cuadrado 1-1/2"x2mmx500mm	1,145	2,29
3	2	Tubo cuadrado 1-1/2"x2mmx360mm	0,825	1,65
4	2	Tubo cuadrado 1-1/2"x2mmx320mm	0,733	1,466
5	4	Perfil 1-1/2"x3mmx320mm	0,557	2,228
6	1	Cubierta tipo 1 - 320x320x1	0,812	0,812
7	1	Cubierta tipo 2 - 600x320x1	1,523	1,523
8	1	Cubierta tipo 3 - 400x320x1	1,015	1,015
9	1	Cubierta tipo 4 - 680x630x1	3,397	3,397
10	1	Cubierta tipo 5 - 290x320x1	0,736	0,736
11	18	Placa L 25x25x3mm	0,028	0,504
Masa total				19,195
Peso total				188,111

Nota: Hernán Rivadeneira y Santiago Ramírez

El motor tiene un peso de 166,6N como se indica en su hoja técnica, la carga del motor se aplica en los perfiles inferiores, por motivo de análisis la carga será 167 N, ver la segunda parte del anexo 23.

El peso de los elementos que conforman la despulpadora se detalla en la tabla 13.

Tabla 13.

Detalle de elementos en la estructura 2

Item	Cant.	Descripción	m. und. [kg]	m. total [kg]
1	1	Tolva - 1 100x390x1,5mm	1,787	3,574
2	1	Conjunto cilindro exterior	12,689	12,689

3	1	Conjunto cuchilla	0,2	0,2
4	1	Conjunto tamiz	3,97	3,97
5	1	Conjunto eje y raspadores	4,631	4,631
6	1	Conjunto brida de descarga	3,322	3,322
7	1	Conjunto cubierta	2,7	2,7
8	2	Chumaceras 1in	1	2
Masa total				31,286
Peso total				306,603

Nota: Hernán Rivadeneira y Santiago Ramírez

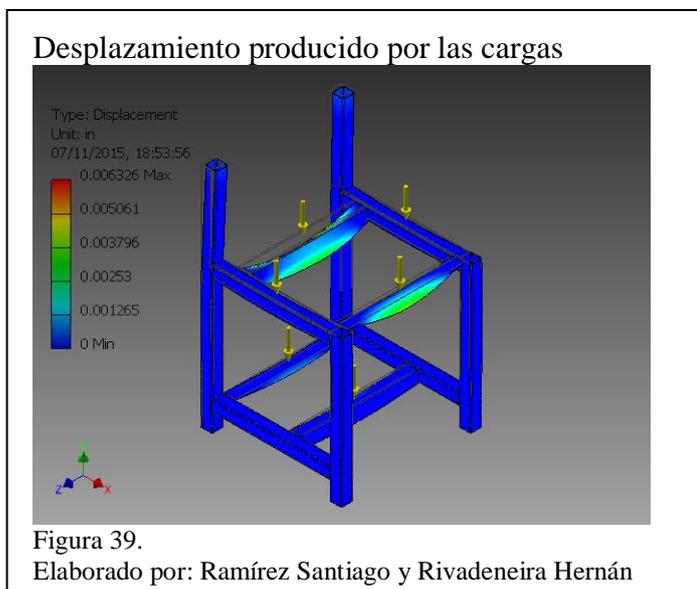
El total de carga muerta es 494,74 N que se aplica en los perfiles superiores de la estructura, por motivo de diseño se redondea al valor de 500 N para elevar el factor de seguridad en el diseño y para cubrir el peso de los pernos que no se incluyeron en las tablas 12 y 13.

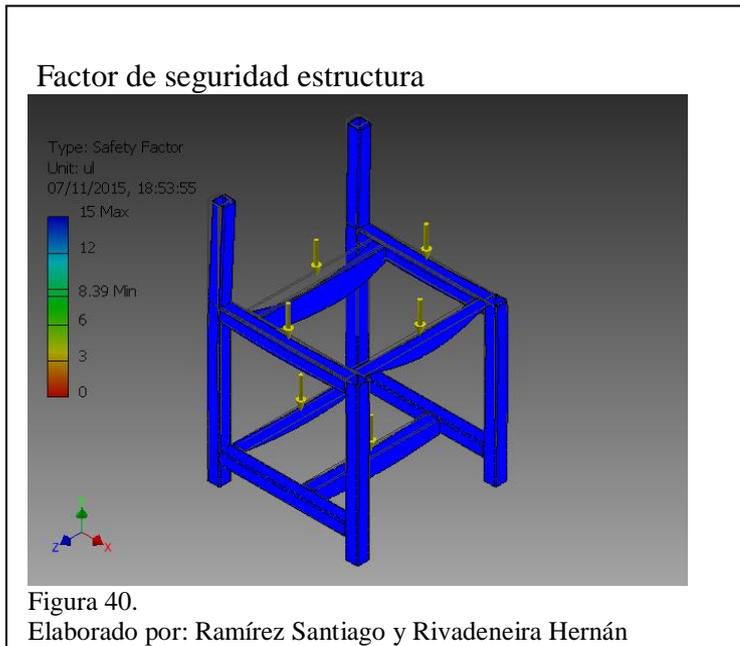
3.16.2. Carga viva

La carga viva está dada por el peso de la fruta que se procesa en el tamiz, el valor es de 211,5 N, el valor obtenido se redondea a 220N para elevar el factor de seguridad.

3.16.3. Resultado de simulación

Como se puede apreciar en la figura 39, existe un desplazamiento de 0,0063in equivalente a 0,16mm para la carga aplicada, el factor de seguridad resultante para la estructura propuesta es de 8,32 como se aprecia en la figura 40, dado dicho valor el diseño es capaz de soportar las cargas anteriormente determinadas.





El registro de la simulación de la estructura realizada en el programa inventor se detalla en el anexo 24.

3.17. Instalación del sistema eléctrico

La instalación del sistema eléctrico tiene como finalidad arrancar y parar el motor eléctrico, mediante el accionamiento de pulsadores.

Se toma los siguientes datos provenientes del fabricante.

- Voltaje: 110-220 V
- Intensidad de corriente: 20.20/9.37 A
- Frecuencia: 60 Hz

Con los datos obtenidos del motor se selecciona todos los elementos para la instalación del sistema eléctrico, los mismos se describen en la tabla 14.

Tabla 14.

Componentes del sistema eléctrico

Código	Cantidad	Descripción	Marca
RT24-36	1	Relé Térmico 22-32 A	LS
CO9	1	Contactador 22-32 A	LS

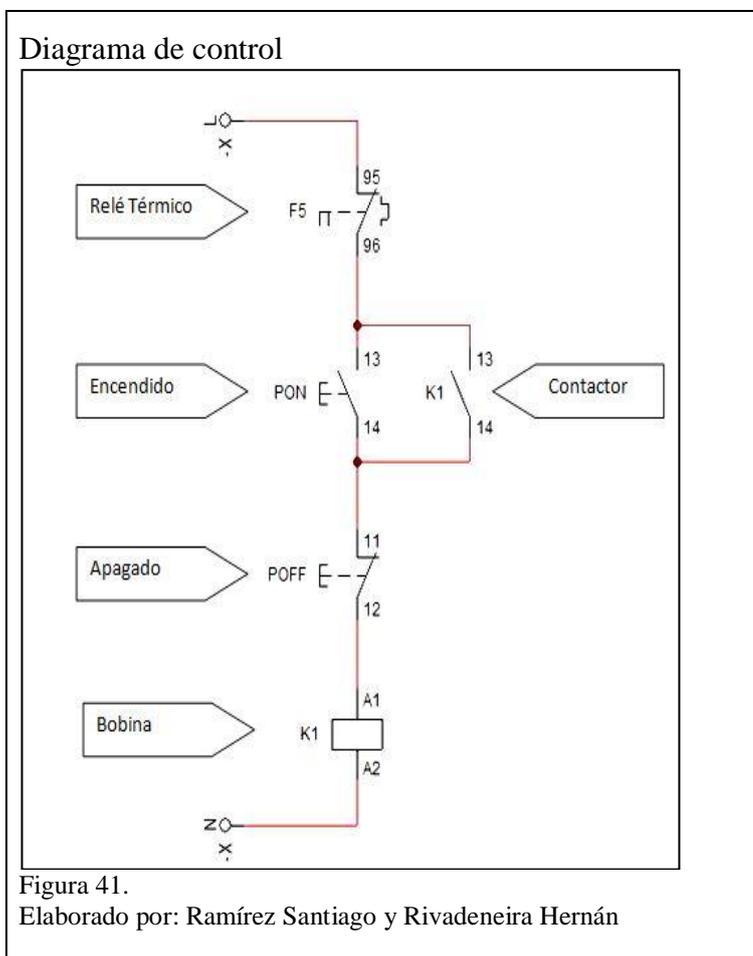
BO15	1	Botonera de 15A	Camsco
CG2x14	1	Cable gemelo 2x14 (600V)	Canelec
EBC	1	Enchufe blindado de 2 patas	

Notas: Hernán Rivadeneira y Santiago Ramírez

Utilizando de software CADe_SIMU se realiza el diseño y la simulación de sistema eléctrico.

3.17.1. Circuito de control

El circuito de control permite el arranque y paro del motor mediante los pulsadores PON y POFF como se aprecia en la figura 41.



3.17.2. Circuito de potencia

El circuito de potencia permite controlar el gasto de corriente que se necesita para poner en marcha al motor y se detalla en la figura 42.

Diagrama de potencia

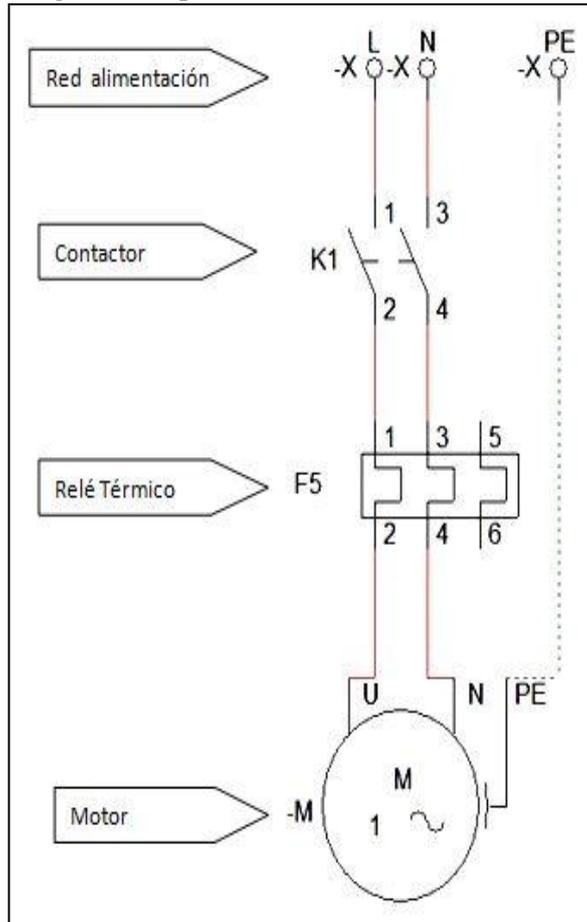


Figura 42.

Elaborado por: Ramírez Santiago y Rivadeneira Hernán

Capítulo 4

Costos

4.1. Estudio de costos

El estudio de costos de la máquina despulpadora de ovos tiene como finalidad obtener la cantidad de materiales utilizados para la elaboración del proyecto en su totalidad.

Para realizar el estudio de costos se analizará los costos directos e indirectos.

4.2. Costos directos

Son los costos que involucran directamente la materia prima, las máquinas empleadas para su elaboración y el costo del tiempo de trabajo empleado en operaciones concretas o mano de obra.

4.2.1. Materia Prima

La materia prima empleada se describe en la tabla 15 y se detalla la cantidad utilizada de cada una de ellas.

Tabla 15.

Costos de materia prima.

Descripción	Valor Unitario	Cantidad Utilizada	Valor Total Utilizado
Plancha de acero inoxidable AISI 304 (1220x2240x3 mm)	\$360,00	1/2 plancha	\$180,00
Plancha de acero inoxidable AISI 304 (1220x2240x2 mm)	\$230,00	1/8 plancha	\$28,75
Plancha de acero inoxidable AISI 304 (1220x2240x1.5 mm)	\$140,00	1/8 plancha	\$17,50
Plancha de acero inoxidable AISI 304 (1220x2240x1 mm)	\$110,00	1/2 plancha	\$55,00
Tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304 (1 1/2 x1.5mmx6m)	\$70,00	1 tubo	\$70,00

Eje de acero inoxidable AISI 304 (diámetro 1", longitud 650 mm)	\$25,00	650 mm	\$25,00
Eje de acero inoxidable AISI 304 (diámetro 1 1/2", longitud 50mm)	\$4,50	50 mm	\$4,50
Plancha perforada de acero inoxidable AISI 304 (diámetro perforaciones 3mm e= 1mm)	\$500,00	30x65 mm	\$75,00
Plancha de nylon Lamigamida estilo 300 (600x40x6 mm)	\$6,00	600x40 mm	\$6,00
Subtotal			\$461,75

Nota: Hernán Rivadeneira y Santiago Ramírez

En la tabla 16 se detallan los elementos normalizados que forman parte de la máquina a construir.

Tabla 16.

Costos de componentes normalizados.

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Motor monofásico de 1.5 Hp, 110-220 voltios, 1800 rpm (marca WEG)	1	\$180,00	\$180,00
Botonera de encendido y apagado ON-OFF	1	\$7,00	\$7,00
Cable gemelo # 2x14	2	\$2,10	\$4,20
Relé térmico 22-32 A	1	\$30,00	\$30,00
Contactador 22-32 A	1	\$34,00	\$34,00
Chumaceras de pared para eje de 1"	2	\$7,00	\$14,00
Polea de aluminio un canal de 3"	1	\$2,30	\$2,30
Polea de aluminio un canal de 9"	1	\$9,50	\$9,50
Banda tipo A -50 (Dongil)	1	\$4,00	\$4,00
Perno de cabeza hexagonal con tuerca y arandela de presión AISI 304 (12mmx3/4")	12	\$1,05	\$12,60
Perno de cabeza hexagonal con tuerca y arandela de presión AISI 304 (9mmx3/4")	12	\$0,90	\$10,80
Perno de cabeza hexagonal con tuerca y arandela de presión AISI 304 (6mmx3/4")	8	\$0,75	\$6,00

Perno prisionero AISI 304 (6mmx 8mm)	1	\$0,40	\$0,40
Subtotal			\$314,80

Nota: Hernán Rivadeneira y Santiago Ramírez

4.2.2. Costos de máquinas utilizadas y mano de obra

Para determinar el costo de todas las máquinas herramientas y mano de obra utilizadas en la construcción, se toma como referencia los valores facturados en la mecánica industrial GK TORNOS, ver anexo 26.

Tabla 17.

Costos de máquinas utilizadas y mano de obra.

Máquina utilizadas	Tiempo empleado (horas)	Valor de máquina + mano de obra (usd/h)	Valor Total (usd)
Soldadora	5	\$20,00	\$100,00
Torno	2	\$15,00	\$30,00
Plasma	4	\$14,00	\$56,00
Cizalla	1/2	\$12,00	\$6,00
Baroladora	1/2	\$12,00	\$6,00
Dobladora	1/2	\$12,00	\$6,00
Taladro	3	\$10,00	\$30,00
Subtotal			\$234,00

Nota: Hernán Rivadeneira y Santiago Ramírez

4.2.3. Costos de transporte de materiales.

La máquina fue construida en la provincia de Imbabura, por tal motivo se toma en cuenta el costo del transporte del material por un valor de 70 dólares. La materia prima fue comprada en la ciudad de Quito.

4.2.4. Costo total directo.

El costo total directo es la suma de los subtotales de los costos obtenidos anteriormente como se detalla en la tabla 18.

Tabla 18.

Costo total directo.

Descripción	Subtotales
Costos de materia prima	\$461,75
Costos de componentes normalizados	\$314,80
Costos de máquinas utilizadas y mano de obra	\$234,00
Costos del transporte	\$70,00
Total 1	\$1080,55

Nota: Hernán Rivadeneira y Santiago Ramírez

4.3. Costos indirectos.

Son aquellos recursos necesarios que ayudan a la producción, pero no se pueden medir o identificar exactamente. Los costos de supervisión y los costos de diseño son los más importantes.

4.3.1. Costos de diseño y supervisión.

Los costos de servicios profesionales de supervisión de un ingeniero especialista en máquinas para la industria alimenticia, según lo mencionado por Tirira & Castro (2014, pág. 148), el costo tiene un agregado del 25% que involucra supervisión y diseño.

El tiempo empleado para la culminación de la máquina es de 30 horas. El costo de supervisión es de 270 dólares.

4.3.2. Gastos imprevistos.

Se ha considerado designar el 8% del costo total directo de la máquina para cualquier gasto imprevisto que sea necesario para la terminar la máquina cuyo valor redondeado será de 87 dólares.

4.3.3. Costo total indirecto.

El costo total indirecto es la suma del costo de diseño y supervisión y los gastos imprevistos como se detallan en la tabla 19.

Tabla 19.

Costo total indirecto

Descripción	Subtotales
Costos de supervisión	\$270,00
Gastos imprevistos	\$87,00
Total 2	\$357,00

Nota: Hernán Rivadeneira y Santiago Ramírez

4.4. Costo total de la máquina.

Para determinar el costo total de la máquina se suma el costo total directo (total 1) y el costo total indirecto (total 2) como se indica en la tabla 20.

Tabla 20.

Costo total de la máquina.

Descripción	Total
Costo total directo	\$1080,55
Costo total indirecto	\$357,00
Total Final	\$1437,55

Nota: Hernán Rivadeneira y Santiago Ramírez

Conclusiones

- La despulpadora de ovos diseñada cumple con lo requerido en cuanto a la reducción de tiempo y extracción eficiente de la pulpa.
- Después de realizar las respectivas pruebas se determinó la capacidad de la despulpadora de ovos, 120kg/hora. Es decir que el tiempo empleado por cada productor o cultivador es aproximadamente 1 hora de acuerdo al valor registrado en la figura 5.
- El parámetro que afectó directamente en el diseño de la despulpadora de ovos fue la tolva de alimentación, ya que el peso máximo que se obtiene en la tolva llena afecta directamente al eje.
- El sistema para cortar la fruta no fue necesario debido al grado de maduración del ovo, en un principio se implementaron cuchillas y se evidenció la necesidad de transportar rápidamente la fruta desde la entrada de la tolva hacia el cilindro sin lastimar la pepa de la misma, por lo que se implementó una placa tipo tornillo de Arquímedes como se aprecia en la figura 16.
- Los materiales que intervinieron en la construcción de la despulpadora de ovos se encuentran en el mercado nacional, evitando así aumentar el costo de la misma por la importación de un material especial.
- La despulpadora de ovos se construyó en su mayoría de acero inoxidable AISI 304 que es recomendable para el trabajo directo con alimentos, aplicaciones hospitalarias y domésticas.
- El respaldo fotográfico de la construcción de la despulpadora de ovos se detalla en el anexo 28.

Recomendaciones

- Para obtener pulpa de buena calidad es recomendable verificar que los ovos estén en un grado de madurez óptimo.
- Al momento de poner en funcionamiento la máquina es importante que ella esté encendida por unos 2 minutos, para luego dejar caer los ovos en la tolva de manera continua evitando así cualquier tipo de atascamiento.
- Los ovos deben estar bien lavados antes de ser ingresados en la máquina para evitar que algún elemento extraño ingrese al proceso de despulpado.
- La limpieza de la máquina se recomienda hacerla diariamente para evitar que los residuos de la pulpa que están en los raspadores y el tamiz lleguen a secarse formando una pasta dura, que luego puede obstruir el proceso de despulpado o generar malos olores.
- El sitio donde se instale la máquina debe estar nivelado para evitar exceso de vibración.
- Cuando la máquina se encuentre en funcionamiento, no se debe ingresar las manos en la tolva, solo dejar caer la fruta continuamente para evitar accidentes.
- Se recomienda revisar en un futuro los estudios realizados en otros planteles educativos o en internet para identificar el potencial mercado que tienen los diferentes productos que son realizados en base a la pulpa del ovo.
- Se recomienda continuar el presente trabajo con el diseño de un sistema de envasado para la pulpa del ovo.
- Se recomienda revisar los datos de cultivo regional del ovo para verificar si es posible la exportación de la pulpa del fruto anteriormente mencionado.

Referencias

- Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Calero, R., & Carta, J. A. (1999). *Fundamentos de mecanismos y máquinas para Ingenieros*. España: Mc Graw Hill.
- Centro Nacional para el desarrollo del Acero Inoxidable, A.C. (s.f.). *www.ingefilter.com*. Recuperado el 5 de Julio de 2015, de www.ingefilter.com/pdf/manualaceroinoxidable
- Defaz, E., & Tuza, F. (2011). *Diseño y construcción de una máquina despulpadora de frutas*. Quito.
- DeGarmo, E., Black, J., & Kohser, R. (1994). *Materiales y procesos de fabricación*. España: Reverte.
- Forero, R. M. (17 de Abril de 2011). *Scrib*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/53174753/1-Obtencion-de-Pulpas-de-Frutas#scribd>
- Gomez, R. R. (2014). *Aplicacion de normas y condiciones higiénico sanitarias en restauración*. España: Ideaspropias.
- Gowitzke, B. A., & Milner, M. (1999). *El Cuerpo y sus Movimientos*. Barcelona: Paidotribo.
- GRUPO MAPISA, POLINGENIEROS Y POLINOX. (s.f.). *Catálogo de equipos*. Obtenido de http://67.205.78.135/poli/catalogo/catalogo_001-054/producto045.html
- Hernandez, S. (Agosto de 2010). Obtenido de <http://despulfructa.blogspot.com/2010/08/despulpadora-de-futas-verduras-y.html>
- Ibarra, M., & Núñez, E. (2010). Manual de Aceros Inoxidables. *Indura*, 17.
- Impulsora Gastronómica. (05 de Julio de 2012). Obtenido de <http://15941.ar.all.biz/despulpadora-de-frutas-y-tomatina-dg-1020-g112611>
- Macía, M. J. (1998). *Composición Química, Evaluación Nutricional Y Perspectivas Económicas de Spondias Purpurea L*. New York: The New York Botanical Garden.
- Master-Fighter*. (21 de Enero de 2008). Obtenido de Master-Fighter: <http://www.streetfighterspain.com/viewtopic.php?f=11&t=1736>

- MEGAfood. (s.f.). Obtenido de <http://www.jjindustrial.com.co/frutas-verduras.php>
- Metalium*. (2013). Obtenido de Metalium: http://metalium.mx/acero-inoxidable/acero-inoxidable-aisi-304/AISI_304
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquina*. México: Pearson Educación.
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México: Pearson Educación.
- Ortiz Sanchez, Y. (s.f.). *Tecnología Mecánica*. Recuperado el 11 de 2015, de <http://www.utp.edu.co/~yosanchez/graficas/Graficaschavetas.pdf>
- Pazos Peinado, N. (2006). *Tecnología de los Materiales y Procesos de Manufactura*. Caracas: Publicaciones UCAB.
- Pernich, A. (2010). Predicción Numérica de los Campos de Tensiones Durante el Llenado y la Descarga de los Silos de Almacenamiento de Materiales Granulares.
- Plasticbages Industrial S.L. (s.f.). *Plasticbages Industrial S.L.* Recuperado el 15 de Septiembre de 2015, de <http://www.plasticbages.com/caracteristicasnylon.html>
- Porras, & Soryano. (s.f.). *UCLM*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015, de <https://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf>
- Puccio, P. (12 de Junio de 2015). *Photomaza*. Obtenido de Photomaza: <http://www.photomazza.com/?Spondias-purpurea&lang=es>
- Rodamientos Self-Lube. (2008). *Motion & Control NSK*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de Motion & Control NSK: http://www.nskamericas.com/cps/rde/xchg/na_es/hs.xsl/corporate-profile.html
- Rodriguez Galbarro, H. (2015). *ingemecánica*. Recuperado el 9 de Septiembre de 2015, de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>
- Romero, M. (11 de Marzo de 2007). *Enciclopedia Libre Universal en Español*. Obtenido de <http://enciclopedia.us.es/index.php/Elipsoide>
- Spotts, M. (1999). *Elementos de máquinas*. México: Prentice Hall.
- Stenquist, W. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. Mexico: Prentice-Hall.
- Tecno Oficio*. (15 de Julio de 2015). Obtenido de Tecno Oficio: http://www.tecnoficio.com/soldadura/soldadura_TIG.php
- Tirira, L., & Castro, D. (2014). *Diseño y construcción de una máquina despulpadora de frutas*. Riobamba.

WEG. (s.f.). *Motores Monofásicos*. Recuperado el 10 de 11 de 2015, de www.weg.net/mx