

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA MECÁNICA

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

TEMA:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CORTADORA TIPO
TAZON DE ACERO INOXIDABLE PARA CARNE DE RES CON
CAPACIDAD DE 10 KG/HORA PARA LA MICROEMPRESA "LUCITA
CARNES Y EMBUTIDOS"

AUTORES:
WILMER RICARDO AGUIRRE REINOSO
MANUEL SANTIAGO BERMEO CASTRO

DOCENTE TUTOR:
FABIO EDUARDO OBANDO HERRERA

Quito, marzo del 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Wilmer Ricardo Aguirre Reinoso con documento de identificación N° 171748560-9 y Manuel Santiago Bermeo Castro con N° 171531139-3, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CORTADORA TIPO TAZON DE ACERO INOXIDABLE PARA CARNE DE RES CON CAPACIDAD DE 10 KG/HORA PARA LA MICROEMPRESA "LUCITA CARNES Y EMBUTIDOS" ", 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, suscribimos 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: Wilmer Ricardo Aguirre
Reinoso
Cédula: 171748560-9
Fecha: 06-03-2019

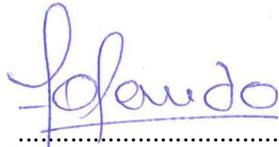


Nombre: Manuel Santiago Bermeo
Castro
Cédula: 171531139-3
Fecha: 06-03-2019

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CORTADORA TIPO TAZON DE ACERO INOXIDABLE PARA CARNE DE RES CON CAPACIDAD DE 10 KG/HORA PARA LA MICROEMPRESA "LUCITA CARNES Y EMBUTIDOS" realizado por Wilmer Ricardo Aguirre Reinoso y Manuel Santiago Bermeo Castro, 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 2019



FABIO EDUARDO OBANDO HERRERA

CI: 1707982169

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado con todo el amor y respeto que tengo a mi madre Carmen Isabel Reinoso y mi padre José Ricardo Aguirre que gracias a su apoyo y aliento me han sabido guiar siempre por el camino del bien. A demás dedico a mis hermanos que con su positivismo y cariño me han dado la fuerza necesaria para salir adelante ante toda adversidad.

Wilmer Ricardo Aguirre Reinoso

Dedico este trabajo, a mis pilares importantes, mis padres; Lolita y Manuel, los mismos que con su ejemplo, dedicación y esfuerzo, son parte de la formación de este gran ser humano, tanto en lo moral y profesional. Así mismo a mis hermanos: Anita y Roberto, que me brindaron apoyo y compañía, día a día, saliendo adelante, juntos como la gran familia que somos.

Manuel Santiago Bermeo Castro

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que han sido partícipes de este gran logro como lo son docentes los cuales con su conocimiento y madurez han sabido sacar la mejor versión de mi persona, amigos que han sido apoyo moral y a la Universidad Politécnica Salesiana que me ha dado la oportunidad de formarme profesionalmente.

Juntamente con mi compañero agradecemos al Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera quien fue nuestro tutor, el cual nos ayudó con toda dificultad para poder cumplir el objetivo anhelado.

Wilmer Ricardo Aguirre Reinoso

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos específicos	2
CAPITULO 1	3
MARCO TEORICO	3
1.1 Máquinas utilizadas en procesos cárnicos.....	3
1.1.1 Máquina cortadora tipo tazón (Cutter)	3
1.1.2 Máquina moledora o picadora.....	4
1.1.3 Batidora amasadora	4
1.1.4 Embutidoras	5
1.2 Materia prima.....	5
1.2.1 Composición de la carne de res.....	6
1.2.2 Factores que influyen en la calidad de la carne.....	7
1.3 Proceso para obtener carne de res	7
1.3.1 Proceso para elaboración de carne de res molida.....	8
1.3.2 Proceso para elaboración de carne de res en pasta.....	8
1.4 Reglamento y normas para máquinas procesadoras de alimentos	9
1.5 Sistema mecánico.....	10
1.5.1 Transmisión por bandas y poleas	10
1.5.2 Bandas en V	10
1.6 Materiales para la construcción	11
1.6.1 Acero Inoxidable	11
1.6.2 Aluminio	12
1.6.3 Materiales poliméricos	13
1.6.4 Cobre y aleaciones.....	13

1.6.5 Materiales no utilizables	13
1.7 Principios básicos de diseño higiénico en maquinaria manipuladora de alimentos.	13
1.7.1 Materiales estables e inertes.....	14
1.7.2 Superficies en contacto con el alimento	14
1.7.3 Superficies exteriores	14
1.7.4 Elementos con facilidad de montaje y desmantelamiento	14
1.7.5 Limpieza y desinfección	14
CAPITULO 2	15
SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	15
2.1 Estudio de alternativas.....	15
2.1.1 Características de las máquinas manipuladoras de carnes.....	15
2.1.2 Análisis y selección de la máquina más optima.....	16
2.2 Selección del material en contacto con los alimentos	17
2.3 Análisis del sistema de transmisión de potencia.....	18
2.3.1 Selección de la alternativa adecuada de transmisión de potencia.....	18
CAPITULO 3	19
CÁLCULOS, DISEÑO, ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	19
3.1 Capacidad de la máquina.....	19
3.1.1 Cálculo número de cuchillas	20
3.2 Diseño del tazón de la máquina	20
3.2.1 Densidad de la carne de res.....	20
3.2.2 Cálculo del volumen del tazón.....	21
3.2.3 Análisis y simulación del tazón giratorio	22
3.3 Fuerza necesaria para cortar carne de res	24
3.4 Selección del motor.....	24
3.4.1 Cálculo del torque para el motor.....	24

3.4.2	Cálculo de la potencia para el motor	26
3.4.3	Características del motor a utilizar	28
3.5	Diseño del sistema de transmisión de potencia	28
3.5.1	Cálculos y selección de bandas en V.....	28
3.5.2	Cálculo de polea motriz	29
3.5.3	Cálculo de poleas conducidas desde polea motriz	31
3.5.4	Reductor de velocidad	32
3.5.5	Cálculo de poleas a partir de la salida del reductor de velocidad	32
3.5.6	Cálculo de longitud de bandas	33
3.6	Cálculo de fuerzas en las poleas	35
3.6.1	Torque y fuerza en polea del eje porta cuchillas.....	36
3.6.2	Torque y fuerza en polea del eje de entrada al reductor de velocidades. ...	37
3.6.3	Torque y fuerza en polea del eje de salida del reductor de velocidades....	37
3.6.4	Torque y fuerza en polea del eje del tazón.	38
3.7	Diseño y cálculo de ejes	38
3.7.1	Diseño de eje porta cuchillas	40
3.7.2	Diseño del eje de entrada al reductor	42
3.7.3	Análisis y simulación del eje de salida del reductor	44
3.7.4	Análisis y simulación del eje del tazón	45
3.8	Diseño de cuchillas de corte	46
3.9	Diseño y selección de chavetas y chaveteros	47
3.10	Selección de cojinetes	49
3.11	Diseño de la estructura	50
3.11.1	Análisis de soldadura.....	53
CAPITULO 4	54
ANÁLISIS DE COSTOS Y MANUAL DE MANTENIMIENTO.....		54
4.1	Análisis de costos.....	54

4.1.1 Costo de utilización de máquinas herramientas	54
4.1.2 Costos de insumos	55
4.1.3 Costo de materia prima	55
4.1.4 Costo de mano de obra	56
4.1.5 Costos totales directos	56
4.1.6 Costo de diseño	57
4.1.7 Costos materiales indirectos	57
4.1.8 Gastos imprevistos	58
4.1.9 Costos totales indirectos	58
4.1.10 Costo total de la cortadora tipo tazón	59
4.2 Análisis financiero	59
4.2.1 Estimación de ingresos anuales.....	59
4.2.2 Análisis de la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR).....	59
4.2.3 Análisis del VAN y TIR	60
4.3 Manual de mantenimiento	62
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS:	65
ANEXOS.....	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de energía y macronutrientes en carne de vacuno por 100g [7] ...6	6
Tabla 2. Contenido de minerales en carne de vacuno por 100g [7]7	7
Tabla 3. Composición química de los aceros inoxidables [20].....12	12
Tabla 4. Aleaciones de aluminio [23].....12	12
Tabla 5. Materiales sintéticos y elastómeros [23]13	13
Tabla 6. Alternativas manipuladoras de carne15	15
Tabla 7. Ventajas y desventajas de cortadora tipo tazón15	15
Tabla 8. Ventajas y desventajas de máquina picadora o moledora de carne16	16
Tabla 9. Ventajas y desventajas de batidora amasadora16	16
Tabla 10. Ponderación de las máquinas17	17
Tabla 11. Propiedades del acero inoxidable AISI 304 [17]18	18
Tabla 12. Selección de la transmisión de potencia18	18
Tabla 13. Ensayo experimental para obtener la densidad de la carne21	21
Tabla 14. Ensayo experimental para obtener la fuerza necesaria de corte24	24
Tabla 15. Motor monofásico de inducción28	28
Tabla 16. Cálculo diámetro poleas conducidas desde polea motriz31	31
Tabla 17. Velocidades angulares con poleas estándar32	32
Tabla 18. Tamaño de chaveta en función del diámetro del eje47	47
Tabla 19. Longitud de chavetas y chaveteros.....49	49
Tabla 20. Cálculo de capacidad de carga dinámica básica en rodamientos de bolas .50	50
Tabla 21. Costo por utilización de máquinas54	54
Tabla 22. Costo de insumos55	55
Tabla 23. Costos materia prima.....56	56
Tabla 24. Costo mano de obra.....56	56
Tabla 25. Costos directos totales57	57
Tabla 26. Costos materiales indirectos57	57
Tabla 27. Gastos imprevistos58	58
Tabla 28. Costos totales indirectos58	58
Tabla 29. Costo total de la cortadora tipo tazón.....59	59
Tabla 30. Estimación de ingresos anuales.....59	59
Tabla 31. Cálculo del VAN y TIR.....61	61
Tabla 32. Manual de mantenimiento.62	62

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Cortadora de plato giratorio [1].....	3
Fig. 2. Moledora de carne [2].....	4
Fig. 3. Batidora amasadora de carne [2].....	4
Fig. 4. Embutidora continua o de vacío [4].....	5
Fig. 5. Carne de res [7].....	5
Fig. 6. Despiece del ganado vacuno [10].....	6
Fig. 7. Proceso de obtención de carne de res [11].....	7
Fig. 8. Proceso para obtener carne molida.....	8
Fig. 9. Proceso para obtener carne en pasta.....	9
Fig. 10. Transmisión banda-polea [17].....	10
Fig. 11. Sección de banda tipo V [17].....	11
Fig. 12. Volumen del tazón giratorio.....	22
Fig. 13. Simulación factor de seguridad del tazón giratorio.....	23
Fig. 14. Simulación de desplazamiento del tazón giratorio.....	23
Fig. 15. Gráfica de selección de banda [17].....	29
Fig. 16. D.C.L. en una polea.....	35
Fig. 17. Resistencia a la fatiga acero AISI 304 [17].....	39
Fig. 18. D.C.L. eje porta cuchillas.....	40
Fig. 19. Diagrama de corte y momento del eje porta cuchillas.....	41
Fig. 20. D.C.L. eje de entrada al reductor.....	42
Fig. 21. Diagrama de corte y momentos en el eje de entrada al reductor.....	43
Fig. 22. Simulación factor seguridad eje de salida del reductor.....	44
Fig. 23. Simulación de desplazamiento del eje de salida del reductor.....	45
Fig. 24. Simulación factor seguridad eje del tazón.....	45
Fig. 25. Simulación de desplazamiento eje del tazón.....	46
Fig. 26. Simulación factor seguridad cuchilla de corte.....	46
Fig. 27. Simulación de desplazamiento cuchilla de corte.....	47
Fig. 28. Forma final de la estructura.....	50
Fig. 29. Viga con mayor cantidad de carga.....	51
Fig. 30. Diagrama de corte y momentos de la viga.....	51

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Materiales para el ensayo de fuerza.....	68
Anexo 2: Selección de poleas.....	68
Anexo 3: Selección de chavetas y chaveteros.....	69
Anexo 4: Factores de velocidad y duración de rodamiento de bolas	69
Anexo 5: Características del tubo cuadrado (40x40x1.5)mm.....	70
Anexo 6: Proformas y facturas.....	71
Anexo 7: Máquina en proceso de construcción.....	73
Anexo 8: Plano general.....	74

RESUMEN

El presente proyecto consiste en el diseño y construcción de una de una máquina cortadora tipo tazón de acero inoxidable para carne de res con capacidad de 10 kg/hora para la microempresa "Lucita carnes y embutidos". Como parte inicial se investigó acerca de la carne de res y las normas que debe cumplir la máquina para garantizar un producto de gran calidad y seguro para el consumo humano. En la investigación se propuso varias máquinas como alternativas determinando que la mejor alternativa es la cortadora tipo tazón la cual contiene todas las características deseadas por parte de la microempresa. El material que se eligió para el diseño de la máquina y principalmente para las partes que van a estar en contacto directo con la carne de res es el acero inoxidable AISI 304.

El sistema de transmisión de potencia que desempeña la máquina es mediante bandas y poleas en los cuales se determinaron las fuerzas a las que se encuentran sometidos y se procedió al diseño del eje porta cuchillas y al eje que va conectado a la entrada de un reductor de cambio de posición para garantizar una velocidad de giro baja en el tazón de la máquina. Obteniendo todos los elementos de la maquina diseñados se utilizó el software SolidWorks para la realización de los planos. Finalmente se elabora un manual de mantenimiento con el propósito de garantizar un excelente funcionamiento de la máquina. También se realiza el cálculo de costos para conocer la inversión efectuada en la cortadora tipo tazón.

Palabras clave: Cortadora tipo tazón, carne de res, acero inoxidable, triturar, ejes, porta cuchillas.

ABSTRACT

The present project consists of the design and construction of a stainless steel bowl type cutting machine for beef with a capacity of 10 kg / hour for the "Lucita meats and sausages" microenterprise. As an initial part, we investigated beef and the standards that the machine must comply with in order to guarantee a high quality and safe product for human consumption. In the research several machines were proposed as alternatives that determine the best alternative is the bowl type cutter that contains all the desired characteristics of the microenterprise. The material that was chosen for the design of the machine and mainly for the parts that will be in direct contact with the beef is stainless steel AISI 304.

The power transmission system carried out by the machine is converted into pulley belts in which the forces in which they are found are determined and processed in the design of the knife holder shaft and the shaft that is connected to the input of a gear reducer. Change of position to guarantee a low rotation speed in the bowl of the machine. Obtaining all the elements of the machine that are used as SolidWorks software for the realization of the plans. Finally, we will see a maintenance manual with the purpose of guaranteeing an excellent functioning of the machine. The calculation of the costs is also done to know the investment made in the bowl type cutter.

Key words: Bowl type cutter, beef, stainless steel, shred, shafts, knife holders

INTRODUCCIÓN

En la antigüedad la elaboración de carne molida o en pasta se lo realizaba de forma manual o artesanal, por lo que llegaba hacer un proceso complicado ocasionando pérdidas de tiempo en su fabricación y obteniendo mala calidad en el producto final.

En la actualidad, la demanda en la industria cárnica por carne de res molida ha crecido considerablemente debido a las múltiples recetas que se pueden preparar con dicha carne. Además, la elaboración de pasta de carne de res sirve a las microempresas para elaborar su propia línea de embutidos. De esta forma las microempresas cárnicas sienten la necesidad de implementar máquinas capaces de aumentar la producción y optimizar tiempo, generando así ahorro de dinero y un producto de alta calidad.

La microempresa "LUCITA CARNES Y EMBUTIDOS" sintiendo la necesidad de progresar, ha solicitado el diseño y construcción de una máquina cortadora tipo tazón de acero inoxidable para carne de res con capacidad de 10kg/hora donde pueda tomar el control del proceso de fabricación de carne molida y en pasta de manera segura, optimizando tiempos y generando una mayor rentabilidad para la microempresa.

El propósito del proyecto a diseñar y construir es generar una máquina con la capacidad deseada, de alta confiabilidad y sobre todo muy segura para el operario. Adicionalmente, la máquina se deberá construir con materiales que cumplan los parámetros de diseño y que existan en el mercado ecuatoriano obteniendo así una máquina de bajo costo y excelente funcionamiento.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar y construir una cortadora tipo tazón de acero inoxidable para carne de res con capacidad de 10 kg/hora para la microempresa "Lucita carnes y embutidos".

Objetivos específicos

- Definir alternativas de diseño de una cortadora tipo tazón de acero inoxidable para satisfacer la necesidad de la microempresa.
- Diseñar con la ayuda de un software los parámetros necesarios para la construcción de la cortadora tipo tazón de acero inoxidable y obtener la capacidad deseada por la microempresa.
- Seleccionar los materiales y partes necesarias para la construcción de la máquina cortadora de tazón.
- Validar el funcionamiento de la cortadora tipo tazón mediante pruebas experimentales y obtener una máquina de fácil operación.
- Evaluar los costos de fabricación de la cortadora tipo tazón de acero inoxidable.

CAPITULO 1

MARCO TEORICO

En este capítulo se encuentra la fundamentación teoría en la que está basada el presente proyecto técnico como son: máquinas utilizadas en procesos cárnicos, materia prima, normas, principios higiénicos, materiales existentes para la construcción de máquinas procesadoras de alimentos lo que ayudara a generar ideas para conseguir el diseño de la máquina.

1.1 Máquinas utilizadas en procesos cárnicos

Debido a la necesidad de la microempresa “Lucita carnes y embutidos” en producir carne de res molida y en pasta se presenta diferentes tipos de máquinas que cumplan mencionados procesos.

1.1.1 Máquina cortadora tipo tazón (Cutter)

Las cortadoras de tipo tazón o de plato giratorio (Cutter) son máquinas procesadoras de carne fresca o congelada que por medio de cuchillas verticales que giran alrededor de un eje horizontal pueden triturar y moler la carne ubicadas en un plato giratorio el cual además puede mezclar una variedad de ingredientes.

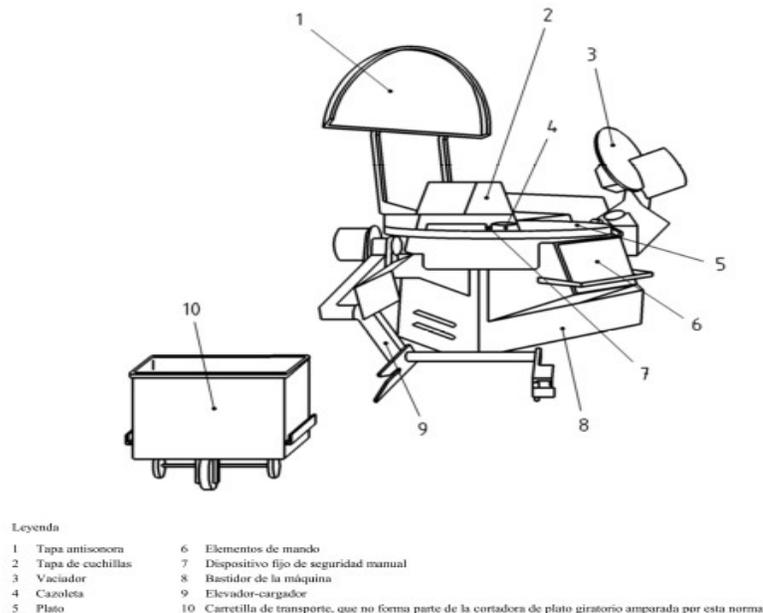


Fig. 1. Cortadora de plato giratorio [1]

1.1.2 Máquina moledora o picadora

Una moledora o picadora de carne es de manejo sencillo, contiene un motor eléctrico el cual acciona un tornillo sin fin que empuja el producto hacia las cuchillas y el cedazo los cuales son los encargados de cumplir con el proceso de molido.



Fig. 2. Moledora de carne [2]

1.1.3 Batidora amasadora

Estas máquinas permiten mezclar la carne con los distintos condimentos e ingredientes que sean necesarios formando una mezcla homogénea [3]. Son las menos utilizadas en la industria cárnica.



Fig. 3. Batidora amasadora de carne [2]

1.1.4 Embutidoras

El objetivo de esta máquina es introducir la pasta que se encuentra en un recipiente la cual es empujada por un embolo que se acciona por parte del operario y que empuja la pasta hacia una boquilla en la que se encuentra la tripa [3].

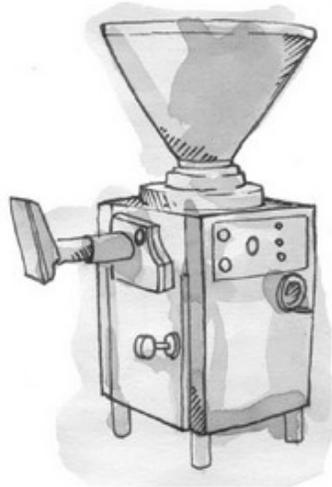


Fig. 4. Embutidora continua o de vacío [4]

1.2 Materia prima

La materia prima en esta caso carne de res, es la sustancia fibrosa constituida por los músculos que se encuentra bajo la piel del ganado vacuno y es destinada al consumo humano [5]. Además, según USDA [6], carne de res es la carne de ganado que lleva 2 años de vida, generalmente ganado vacuno que tiene una variedad de razas y entre las más conocidas están Brahman, Hereford, Angus y Charoláis.



Fig. 5. Carne de res [7]

1.2.1 Composición de la carne de res

La carne de res es un producto de gran importancia en la alimentación humana y de acuerdo con FAO [8], la carne contiene agua, proteínas, aminoácidos, vitaminas, minerales, grasas y ácidos grasos, así como carbohidratos en mínimas cantidades.

La autenticación de cortes primarios y secundarios depende del país en que se encuentre ubicado [9]. En la fig. 6 se puede observar cada una de las piezas de carne de res que se encuentra en el ganado vacuno.

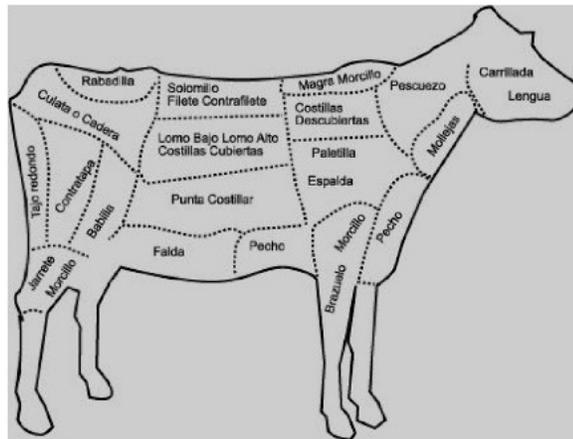


Fig. 6. Despiece del ganado vacuno [10]

El contenido de energía, nutriente y mineral es diferente en cada pieza de carne de res como se puede observar en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Contenido de energía y macronutrientes en carne de vacuno por 100g [7]

PIEZAS	Humedad (g)	Cenizas (g)	Energía (kcal)	Proteína bruta (g)	Grasa bruta (g)
LOMO	68,5	1	166	20,6	8,8
SOLOMILLO	72,8	1,1	126	22,2	4,1
CADERA	70,4	1,1	145	22,7	6
CONTRA	72,6	1,2	122	22,6	3,5
MORCILLO	73,8	<1,0	126	21,7	4,4
AGUJA	73,7	1,1	122	21,1	4,2
ESPALEDA	71,5	1	139	21,2	5,8
FALDA	63,3	1	230	18,8	17,2
TAPA	74,4	1	108	22,5	2
ALETA	74,7	1,1	116	21,8	3,2

Tabla 2. Contenido de minerales en carne de vacuno por 100g [7]

PIEZAS	Sodio (mg)	Sal (NaCl g)	Hierro (mg)	Zinc (mg)
LOMO	90	0,23	1,5	3,6
SOLOMILLO	100	0,20	2,2	4,2
CADERA	100	0,20	1,7	3,3
CONTRA	100	0,20	1,4	2,9
MORCILLO	100	0,20	2,0	5,7
AGUJA	100	0,20	2,4	5,4
ESPALDILLA	120	0,20	2,1	4,9
FALDA	110	0,20	1,7	4,7
TAPA	90	0,23	1,6	3,7
ALETA	100	0,20	1,9	3,3

1.2.2 Factores que influyen en la calidad de la carne

La calidad se puede definir como la suma de diferentes factores que se requieren en la carne [5]. Los factores que intervienen en la calidad de la carne de vacuno depende del origen, raza, sexo, consumo de alimento del animal, edad de sacrificio, origen geográfico y cortes de carne [9].

1.3 Proceso para obtener carne de res

La obtención de carne de res consiste en un proceso que inicia desde la cría de ganado vacuno y finaliza en la exposición y venta del producto a todos los consumidores. En la fig. 7, se presenta el proceso para conseguir la carne de res.

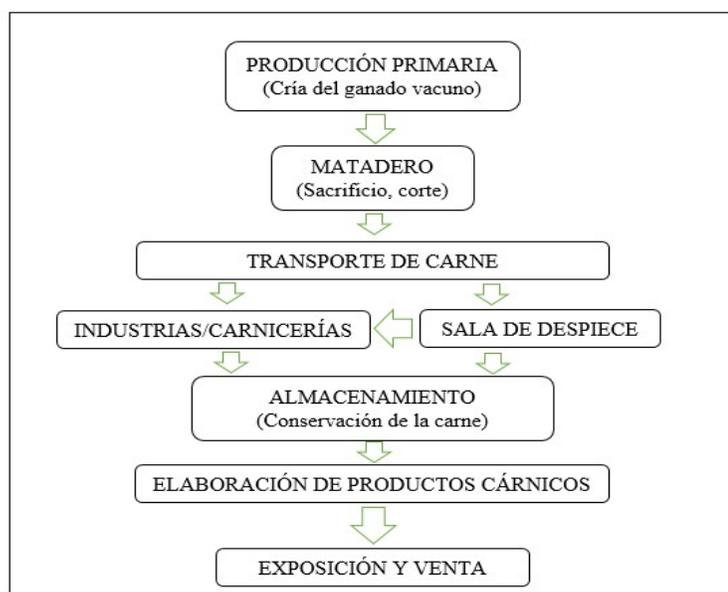


Fig. 7. Proceso de obtención de carne de res [11]

1.3.1 Proceso para elaboración de carne de res molida

La carne de res molida es un producto picado que se encuentra hecha de cortes de carne menos populares y menos tierna [12]. El proceso para la elaboración de carne res molida es sencillo y según Pascual [13], la carne debe conservarse refrigerada a temperaturas de -2°C a 3°C .

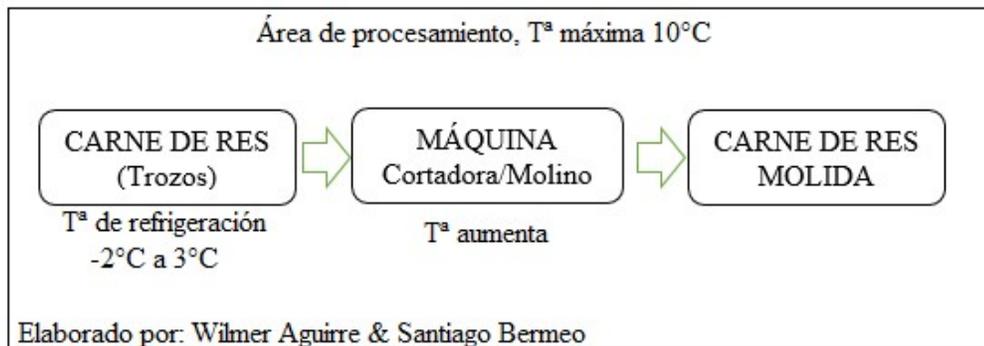


Fig. 8. Proceso para obtener carne molida

Las operaciones para llevar a cabo este proceso son:

- **Deshuese y selección de la materia prima:** Esta operación se realiza de forma manual con la finalidad de tener lista la carne de res que se requiere [14].
- **Pesado:** La carne y los ingredientes deben ser correctamente pesados ya sea en balanza o báscula según la formulación del producto final.
- **Picado o molido:** Esta operación se realiza normalmente en un molino, pero puede utilizarse también una cortadora, introduciendo la carne en la máquina la cual va a realizar su respectiva aplicación y se obtendrá la carne de res molida.

1.3.2 Proceso para elaboración de carne de res en pasta

El proceso para la elaboración de pasta de carne de res cumple con las operaciones de deshuese, selección de la materia prima y pesado, pero además cumple con las operaciones de cortado y mezclado que se describirán a continuación:

- **Cortado:** Consiste en el cortado de la carne a través de una cortadora (cutter) la cual llegara a obtener pastas de diferentes texturas [14].
- **Mezclado:** El mezclado también es realizado a través de la cortadora dado que al girar su plato se puede añadir varios ingredientes los cuales se mezclarán homogéneamente y estarán listos para una próxima operación que es el embutido.

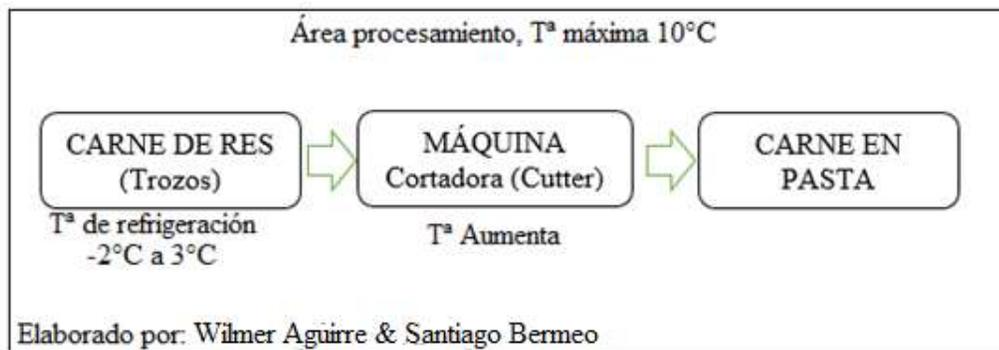


Fig. 9. Proceso para obtener carne en pasta

1.4 Reglamento y normas para máquinas procesadoras de alimentos

En Ecuador existe un reglamento técnico RTE INEN 131 para la seguridad e higiene de maquinaria para procesamiento de alimentos. Este reglamento establece los requisitos de seguridad e higiene que deben cumplir las máquinas de procesamiento de alimentos con el propósito de preservar la vida, la seguridad y la salud de los seres humanos, proteger el medio ambiente y prevenir prácticas engañosas que puede inducir a error de los usuarios [15].

Existen normas internacionales orientadas al presente proyecto como son las especificadas por la Asociación Española de Normalización y Certificación. La norma UNE-EN 12855:2004+A1 especifica los requisitos de seguridad e higiene para las cortadoras de plato giratorio (cutters) [1].

Por otra parte, existen las normas ISO de calidad que en la actualidad es el grupo de normas más utilizado y conocido a nivel mundial. Una de las normas que puede implementarse en la industria alimentaria es la ISO 22000:2005 que es una norma de

sistemas de gestión de seguridad alimentaria y está diseñada para ser compatible con ISO 9001 [16].

1.5 Sistema mecánico

Un sistema mecánico tiene como finalidad transformar o transmitir potencia de un motor a través de elementos específicos que se unen entre sí para adaptarse a una aplicación final de accionamiento. Los elementos específicos pueden ser elementos rígidos o flexibles.

1.5.1 Transmisión por bandas y poleas

Las bandas y poleas se usan con frecuencia para transmitir potencia a distancias grandes entre centros, permitiendo obtener a una máquina un sistema de fácil montaje y poco mantenimiento.

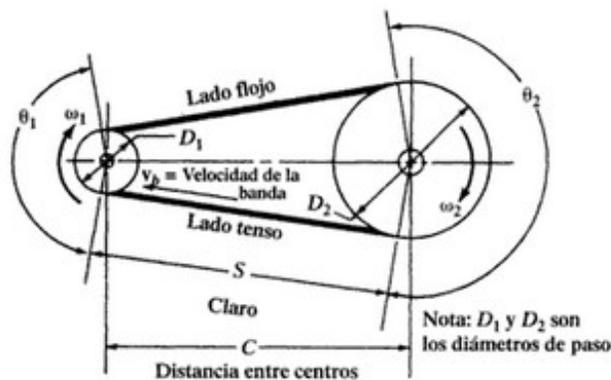


Fig. 10. Transmisión banda-polea [17]

1.5.2 Bandas en V

La forma en V de la banda permite que se adapte establemente en la ranura de la polea lo que le permite incrementar su fricción y la transmisión de grandes pares torsionales evitando deslizamiento [17]. Por lo general las bandas en V proporcionan un sistema confiable a menos que el sistema se someta a esfuerzos o cargas mayores al de diseño.

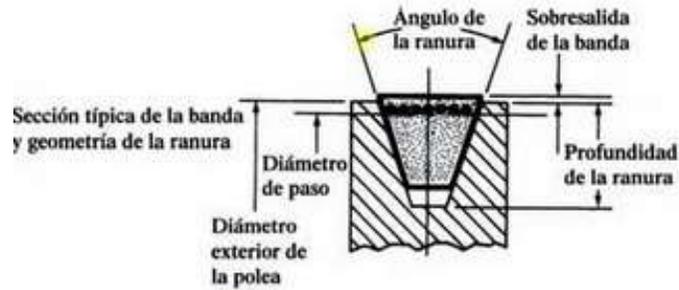


Fig. 11. Sección de banda tipo V [17]

De acuerdo con Budynas & Nisbett [18], establecer un programa de inspección sería lo más adecuado para comprobar el estado de las bandas y tomar precauciones contra el desgaste y pérdida de elasticidad.

1.6 Materiales para la construcción

Los materiales utilizados para la construcción de maquinaria y herramientas que van a estar en contacto con los alimentos deben ser no tóxicos, mecánicamente estables, no absorbentes, resistentes a productos alimentarios y a todos los agentes de limpieza y desinfección como menciona Castañeda [19]. Por otra parte, deben ser duros, tener acabados lisos, sin grietas o fisuras y además deben ser resistentes a las temperaturas, presiones y concentraciones a las que va ser sometido.

1.6.1 Acero Inoxidable

Los aceros inoxidables contienen al menos 12% de Cr y su característica más importante es su resistencia a la corrosión [18]. Se pueden limpiar y desinfectar fácilmente, por lo tanto resultan ser el material más utilizado en la industria alimentaria [19].

Por lo general, los aceros inoxidables más utilizados son el AISI 304 y 316 debido a al grupo de características tecnológicas que contienen, por ser económicos [20] y por su resistencia a la corrosión ocasionada por la mayoría de alimentos [19]. Sin embargo, el acero inoxidable AISI 316 al contener molibdeno muestra mayor resistencia a bajas temperaturas y a la corrosión por SO_2 que el 304 [20].

Tabla 3. Composición química de los aceros inoxidables [20]

Componentes	NORMA AISI			
	304	304L	316	316L
Carbono (máx.)	0.08	0.03	0.08	0.03
Cromo	18-20	18-20	16-18	16-18
Níquel	8-12	8-12	10-14	10-14
Molibdeno	----	----	2-3	2-3
Manganeso (máx.)	2	2	2	2
Fósforo (máx.)	0.045	0.045	0.045	0.045
Azufre (máx.)	0.030	0.030	0.030	0.030
Silicio (máx.)	1	1	1	1
<i>Las cantidades se expresan en % del elemento</i>				

Si se necesita soldar se deberá ocupar los materiales con bajo contenido en carbono como el AISI 304L y 316L [20]. De acuerdo con Alférez *et al.* [21] el acero inoxidable AISI 316L además de ser resistentes a la corrosión, también son resistentes a la maleabilidad y biocompatibilidad por lo que son utilizados en la industria química, farmacéutica, naval, alimentaria, petroquímica y en aplicaciones biomédicas.

1.6.2 Aluminio

Según Mott [17], el aluminio es ampliamente utilizado en aplicaciones mecánicas y estructurales por sus atractivas características tecnológicas y su relativa facilidad de conformación y mecanizado. Entre las principales características destacan que es un metal ligero, resistente a la corrosión y bajas temperaturas, excelente conductor térmico y eléctrico. Además posee bajas características mecánicas como dureza, resistencia a la tracción, bajo módulo de elasticidad y utilización limitada a temperaturas elevadas [15-18].

Tabla 4. Aleaciones de aluminio [23]

Aleaciones de aluminio (conformidad con la directiva 2002/95/CE (RoHS))				
Denominación	Código de material según EN	Apto para el contacto con productos alimentarios según	Clase de resistencia a la corrosión CRC sin tratar	Clase de resistencia a la corrosión CRC anodizado
AlCuMg1, AlCuMg2	EN AW-2017A, EN AW-2024	-	0	1
Al99,5	EN-AW-1050A	ANSI/NSF 51	0 ... 1	2
AlMgSi0,5	EN-AW-6060	ANSI/NSF 51	1 ... 2	3
AlMgSi0,7	EN-AW-6005A	ANSI/NSF 51	1 ... 2	3
AlMgSi1	EN-AW-6082	ANSI/NSF 51	1 ... 2	3
AlMg1, AlMg3, AlMg5	EN-AW-5005, EN-AW-5774, EN-AW-5019	ANSI/NSF 51	1 ... 2	3

1.6.3 Materiales poliméricos

Los materiales poliméricos en contacto con alimentos deben ser inocuos y no deben transmitir propiedades nocivas ni cambiar sus características organolépticas. No se deben usar materiales plásticos de grupo fenol ni formaldehído [20].

Tabla 5. Materiales sintéticos y elastómeros [23]

Denominación	Abreviatura	Conformidad dentro de un grupo posible según:	Resistencia a ácidos diluidos	Resistencia a lejías diluidas
Polipropileno	PP	FDA y / o 10/2011	±	+
Poliámida	PA	FDA y / o 10/2011	-	o
Cloruro de polivinilo	PVC	-	±	±
Polifluoruro de vinilideno	PVDF	FDA y / o 10/2011	±	±
Polióximetileno	POM	FDA y / o 10/2011	-	o
Polimetilmetacrilato	PMMA	FDA y / o 10/2011	±	±
Policarbonato	PC	FDA y / o 10/2011	±	-
Poliétileno HD	PE-HD	FDA y / o 10/2011	±	±
Tereftalato de polietileno	PET	FDA y / o 10/2011	o	-
Polieteretercetona	PEEK	FDA y / o 10/2011	±	±
Politetrafluoroetileno	PTFE	FDA y / o 10/2011	±	±
Caucho etileno-propileno-dieno	EPDM	FDA	±	±
Caucho fluorado	FKM/caucho fluorado	FDA	±	-

--: no resistente; o: limitadamente resistente; +: resistente

1.6.4 Cobre y aleaciones

El cobre al ser un material muy tóxico es fatal para la construcción de máquinas que deben estar en contacto con los alimentos y su uso esta prohíbo excepto en chocolatería, confitería sin ácidos y destilería [13-15].

1.6.5 Materiales no utilizables

No se debe emplear el cadmio y el antimonio en componentes de la máquina que van a estar en contacto con alimentos. Por otra parte se debe evitar la madera como material de construcción en maquinaria y a su vez el acero galvanizado [20].

1.7 Principios básicos de diseño higiénico en maquinaria manipuladora de alimentos.

Con respecto a la industria alimentaria específicamente al sector cárnico, la higiene en máquinas e instalaciones es esencial para disminuir el riesgo de contaminación en los productos que se producen [24].

1.7.1 Materiales estables e inertes

Se inicia con la correcta elección del material según menciona Soro [25], mientras que Vanaclocha [20] menciona que los materiales deben cumplir con las condiciones de uso establecidas, por lo tanto los materiales no pueden desprender ninguna capa de viruta para no alterar los productos en contacto.

1.7.2 Superficies en contacto con el alimento

Las superficies de los elementos en contacto con alimentos deben ser diseñadas para obtener gran calidad y durabilidad, también deben ser lisas, no porosas, no absorbentes, sin grietas y lavables para disminuir la contaminación microbiana [23]. Por otra parte la rugosidad superficial en contacto con alimentos es de 0,8 micras como máximo así lo indica Soro [25].

1.7.3 Superficies exteriores

Las ideas expuestas por Castañeda [19], menciona que al diseñar la máquina hay que separar los mecanismos con mayor dificultad de limpieza como por ejemplo motor y reductor aunque los mismos estarán protegidos por una carcasa no oxidable.

1.7.4 Elementos con facilidad de montaje y desmantelamiento

Es indispensable realizar un diseño que permita al operario de la máquina un fácil desmantelamiento y montaje de sus elementos más importantes, porque en caso de algún daño pueda realizarse un mantenimiento en un pequeño lapso de tiempo.

1.7.5 Limpieza y desinfección

La limpieza y la desinfección de los elementos en contacto con alimentos es esencial para conservar un producto de gran calidad y sin riesgo para el ser humano.

CAPITULO 2

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

El capítulo 2 se refiere básicamente a la elección de la máquina apropiada para la microempresa “Lucita carnes y embutidos”, materiales con la que va hacer fabricada y a su vez la elección del sistema de transmisión de potencia más óptimo.

2.1 Estudio de alternativas

Para la selección de la máquina adecuada se debe estudiar, analizar e identificar los procesos que requiere la microempresa para poder optar por la mejor alternativa y proceder a su respectivo diseño y construcción. En consecuencia, se presentará varias alternativas de máquinas que tienen contacto con alimentos cárnicos y cumplen los procedimientos que el proyecto necesita.

Tabla 6. Alternativas manipuladoras de carne

ITEM	MÁQUINA
Alternativa 1	Cortadora tipo tazón (Cutter)
Alternativa 2	Moledora o picadora de carne
Alternativa 3	Batidora amasadora

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo.

2.1.1 Características de las máquinas manipuladoras de carnes

Se presenta las ventajas y desventajas principales de las tres alternativas de diseño en las tablas 7, 8 y 9 para posteriormente elegir la máquina que cumpla los criterios requeridos por la microempresa. Además, la alternativa apropiada deberá optimizar tiempo de producción y generar rentabilidad.

Tabla 7. Ventajas y desventajas de cortadora tipo tazón

Ventajas	Desventajas
Diseño y construcción sencillo, seguro y conveniente	Accesorios relativamente costosos
Cortado, mezclado y molido de carne de mejor calidad	No cuenta con sistema de refrigeración
Velocidad regulable	Limpieza después de desmantelamiento de cuchillas
Bajo costo de mantenimiento	

Tabla 8. Ventajas y desventajas de máquina picadora o moladora de carne

Ventajas	Desventajas
Diseño seguro y conveniente	Mantenimiento costoso
Proceso de picado o molido homogéneo	Tornillo sin fin difícil de fabricar
Precisión en producción	Capacidad limitada
Construcción rápida	Limpieza demorosa

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo.

Tabla 9. Ventajas y desventajas de batidora amasadora

Ventajas	Desventajas
Construcción con excelentes acabados	Potencia limitada
Picado y mezclado homogéneo	Más utilizada en industria pastelera
Regulación de velocidades	Ruidosa a altas velocidades
Fácil mantenimiento	Fabricación costosa

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo.

2.1.2 Análisis y selección de la máquina más óptima

Para realizar la selección de la alternativa más apropiada que cumpla con las necesidades de la microempresa “Lucita carnes y embutidos” se debe tomar en cuenta tanto las ventajas como desventajas de cada máquina al momento de cumplir con sus procesos. Por otra parte, es necesario analizar el costo, diseño y las características operacionales de cada máquina a partir de una calificación cuantitativa.

Ponderación:

- 0-3: muy costoso, muy malo.
- 4-5: costoso, malo, difícil.
- 6-8: características normales, comunes, aceptable.
- 9-10: óptimo, muy bueno, económico.

La ponderación permitirá elegir la máquina con las características deseadas y la que menos inconvenientes tenga a la hora del diseño y construcción. En la tabla 10 se presenta la calificación de cada máquina.

Tabla 10. Ponderación de las máquinas

Descripción	Características Técnicas	Cortadora tipo tazón	Picadora	Batidora amasadora
Diseño	Construcción	9	8	8
	Seguridad	9	9	8
	Funcionalidad	9	8	8
Costo	Mantenimiento	8	7	8
	Mano de obra	8	8	7
	Accesorios	7	8	7
Operación	Montaje	10	9	8
	Tiempo de Operación	9	9	8
	Calidad de proceso	9	8	8
	TOTAL	78	74	70

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo.

Con una puntuación de 78 de la cortadora tipo tazón se puede concluir que la alternativa 1 cumple con las características deseadas y es la más óptima para el proceso de diseño y construcción que servirá a la microempresa “Lucita carnes y embutidos”.

2.2 Selección del material en contacto con los alimentos

Los materiales adecuados para la construcción de maquinaria que se encuentran en contacto directo con los alimentos son los aceros inoxidable. El que se encuentra comúnmente en el mercado ecuatoriano es el acero inoxidable AISI 304, que contiene grandes propiedades y es el material menos costoso.

Tabla 11. Propiedades del acero inoxidable AISI 304 [17]

Propiedades	Acero inoxidable AISI 304	
Físicas	Densidad ($\frac{g}{cm^3}$)	7.93
	Punto de fusión (°C)	1400-1455
Mecánicas	Resistencia a la tensión (MPa)	586
	Límite de fluencia (MPa)	241
	Dureza Brinell máx.	202
	Módulo de elasticidad (GPa)	193

2.3 Análisis del sistema de transmisión de potencia

Con la necesidad de transmitir potencia desde un motor eléctrico a una distancia relativamente larga se consideran los elementos de transmisión flexibles y entre los más utilizados se tiene:

- Alternativa A: Bandas
- Alternativa B: Cadenas

2.3.1 Selección de la alternativa adecuada de transmisión de potencia

Entre la opción A y B se analizará las características principales con una calificación cuantitativa siendo 5 la de mayor satisfacción y 0 la de menor, obteniendo así la mejor alternativa.

Tabla 12. Selección de la transmisión de potencia

Descripción	Características	Alternativa A	Alternativa B
Diseño	Facilidad	5	4
Operación	Tiempo de operación	4	4
	Durabilidad	4	4
	Montaje	4	3
Costo	Accesorios	5	4
	Mantenimiento	5	4
	TOTAL	27	23

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo.

CAPITULO 3

CÁLCULOS, DISEÑO, ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.1 Capacidad de la máquina

La capacidad de la máquina ($\dot{m}=10 \frac{kg}{h}$) es el primer aspecto a considerar en el diseño, es así que a partir de este valor se deben iniciar los cálculos.

Entonces se parte de la siguiente conversión:

$$\dot{m} = 10 \frac{kg}{h} \times \frac{1000gr}{1kg} \times \frac{1h}{60min}$$
$$\dot{m} = 166.67 \left(\frac{gr}{min} \right)$$

Un aspecto importante es la velocidad angular del eje porta cuchillas por lo que mediante un análisis se llegó a determinar que en las industrias las cortadoras tipo tazón utilizan una velocidad angular entre 1500 a 3000 r.p.m. por lo que para fin de cálculos se tomara una velocidad angular de 2500 r.p.m.

Con la velocidad angular como dato se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$\dot{m} = \frac{\dot{m}}{\omega} \tag{3. 1)[26]}$$

Donde:

\dot{m} = Capacidad de corte $\left(\frac{gr}{rev} \right)$

\dot{m} = Capacidad de la máquina $\left(\frac{gr}{min} \right)$

ω = Velocidad angular del eje porta cuchillas $\left(\frac{rev}{min} \right)$

Entonces reemplazando datos se obtiene:

$$\dot{m} = \frac{166.67 \left(\frac{gr}{min} \right)}{2500 \left(\frac{rev}{min} \right)}$$
$$\dot{m} = 0.0667 \left(\frac{gr}{rev} \right)$$

3.1.1 Cálculo número de cuchillas

Con la capacidad de corte calculada se asume que cada cuchilla deberá triturar $\tilde{m} = 0.018 \left(\frac{gr}{rev}\right)$ por lo que con la siguiente ecuación se determina el número de cuchillas necesarias.

$$\#Cuchillas = \frac{\dot{m}}{\tilde{m}} \quad (3.2)$$

Reemplazando los datos obtenemos el número de cuchillas:

$$\begin{aligned} \#Cuchillas &= \frac{0.0667 \left(\frac{gr}{rev}\right)}{0.018 \left(\frac{gr}{rev}\right)} \\ \#Cuchillas &= 3.705 \cong 4 \end{aligned}$$

Tenemos la conclusión que la cortadora tipo tazón deberá utilizar 4 cuchillas.

3.2 Diseño del tazón de la máquina

3.2.1 Densidad de la carne de res

Al no encontrar datos técnicos acerca de la carne de res, se procede a encontrar su densidad por medio de un ensayo experimental, que consiste en introducir diferentes masas de carne en un vaso precipitado con agua de volumen 1 (V_1), obteniendo así un volumen 2 (V_2) y mediante la diferencia de estos volúmenes encontrar el volumen de la carne. Para encontrar la densidad de la carne de res se utiliza la ecuación (3.2) y sus resultados se indican en la tabla 13.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.3)$$

Donde:

ρ : Densidad $\left(\frac{gr}{cm^3}\right)$

m : Masa (gr)

V : Volumen (cm^3)

Tabla 13. Ensayo experimental para obtener la densidad de la carne

CARNE DE RES					
Ensayo	Masa (gr)	$V_1 (cm^3)$	$V_2 (cm^3)$	$V = V_2 - V_1$ (cm^3)	Densidad ($\frac{gr}{cm^3}$)
1	92	300	390	90	1,022
2	84	300	380	80	1,050
3	64	300	360	60	1,067
4	48	300	350	50	0,960
5	74	300	370	70	1,057
PROMEDIO					1,031

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo.

3.2.2 Cálculo del volumen del tazón

La cantidad de masa mínima que debe contener el tazón es $m=10$ kg, a su vez se tiene el promedio de la densidad de la carne $\rho = 1.031 \left(\frac{gr}{cm^3}\right)$. Con estos datos se puede encontrar el volumen necesario que debe tener el tazón despejando V de la ecuación (3.3) y se obtiene:

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

Se transforma los 10kg a gr:

$$m = 10kg \times \frac{1000gr}{1kg} = 10000gr$$

Entonces se tiene que el volumen mínimo del tazón debe ser:

$$V = \frac{10000gr}{1.031 \left(\frac{gr}{cm^3}\right)}$$

$$V = 9699.321cm^3$$

Para fines de diseño se considera un volumen de $10000 cm^3$ y dado que el tazón tiene forma irregular se utiliza el software SolidWorks tomando en cuenta la ecuación (3.4) de un medio toro sólido.

$$V = \pi^2 \times R \times r^2 \quad (3.4)$$

Donde:

V = Volumen (cm^3)

R = Radio directriz (cm)

r = Radio generatriz (cm)

Asumiendo el radio directriz $R = 13.6cm$ y el radio generatriz $r = 10cm$ con el fin de conseguir un volumen mayor se obtiene:

$$V = \pi^2 \times (13.6 \text{ cm}) \times (10 \text{ cm})^2$$

$$V = 13422.66 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Mediante el software SolidWorks se reduce la altura del tazón hasta alcanzar el volumen de diseño como se indica en la fig. 12.

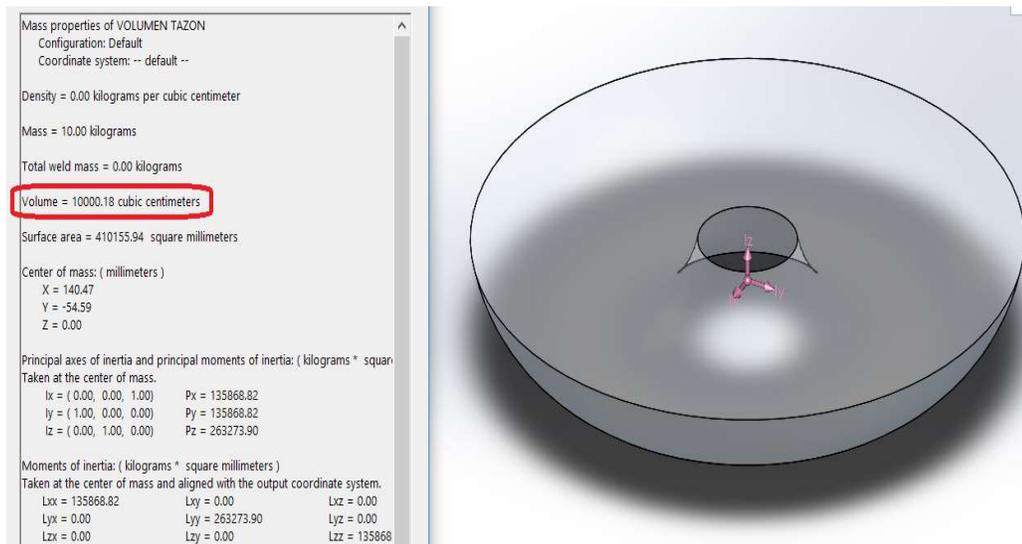


Fig. 12. Volumen del tazón giratorio

3.2.3 Análisis y simulación del tazón giratorio

En el software SolidWorks se procede a realizar las simulaciones estáticas de factor de seguridad y desplazamiento en el tazón giratorio como se indican en las fig.s 13 y 14 respectivamente aplicando la fuerza que ejerce el peso de la carne de res con un valor de 100N.

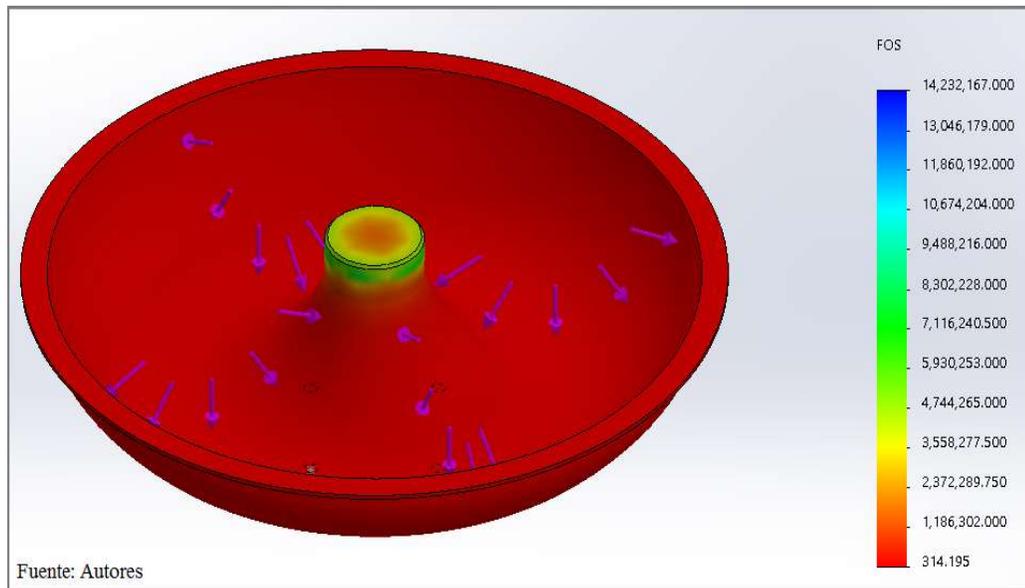


Fig. 13. Simulación factor de seguridad del tazón giratorio

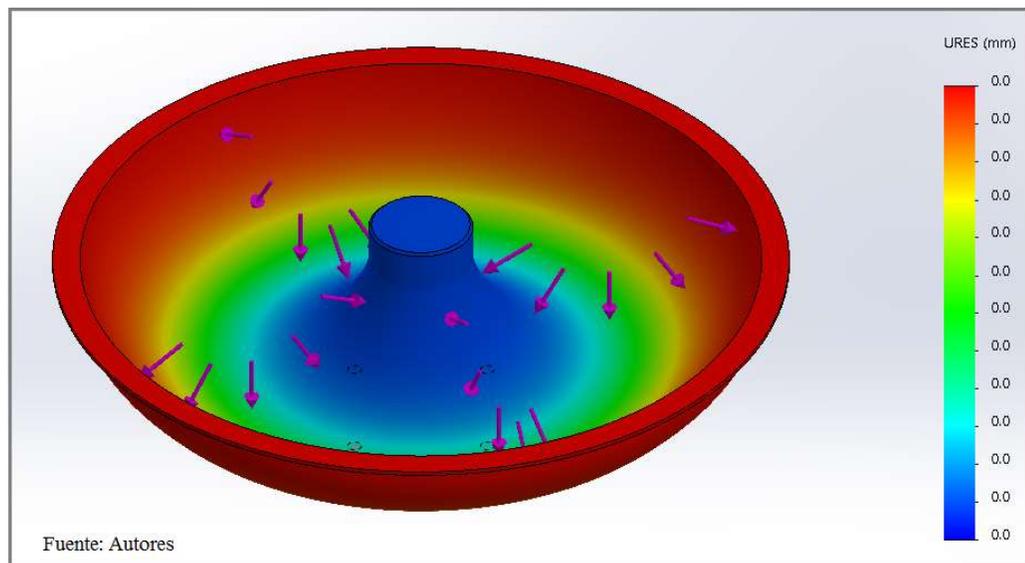


Fig. 14. Simulación de desplazamiento del tazón giratorio

En pocas palabras se puede decir que el tazón tiene un factor de seguridad alto y no tendrá desplazamiento debido a que la fuerza que ejerce la carne de res es mínima.

3.3 Fuerza necesaria para cortar carne de res

Por medio de un ensayo experimental que consiste en colocar diferentes bloques de carne de res en una balanza digital y mediante fuerza manual cortar la carne por medio de un cuchillo y sacar la fuerza resultante proporcionada por la balanza. Los elementos utilizados en el ensayo se los puede observar en el anexo 1.

Tabla 14. Ensayo experimental para obtener la fuerza necesaria de corte

CARNE DE RES A 3°C				
Ensayo	Bloques (Kg)	Fuerza aplicada (Kgf) en la balanza	Conversión a Newton	Fuerza Total (N)
1	0,66	4,88	9,81	47,87
2	0,38	4,65	9,81	45,62
3	0,24	3,73	9,81	36,58
4	0,21	3,57	9,81	35,06
5	0,20	2,76	9,81	27,06
6	0,57	4,59	9,81	45,03
7	0,36	4,56	9,81	44,72
PROMEDIO				40,28

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo

En promedio se tiene una fuerza de 40N, sin embargo, con el fin de garantizar la trituración sin ningún inconveniente se duplica el valor a 80N.

3.4 Selección del motor

Considerando que es una máquina para manipulación de alimentos es necesario utilizar un motor eléctrico por todas las ventajas que poseen.

3.4.1 Cálculo del torque para el motor

Es necesario conocer el torque que ejercen las cuchillas en el eje utilizando la ecuación (3.5), puesto que la fuerza necesaria de corte $F_c = 80N$ y la distancia que se asume es $d = 115mm$ que existe del centro de la cuchilla a la punta de la misma.

$$T_1 = F_c \times d \quad (3.5)$$

Donde:

T_1 = Torque en la cuchilla (N.m)

F_c = Fuerza de corte (N)

d = Distancia (m)

Se transforma la distancia a m:

$$d = 95mm \times \frac{1m}{1000mm}$$
$$d = 0.095 (m)$$

Reemplazando valores en la ecuación (3.5) se obtiene:

$$T_1 = 80N \times 0.0095m$$
$$T_1 = 7.6 (N.m)$$

De igual forma se encuentra el torque necesario para hacer girar el tazón a 30 r.p.m. considerando la inercia $I = 0.48 (kg.m^2)$ dato tomado del software SolidWorks y la aceleración angular, en este caso es $\alpha = 3.1416 \frac{rad}{s^2}$ por consiguiente se utiliza la siguiente ecuación:

$$T_2 = I \times \alpha \quad (3.6)$$

Donde:

T_2 = Torque del tazón (N.m)

I = Inercia del tazón

α = Aceleración angular $\left(\frac{rad}{s^2}\right)$

$$T_2 = 0.48 (kg.m^2) \times 3.1416 \left(\frac{rad}{s^2}\right)$$
$$T_2 = 1.51 (N.m)$$

3.4.2 Cálculo de la potencia para el motor

Conociendo los torques que se pretende utilizar en el sistema de corte de la máquina se procede al cálculo de las potencias con la siguiente ecuación:

$$P = T \times \omega \quad (3.7)$$

P = Potencia (Hp)

T = Torque (N.m)

ω = Velocidad angular (r.p.m.)

3.4.2.1 Potencia eje porta cuchillas:

Se transforma la velocidad angular a $\left(\frac{rad}{s}\right)$:

$$\omega = 2500 \frac{rev}{min} \times \frac{2\pi rad}{1rev} \times \frac{1min}{60s}$$
$$\omega = 261.8 \left(\frac{rad}{s}\right)$$

Reemplazando valores en la ecuación (3.7) se obtiene:

$$P_1 = 7.6 (N.m) \times 261.8 \left(\frac{1}{s}\right)$$
$$P_1 = 1989.68 (w)$$

Transformando la potencia a Hp:

$$P_1 = 1969.68 (w) \times \frac{1Hp}{746 (w)}$$
$$P_1 = 2.67 (Hp)$$

3.4.2.2 Potencia tazón:

Para el tazón se considera alcanzar una velocidad angular de $\omega = 30$ r.p.m. y reemplazando datos se consigue:

$$\omega = 30 \text{ r.p.m.} = 3.1416 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

$$T = 1.51 \text{ (N.m)}$$

$$P_2 = 1.51 \text{ (N.m)} \times 3.1416 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

$$P_2 = 4.744 \text{ (w)}$$

Transformando la potencia a (Hp):

$$P_2 = 4.744 \text{ (w)} \times \frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ (w)}}$$

$$P_2 = 0.0064 \text{ (Hp)}$$

Potencia total:

$$PT = P_1 + P_2$$

$$PT = 2.67 + 0.0064$$

$$PT = 2.6764 \text{ (Hp)}$$

Por lo general se aproximaría la potencia a 3Hp, pero en vista que la microempresa tiene un motor de 5Hp en excelentes condiciones y con el fin de reducir gastos se reutiliza el motor.

3.4.3 Características del motor a utilizar

Las características principales del motor de marca WEQ se indican en la tabla 15:

Tabla 15. Motor monofásico de inducción

Motor monofásico de inducción - Rotor de jaula			
Línea de producto	: W22 Monofásico		
Carcasa	: 132S		
Potencia	: 5HP (3.7 KW)		
Polos	: 4		
Frecuencia	: 60Hz		
Tensión nominal	: 220/440 V		
Corriente nominal	: 23.2/11.6 A		
Corriente de arranque	: 169/84.7 A		
Rotación nominal	: 1745 r.p.m.		
Torque nominal	: 20.41 N.m (2.08 kgf.m)		
Torque de arranque	: 340%		
Torque máximo	: 250%		
Factor de servicio	: 1.15		
Temperatura ambiente	: -20°C hasta 40°C		
Potencia:	50%	75%	100%
Rendimiento (%):	71.5	78.6	80.5

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo.

3.5 Diseño del sistema de transmisión de potencia

Para realizar el diseño por bandas y poleas se toma en cuenta los datos principales del motor seleccionado como son potencia 5 Hp y velocidad angular 1745 r.p.m.

3.5.1 Cálculos y selección de bandas en V

Para la selección de la banda se debe tener presente la potencia de diseño la cual se calcula a partir de la ecuación (3.8).

$$P_d = P \times \text{factor de servicio} \quad (3.8)$$

Donde:

P_d= Potencia de diseño (Hp)

P= Potencia de entrada (Hp)

Conociendo que la máquina es una trituradora de carne y trabajará de 6 a 15 horas diarias se obtiene un factor de servicio de **1.4**.

Sustituyendo datos se tiene:

$$Pd = 5 (Hp) \times 1.4$$

$$Pd = 7 (Hp)$$

Considerando la potencia de diseño calculada se selecciona la banda 3V como se indica en la fig. 15.

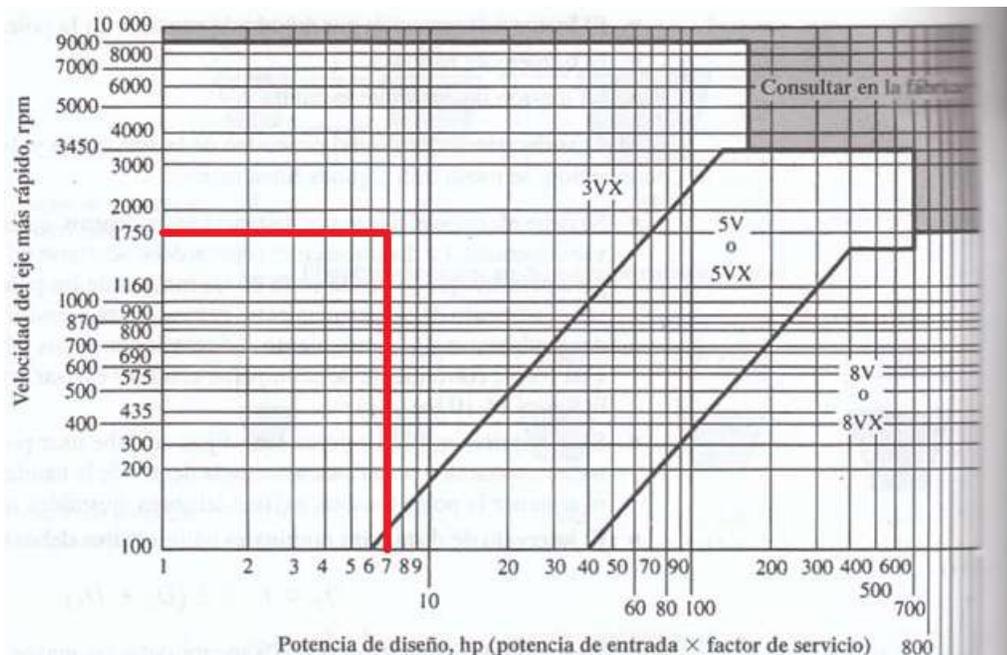


Fig. 15. Gráfica de selección de banda [17]

3.5.2 Cálculo de polea motriz

Para el cálculo de las poleas se debe tener en cuenta la velocidad de banda, la cual debe estar en el rango entre 1000 a 5000 $\left(\frac{\text{pies}}{\text{min}}\right)$ para evitar problemas [18]. Estimando que la máquina no es de gran tamaño se selecciona una velocidad de banda de 1900 $\left(\frac{\text{pies}}{\text{min}}\right)$ para conseguir poleas concierne al diseño.

El diámetro de la Polea motriz se calcula despejando la ecuación (3.9).

$$Vb = \frac{D_1 \times \omega_1}{2} \quad (3.9)$$

Despejando se tiene:

$$D_1 = \frac{2 \times Vb}{\omega_1}$$

Donde:

D_1 = Diámetro polea motriz (mm)

Vb = Velocidad de banda $\left(\frac{m}{min}\right)$

ω_1 = Velocidad angular motriz $\left(\frac{rad}{min}\right)$

Se transforma:

$$Vb \left(\frac{pies}{min}\right) \rightarrow \left(\frac{m}{min}\right):$$

$$Vb = 1900 \frac{pies}{min} \times \frac{1m}{3.28 pies}$$

$$Vb = 579.27 \left(\frac{m}{min}\right)$$

$$\omega_1 \left(\frac{rev}{min}\right) \rightarrow \left(\frac{rad}{min}\right):$$

$$\omega_1 = 1745 \frac{rev}{min} \times \frac{2\pi rad}{1rev}$$

$$\omega_1 = 10964.16 \left(\frac{rad}{min}\right)$$

Reemplazando datos se tiene:

$$D_1 = \frac{2 \times \left(579.27 \frac{m}{min}\right)}{10964.16 \frac{rad}{min}}$$

$$D_1 = 0.1056 (m) = 105,6 (mm)$$

Se selecciona un tamaño estándar de polea motriz dentro de un catálogo llegando a la conclusión que la polea motriz tendrá $D_1 = 106$ (mm).

3.5.3 Cálculo de poleas conducidas desde polea motriz

Conociendo la velocidad angular del motor, el diámetro de la polea motriz y las velocidades angulares a las que se estima llegar se procede con el cálculo de los diámetros de las poleas conducidas a partir de la ecuación (3.10) y sus resultados se indican en la tabla 16.

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (3.10)$$

Donde:

i = relación de transmisión

ω_1 = Velocidad angular inicial (r.p.m.)

ω_2 = Velocidad angular final (r.p.m.)

D_1 = Diámetro polea conductora (mm)

D_2 = Diámetro polea conducida (mm)

Tabla 16. Cálculo diámetro poleas conducidas desde polea motriz

Polea conducida	Velocidad angular inicial ω_1 (r.p.m.)	Velocidad angular final deseada ω_2 (r.p.m.)	Relación de transmisión i	Diámetro $D_2 = i \times D_1$ (mm)	Diámetro estándar (mm)
Eje porta cuchillas	1745	2500	0.698	73.988	75
Eje de entrada reductor	1745	900	1.938	205.43	200

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo

Con los diámetros estándar de las poleas se vuelve a calcular la relación de transmisión y la velocidad angular final despejando ω_2 de la ecuación (3.10):

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i}$$

Los resultados de la relación de transmisión y velocidad angular final se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Velocidades angulares con poleas estándar

Polea conducida	Diámetro polea motriz	Diámetro estándar	Relación de transmisión i	Velocidad angular final ω_2 (r.p.m.)
Eje porta cuchillas	106	75	0.71	2457.74
Eje de entrada reductor	106	200	1.88	924.85

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo

3.5.4 Reductor de velocidad

Con la necesidad de bajar la velocidad angular y realizar un cambio de posición en el eje de salida se toma en consideración un reductor de velocidad ortogonal con relación de transmisión de $i = 20$. Además, conociendo la velocidad angular de entrada que es $\omega_1 = 924.85$ r.p.m. se procede a calcular la velocidad angular de salida.

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i}$$

$$\omega_2 = \frac{924.85 \text{ r.p.m.}}{20}$$

$$\omega_2 = 46.24 \text{ (r.p.m.)}$$

3.5.5 Cálculo de poleas a partir de la salida del reductor de velocidad

Con la necesidad que el tazón gire a 30 r.p.m. se implementa otro sistema de transmisión por poleas que permita llegar a la velocidad angular deseada. Se selecciona una polea en el eje de salida de 75mm acorde al diseño y la polea conducida se procede a calcular con la ecuación (3.10).

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

$$i = \frac{46.24 \text{ r.p.m.}}{30 \text{ r.p.m.}}$$

$$i = 1.54$$

$$D_2 = D_1 \times i$$

$$D_2 = 75 \text{ (mm)} \times 1.54$$

$$D_2 = 115.5 \text{ (mm)}$$

Por catálogo se selecciona una polea conducida para el eje de la paila de $D_2 = 118$ (mm) y se recalcula la relación de transmisión y la velocidad final en el eje del tazón.

$$i = \frac{D_2}{D_1}$$

$$i = \frac{118 \text{ mm}}{75 \text{ mm}}$$

$$i = 1.57$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i}$$

$$\omega_2 = \frac{46.24 \text{ (r.p.m)}}{1.57}$$

$$\omega_2 = 29.45 \text{ (r.p.m)}$$

Nota: La selección de poleas se puede observar en el anexo 2 [27].

3.5.6 Cálculo de longitud de bandas

Para el cálculo de longitud de bandas es necesario conocer el intervalo de distancias nominales entre centros con la ecuación (3.11) mientras que la longitud de banda se proporciona con la ecuación (3.12).

$$D_2 < C < 3(D_2 + D_1) \quad (3.11)$$

$$L = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C} \quad (3.12)$$

3.5.6.1 Longitud primera banda

La longitud de la primera banda se da entre la polea motriz y la polea del eje porta cuchillas por lo que sustituyendo datos se obtiene que su intervalo de distancias es:

$$75 < C < 3(75 + 106)$$

$$75 < C < 543$$

Con la intención que la distancia entre centros sea acorde para el diseño de la máquina se define un $C= 485\text{mm}$ y sustituyendo datos en la ecuación (3.12) se procede a calcular la longitud de banda necesaria.

$$L = 2(485) + 1.57(75 + 106) + \frac{(75 - 106)^2}{4(485)}$$

$$L = 1254.66 \text{ (mm)} = 1.254 \text{ (m)}$$

3.5.6.2 Longitud segunda banda

La longitud de la segunda banda se proporciona entre la polea motriz y la polea del eje de entrada al reductor, por lo tanto, se sustituye datos y se obtiene el intervalo de distancias.

$$200 < C < 3(200 + 106)$$

$$200 < C < 918$$

La distancia entre centros que se elige es $C= 353$ y reemplazando datos en la ecuación (3.12) se alcanza una longitud de banda de:

$$L = 2(353) + 1.57(200 + 106) + \frac{(200 - 106)^2}{4(353)}$$

$$L = 1192.67 \text{ (mm)} = 1.192 \text{ (m)}$$

3.5.6.3 Longitud de tercera banda

La longitud de la tercera banda se da entre la polea ubicada en el eje de salida del reductor y el eje de giro del tazón, por consiguiente, se encuentra el intervalo de distancias.

$$118 < C < 3(118 + 75)$$

$$118 < C < 579$$

Se selecciona $C=172$ y se encuentra la longitud de banda.

$$L = 2(172) + 1.57(75 + 118) + \frac{(118 - 75)^2}{4(172)}$$

$$L = 649.69 \text{ (mm)} = 0.6496 \text{ (m)}$$

3.6 Cálculo de fuerzas en las poleas

Es necesario conocer las fuerzas que actúan en cada polea como se indican en la fig. 16 para el diseño y cálculo de esfuerzos en los ejes, por lo cual las fuerzas y torques se determinaran a partir de las siguientes ecuaciones:

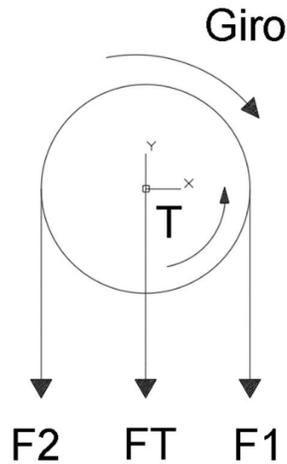


Fig. 16. D.C.L. en una polea

$$T = T_{inicial} \times i \tag{3.13}$$

$$F_N = \frac{T}{r} \tag{3.14}$$

$$F_{total} = 1.5 \times F_N \tag{3.15}$$

Donde:

F_{total} = Fuerza flexionante sobre el eje (N)

F_N = Fuerza impulsora neta (N)

r = radio de polea (m)

Es indispensable conocer el torque del motor es así que de la ecuación (3.7) se despeja el torque.

$$T = \frac{P}{\omega}$$

Datos del motor:

$$P = 5 \text{ (HP)} = 3730 \text{ (w)}$$

$$\omega = 1745 \text{ (r.p.m.)} = 182.736 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

Reemplazando datos se llega que el torque en el motor es:

$$T = \frac{3730 \text{ (w)}}{182.736 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)}$$

$$T = 20.41 \text{ (N.m)}$$

3.6.1 Torque y fuerza en polea del eje porta cuchillas.

$$T_A = T_{\text{motor}} \times i$$

$$T_A = 20.41 \text{ (N.m)} \times 0.71$$

$$T_A = 14.49 \text{ (N.m)}$$

$$F_N = \frac{T_A}{r}$$

$$F_N = \frac{14.49 \text{ (N.m)}}{0.0375 \text{ m}}$$

$$F_N = 386.4 \text{ (N)}$$

$$F_A = 1.5 \times F_N$$

$$F_A = 1.5 \times 386.46 \text{ (N)}$$

$$F_A = 579.6 \text{ (N)}$$

3.6.2 Torque y fuerza en polea del eje de entrada al reductor de velocidades.

$$T_B = T_{motor} \times i$$
$$T_B = 20.41 (N.m) \times 1.88$$
$$T_B = 38.37 (N.m)$$

$$F_N = \frac{T_B}{r}$$
$$F_N = \frac{38.37 (N.m)}{0.1 m}$$
$$F_N = 383.71 (N)$$

$$F_B = 1.5 \times F_N$$
$$F_B = 1.5 \times 387.8 (N)$$
$$F_B = 575.56 (N)$$

Esta polea tiene una inclinación de 13 grados por lo tanto se procede a sacar sus fuerzas en sus respectivos ejes.

$$F_{Bz} = F_B \times (\cos 13^\circ)$$
$$F_{Bz} = 575.56 (N) \times (\cos 13^\circ)$$
$$F_{Bz} = 560.8 (N)$$

$$F_{By} = F_B \times (\sin 13^\circ)$$
$$F_{By} = 575.61 (N) \times (\sin 13^\circ)$$
$$F_{By} = 129.47 (N)$$

3.6.3 Torque y fuerza en polea del eje de salida del reductor de velocidades.

$$T_C = T_B$$
$$T_C = 38.37 (N.m)$$

$$F_N = \frac{T_C}{r}$$

$$F_N = \frac{38.37 (N.m)}{0.0375 m}$$

$$F_N = 1023.2 (N)$$

$$F_C = 1.5 x F_N$$

$$F_C = 1.5 x 1023.2 (N)$$

$$F_C = 1534.8(N)$$

3.6.4 Torque y fuerza en polea del eje del tazón.

$$T_D = T_C x i$$

$$T_D = 38.37 (N.m) x 1.57$$

$$T_D = 60.24 (N.m)$$

Al estar conectada la polea C con la polea D van a tener la misma fuerza neta y la fuerza flexionante por lo tanto $F_C = F_D$.

3.7 Diseño y cálculo de ejes

Para el diseño y cálculo de ejes el material a utilizar es el acero AISI 304 con las siguientes propiedades.

- Resistencia de fluencia (Sy) = 241 MPa = 35 Ksi
- Resistencia a la tensión (Su) = 586 MPa = 85 Ksi

Conociendo la condición de la superficie del eje que es maquinado o estirado en frío y la resistencia a la tensión, se puede determinar la resistencia a la fatiga (Sn) mediante la fig. 17.

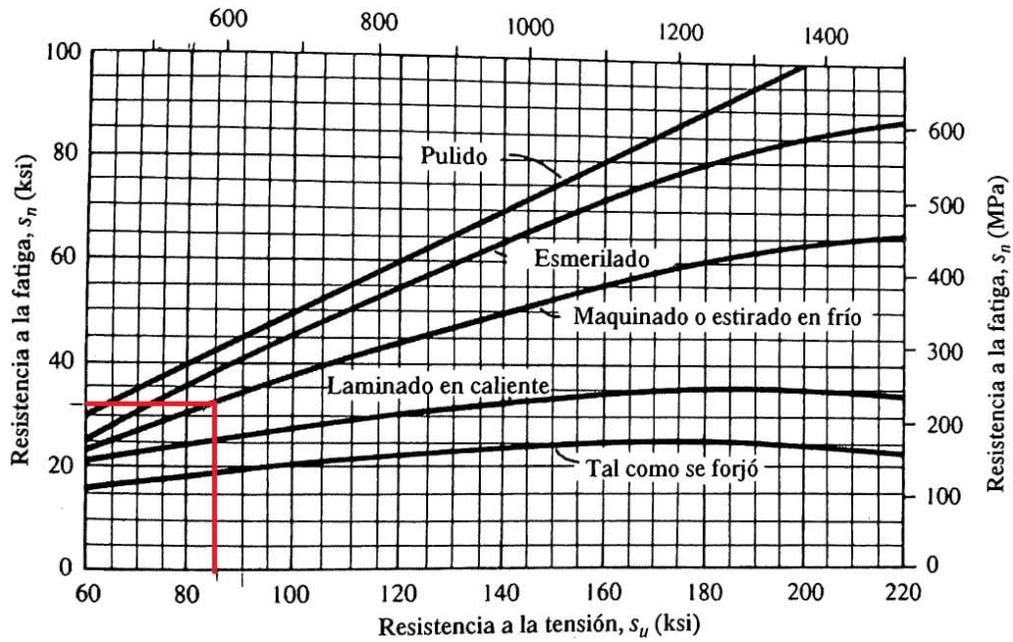


Fig. 17. Resistencia a la fatiga acero AISI 304 [17]

Entonces se determina que la resistencia a la fatiga del material es $S_n = 33 \text{ (Ksi)} = 227.53 \text{ (MPa)}$ y con este dato se puede determinar la resistencia real a la fatiga con la siguiente ecuación:

$$\hat{S}_n = S_n \times C_s \times C_R \times C_m \quad (3.16)$$

Donde:

\hat{S}_n = Resistencia real a la fatiga estimada (MPa)

S_n = Resistencia a la fatiga del material (MPa)

C_s = Factor de tamaño

C_R = Factor de confiabilidad

C_m = Factor del material

Factores que intervienen en la resistencia a la fatiga tomados del libro de Mott [17]:

$C_s = 0.85$

$C_R = 0.81$

$C_m = 1$

Reemplazando datos en la ecuación (3.18) se obtiene:

$$\acute{S}n = [227.53 \times 0.85 \times 0.81 \times 1] Mpa$$

$$\acute{S}n = 156.65 (MPa)$$

3.7.1 Diseño de eje porta cuchillas

Es necesario calcular las fuerzas sobre los apoyos en los planos de acción correctos de modo que en la fig. 18 se indica todas las fuerzas que actúan sobre el eje.

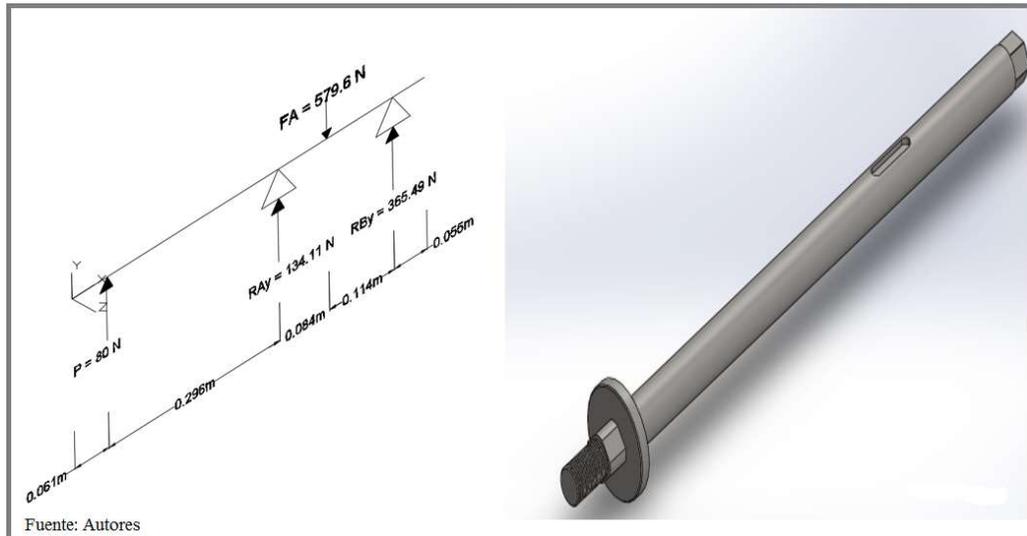


Fig. 18. D.C.L. eje porta cuchillas

El eje contiene fuerzas solo en el plano vertical (XY), con las reacciones determinadas en los apoyos se procede a realizar los diagramas de corte y de momentos como se observa en la fig. 19.



Fig. 19. Diagrama de corte y momento del eje porta cuchillas

El momento de flexión máximo es $M= 41.66$ (N.m).

Con la siguiente ecuación se puede determinar el diámetro del eje

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\left[\frac{K_t M}{S_n} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (3.17)$$

Donde:

N = Factor de seguridad

K_t = Factor de diseño para chaveta

M = Momento de flexión (N.m)

T = Torque (N.m)

En este caso el eje porta cuchillas estará sometido a grandes esfuerzos, por esta razón se elige un factor de seguridad $N=4$ conteniendo un cuñero de perfil para la polea.

Torque: $T= 14.49$ (N.m)

Factor de seguridad $N= 4$

Cuñero de perfil $K_t= 2$.

$$D = \left[\frac{32(4)}{\pi} \sqrt{\left[\frac{2(41.66)}{(156.65 \times 10^6)} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{14.49}{(241 \times 10^6)} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 0.028 \text{ (m)} = 28 \text{ (mm)}$$

Existiendo diámetros de ejes estandarizados en el mercado ecuatoriano se elige un eje macizo de $1 \frac{1}{4}$ de pulgada o de 31.75 (mm).

3.7.2 Diseño del eje de entrada al reductor

Las fuerzas presentes en el eje de entrada al reductor son ilustradas en la fig. 20 mediante un diagrama de cuerpo libre.

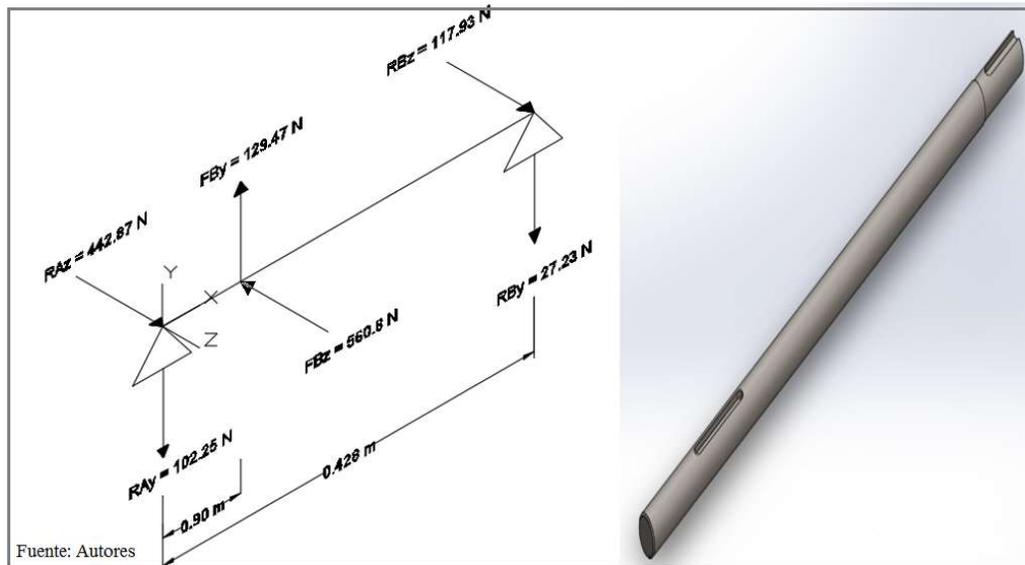


Fig. 20. D.C.L. eje de entrada al reductor

Con las fuerzas calculadas en los apoyos se puede determinar el momento de flexión máximo al que estará sometido el eje por tanto en la fig. 21 se ilustra el diagrama de corte y de momentos en los planos vertical y horizontal.

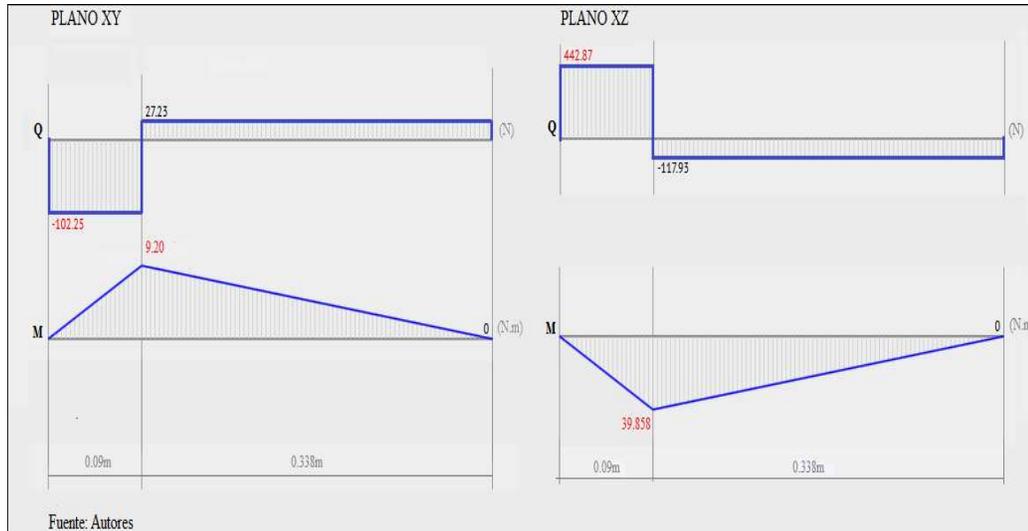


Fig. 21. Diagrama de corte y momentos en el eje de entrada al reductor

Al tener fuerzas en el plano vertical y horizontal se debe analizar el punto crítico en los diferentes planos, por lo tanto, se utiliza la siguiente ecuación para determinar el momento de flexión máximo:

$$M = \sqrt{M_{xy}^2 + M_{xz}^2} \quad (3.18)$$

$$M = \sqrt{(9.20 \text{ Nm})^2 + (38.858 \text{ Nm})^2}$$

$$M = 39.93 \text{ (N.m)}$$

Además, el eje de entrada al reductor cuenta con los siguientes datos:

Torque: $T = 14.49 \text{ (N.m)}$

Factor de seguridad $N = 1.2$

Cuñero de perfil $K_t = 2$.

Sustituyendo datos en la ecuación (3.16) se obtiene:

$$D = \left[\frac{32(1.2)}{\pi} \sqrt{\left[\frac{2(39.93)}{(156.65 \times 10^6)} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{38.37}{(241 \times 10^6)} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 0.01861 \text{ (m)} = 18.61 \text{ (mm)}$$

Se elige un eje macizo estándar de $\frac{3}{4}$ de pulgada o de 19.05mm

3.7.3 Análisis y simulación del eje de salida del reductor

Dado que el diámetro del eje de salida del reductor es 25.4mm se simula el eje estáticamente con una fuerza de 1534.8 (N) que es generada por la polea que va conectada en el eje. Así pues, en la fig. 22 se ilustra la simulación de factor de seguridad.

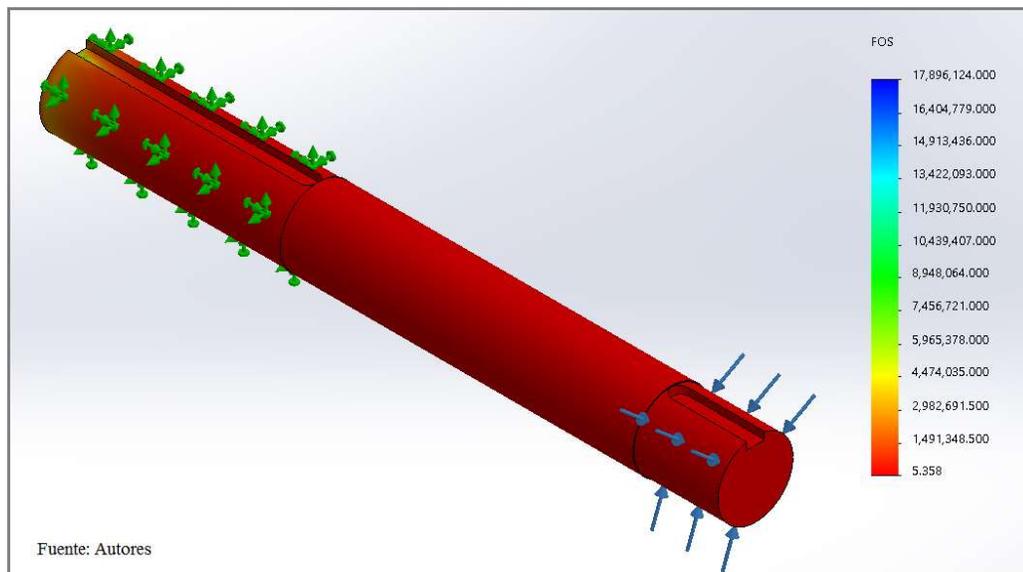


Fig. 22. Simulación factor seguridad eje de salida del reductor

Con factor de seguridad mínimo de 5.3 se puede concluir que el eje es seguro para su funcionamiento.

En cambio, en la fig. 23 se ilustra la simulación de desplazamiento en la que se observa que el eje tendrá un desplazamiento máximo de 0.030mm que no afecta al eje.

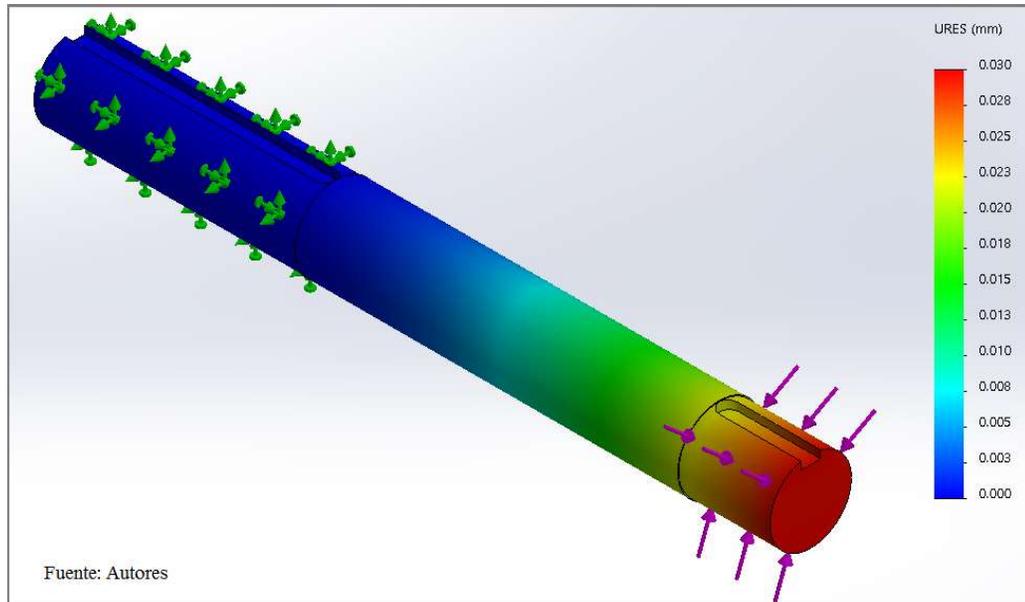


Fig. 23. Simulación de desplazamiento del eje de salida del reductor

3.7.4 Análisis y simulación del eje del tazón

Para el eje del tazón se consideró un diámetro de 25.4mm considerando las fuerzas que actúan en el mismo como la que genera la polea de $F= 1534.8$ (N) y la carga distribuida que debe hacer rotar $F= 498.64$ (N). En a fig. 24 se ilustra la simulación estática de factor de seguridad.

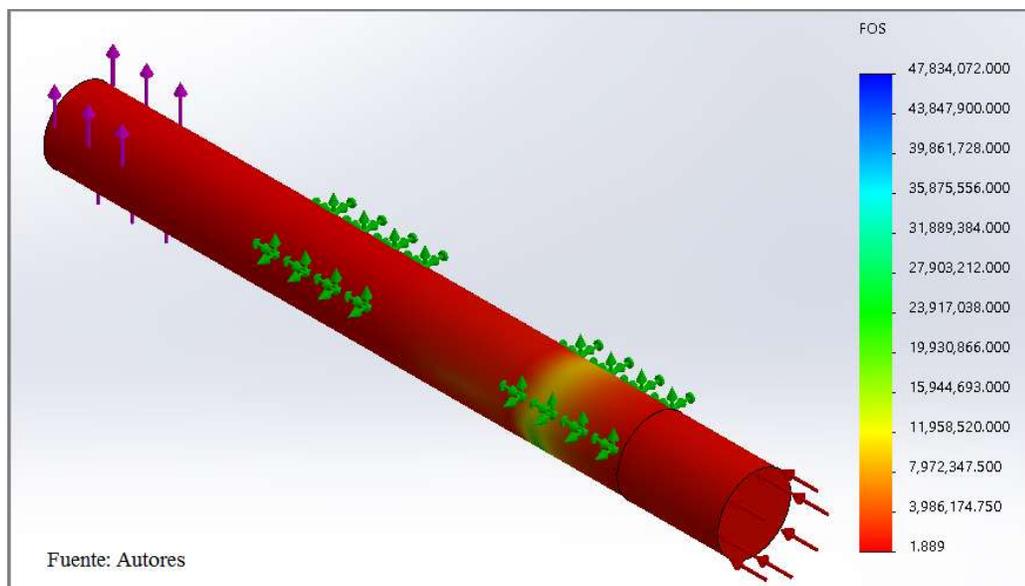


Fig. 24. Simulación factor seguridad eje del tazón

Además, en la fig. 25 se ilustra la simulación de desplazamiento del eje del tazón concluyendo que su desplazamiento máximo es de 0.052mm el cual no altera al eje.

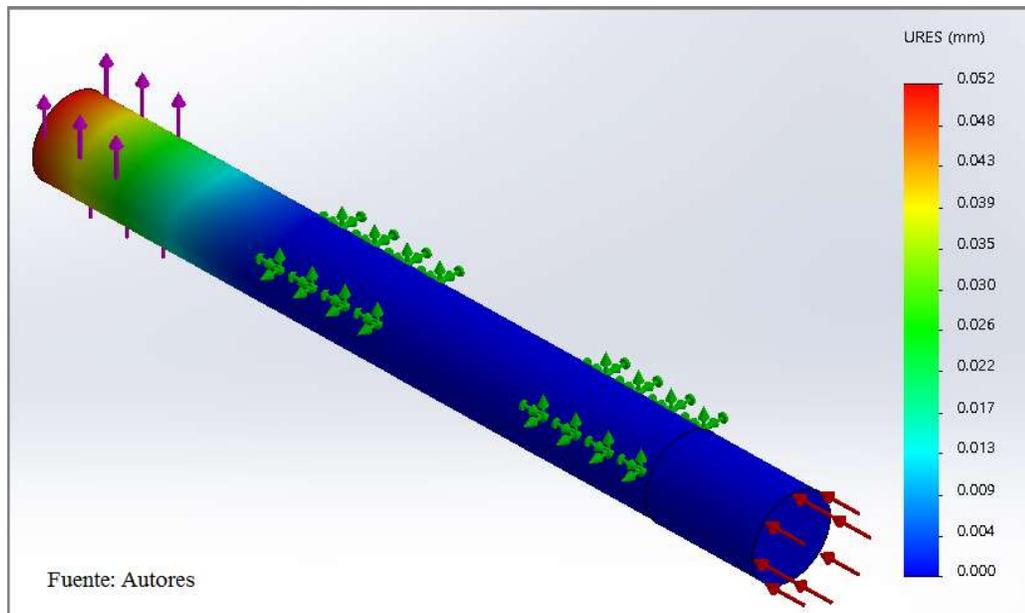


Fig. 25. Simulación de desplazamiento eje del tazón

3.8 Diseño de cuchillas de corte

Dado que las cuchillas deben ser de calibre elevado se toma como referencia el sistema Unger para su diseño en el software SolidWorks obteniendo las simulaciones estáticas de factor de seguridad y desplazamiento como se indican en las figs. 26 y 27 respectivamente.

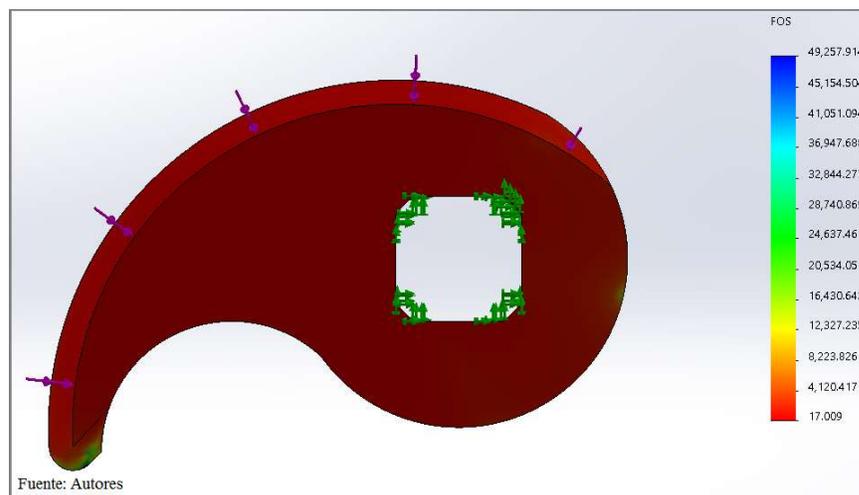


Fig. 26. Simulación factor seguridad cuchilla de corte

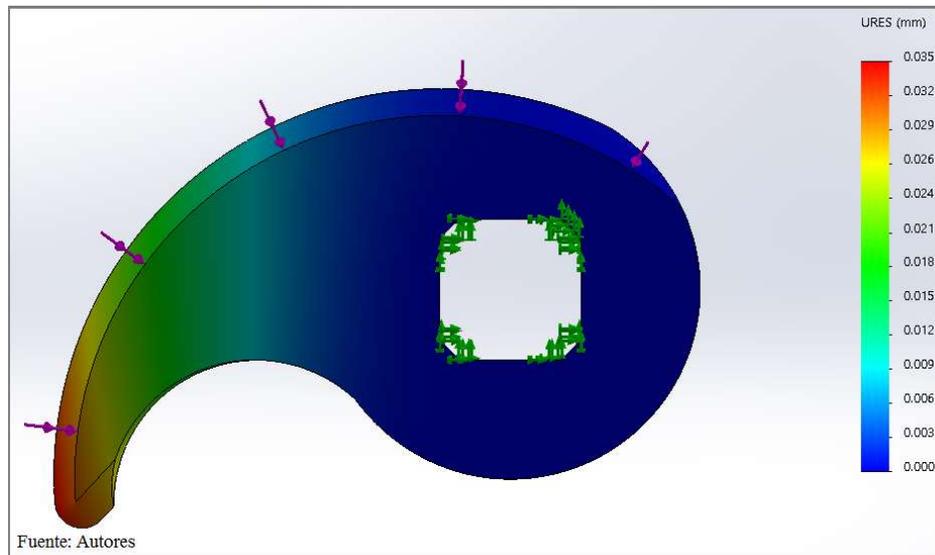


Fig. 27. Simulación de desplazamiento cuchilla de corte

Se puede concluir que las cuchillas son óptimas para realizar el trabajo de trituración en la máquina debido a que poseen un factor de seguridad elevado y su desplazamiento es insignificante.

3.9 Diseño y selección de chavetas y chaveteros

Para el diseño de chavetas se define el material AISI 1045 siguiendo la norma DIN 6885 ideal para chavetas cuadradas con extremos redondos y rectangulares.

Con los diámetros establecidos en los ejes se procede a seleccionar el tamaño nominal de la chaveta como se indica en la tabla 18, véase también el anexo 3 [28].

Tabla 18. Tamaño de chaveta en función del diámetro del eje

Nombre	Diámetro		Ancho [W]	Altura [H]
	(plg)	(mm)	(mm)	(mm)
Eje porta cuchillas	1 1/4	31.75	10	8
Eje entrada al reductor	3/4	19.05	6	6
Eje salida del reductor	1	25.4	8	7
Eje de tazón	1	25.4	8	7

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo

Para determinar la longitud mínima de la chaveta se utiliza las siguientes ecuaciones utilizando el modo de falla de corte de la interface eje-cubo:

$$\tau_d = \frac{0.5 S_y}{N} \quad (3.19)$$

$$L = \frac{2T}{\tau_d DW} \quad (3.20)$$

Donde:

τ_d = Esfuerzo cortante de diseño $\left(\frac{N}{m^2}\right)$

N = Factor de seguridad

L = Longitud mínima de chaveta y chavetero (mm)

T = Torque en el eje (N.m)

D = Diámetro de eje (mm)

W = Ancho nominal de la cuña (mm)

Para aplicaciones industriales típicas las chavetas mantienen un factor de seguridad de N=3 y el esfuerzo de fluencia del material AISI 1045 es $S_y = 310 \text{ Mpa}$ (45000psi), reemplazando datos en la ecuación (3.19) se obtiene:

$$\tau_d = \frac{0.5 \times (310 \text{ MPa})}{3}$$

$$\tau_d = 51.66 \text{ Mpa}$$

Con el dato del esfuerzo cortante de diseño se procede a calcular la longitud de la chaveta y chavetero con la ecuación (3.20).

Longitud eje porta cuchillas:

T = 14.49 (N.m)

W = 10 (mm) = 0.01 (m)

D = 31.75 (mm) = 0.03175 (m)

$$L = \frac{2 \times 14.49(N.m)}{(61.66 \times 10^6 \frac{N}{m^2})(0.03175 m)(0.01 m)}$$

$$L = 0.00176 (m) = 1.76 (mm)$$

Con la ecuación (3.20) aplicada a cada uno de los ejes se consigue las demás longitudes las cuales se muestran en la tabla 19.

Tabla 19. Longitud de chavetas y chaveteros

Nombre	Tipo de cubo	Diámetro de eje	Longitud mínima	Longitud seleccionada
		(mm)	(mm)	(mm)
Eje porta cuchillas	POLEA	31.75	1.76	28
Eje entrada al reductor	POLEA	19.05	12.99	32
Eje salida del reductor	POLEA	25.4	7.31	28
Eje de tazón	POLEA	25.4	11.47	28

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo

Las longitudes de cada chaveta son por elección de diseño considerando el ancho del cubo que en este caso son las poleas.

3.10 Selección de cojinetes

La selección de cojinetes se lo realiza principalmente por el diámetro del eje, pero es necesario conocer la capacidad de carga básica que soportara los rodamientos de bolas con un funcionamiento de 1000h al año aplicando la siguiente ecuación:

$$C = P_d \times \frac{fl}{fn} \quad (3.21)$$

Donde:

C: Capacidad de carga dinámica básica (N)

P_d = Carga de diseño (N)

fl = Factor de duración

fn = Factor de velocidad

Los factores de velocidad y de duración son tomados del anexo 5 [17], por lo tanto en la tabla 20 se muestran todos los resultados aplicando la ecuación (3.21).

Tabla 20. Cálculo de capacidad de carga dinámica básica en rodamientos de bolas

Nombre	fl	fn	P_d	C
			(N)	(N)
Eje porta cuchillas	1.23	0.24	579.6	2970.45
Eje entrada al reductor	1.23	0.33	575.56	2145.27
Eje de tazón	1.23	1.05	1534.8	1797.91

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo.

3.11 Diseño de la estructura

En la fig. 28 se ilustra la forma final de la estructura de la cortadora tipo tazón.

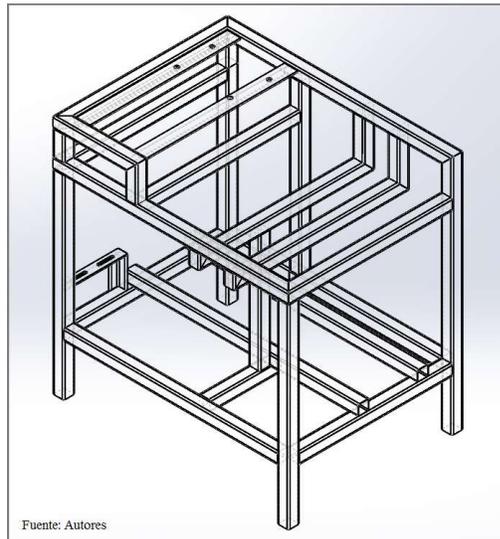


Fig. 28. Forma final de la estructura

Para el diseño de la estructura se selecciona un tubo cuadrado de 40 x 40 x 1.5 véase anexo 5 [29] y se analizan las vigas que soportan la mayor cantidad de carga, en este caso las vigas soportaran el peso del tazón más el peso de la carne de res.

$$W_T = W_t + W_c \quad (3. 22)$$

Donde:

W_T = Peso total (N)

W_t = Peso tazón (N)

$W_c =$ Peso carne (N)

Conociendo el peso del tazón y el peso de la carne se sustituyen datos en la ecuación (3.22).

$$W_T = 400.54 \text{ N} + 98.1 \text{ N}$$

$$W_T = 498.64 \text{ (N)}$$

En la fig. 29 se muestra el peso total como carga distribuida en una viga para el análisis de momento y fuerza cortante.

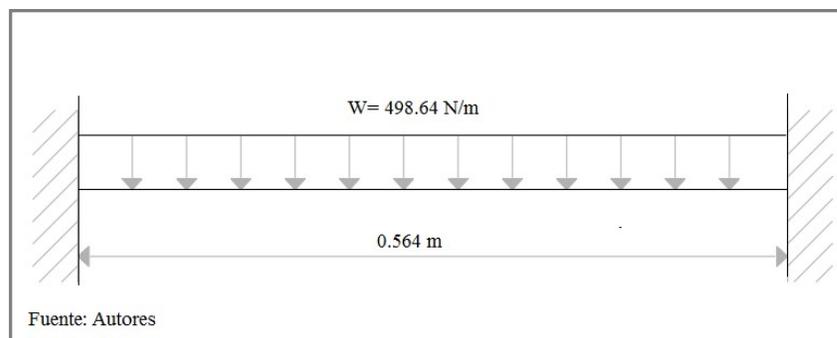


Fig. 29. Viga con mayor cantidad de carga

En la fig. 30 se procede a representar los diagramas de corte y momento de la viga que soporta la mayor cantidad de carga.

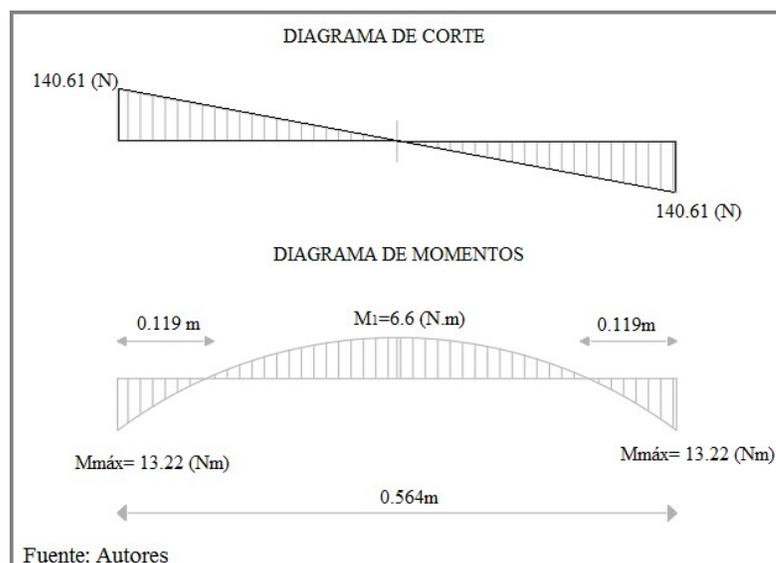


Fig. 30. Diagrama de corte y momentos de la viga

También se puede encontrar el momento máximo con la siguiente ecuación:

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{W_T \times l}{12} \quad (3.23)$$

$$M_{m\acute{a}x} = 498.64 \left(\frac{N}{m} \right) \times 0.564 (m)$$

$$M_{m\acute{a}x} = 13.22 (N.m)$$

Con el momento máximo y tomando el módulo elástico del anexo 6 se determina con la ecuación (3.24) el esfuerzo de deflexión al que va a estar sometido la viga.

$$\sigma_b = \frac{M_{m\acute{a}x}}{S_x} \quad (3.24)$$

Donde:

σ_b = Esfuerzo a deflexión (MPa)

$M_{m\acute{a}x}$ = Momento máximo (N.m)

S_x = Modulo elástico de la sección (m^3)

Sustituyendo datos tenemos:

$$\sigma_b = \frac{13.22 (N.m)}{2.75 \times 10^{-6} m^3}$$

$$\sigma_b = 4807272.72 (Pa)$$

$$\sigma_b = 4.8 (MPa)$$

Al conocer que el esfuerzo de fluencia del ASTM A 500 es 320 MPa y el esfuerzo a deflexión de la viga es inferior se puede decir que el material para la estructura es factible.

3.11.1 Análisis de soldadura

Para el análisis de uniones soldadas se considera las propiedades mecánicas principales del electrodo E-6011 las cuales son:

- Esfuerzo de fluencia (S_y)= 424 MPa
- Esfuerzo máximo de tracción (S_u)= 495 MPa

Conociendo que el esfuerzo a deflexión de la viga que soporta mayor cantidad de carga es $\sigma_b = 4.8$ (MPa) y el límite de fluencia del electrodo es 424 MPa se concluye que los cordones de soldadura no fallaran.

CAPITULO 4

ANÁLISIS DE COSTOS Y MANUAL DE MANTENIMIENTO

En el capítulo actual se analizan los costos tanto directos como indirectos que influyen en la construcción de la máquina y se procede a elaborar un manual para su adecuado mantenimiento.

4.1 Análisis de costos

El objetivo de este análisis es establecer el costo final de fabricación de la cortadora tipo tazón dentro de la cual se consideran los siguientes aspectos.

Costos directos:

- Costo de utilización de máquinas herramientas
- Costo de materia prima
- Costo de insumos
- Costo de mano de obra

Costos indirectos:

- Costo de diseño
- Costos materiales indirectos
- Gastos imprevistos

4.1.1 Costo de utilización de máquinas herramientas

El costo de utilización de una máquina-herramienta se calcula de acuerdo al tiempo en el que se usa una máquina (hora/máquina). En la tabla 21 se indica el costo de hora por máquina y las horas utilizadas en cada una de ellas.

Tabla 21. Costo por utilización de máquinas

Proceso	Horas utilizadas	Valor hora (\$)	Costo total (\$)
Mecanizados	20	10	200
Soldadura	24	6.25	150
Doblado y barolado	16	8	128
		TOTAL	478,00

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo.

4.1.2 Costos de insumos

Los elementos normalizados se encuentran fácilmente en el mercado y no tienen la necesidad de ser modificados. En la tabla 22 se indica el costo detallado de cada elemento.

Tabla 22. Costo de insumos

Elemento	Descripción	Cant.	Costo total (\$)
Perno hexagonal inoxidable 304	3/8" x 1,1/2" -1	10	2,56
Tuerca hexagonal inoxidable 304	1" -1	1	4,50
	3/8" -1	4	1,00
Anillo plano inoxidable 304	PL 3/8" -1	8	0,40
Anillo de presión inoxidable 304	P 3/8" -1	8	0,20
Chumacera de piso UCP 205	1"	2	52,00
Chumacera de piso UCP 204	3/4"	1	12,00
Chumacera de pared UCF 204	1"	2	48,00
Caja reductora NMRV205	i/20	1	238,00
Motor eléctrico monofásico	5HP 1750RPM	1	482,00
Cuchilla ALI CUT 04V	INOX 420	4	230,00
Tazón giratorio	Capacidad 10kg	1	252,00
Polea aluminio tipo 3V	Ø 200	1	48,00
	Ø 118	1	36,00
	Ø 106	1	42,00
	Ø 75	2	64,00
Banda tipo 3V	44"	1	27,00
	38"	1	22,00
	22"	1	17,00
TOTAL			1578.66

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo

4.1.3 Costo de materia prima

La materia prima es el material que se adquiere para el conformado de los elementos requeridos por la máquina.

Tabla 23. Costos materia prima

Elemento	Dimensiones	Cant. / Peso (kg)	Precio unid. (\$)	Costo total (\$)
Plancha inoxidable 304-2B	MATE (1220 x 2420 x 0.7) mm	2	48	96
Plancha inoxidable 304-2B	(800 x 500 x 4) mm	10.14kg	6,15	62.35
Barra redonda inoxidable AISI 304	Ø 1 1/4"	3.89 kg	6,15	23.9
	Ø 1"	1.85 kg	6,15	11.35
	Ø 3/4"	1.49 kg	6,15	9.18
Tubo cuadrado ASTM A500	(40 x 40 x 1.5) mm	3	11.50	34.5
			TOTAL	237.28

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo.

4.1.4 Costo de mano de obra

El costo de mano de obra consiste en el monto que cobra el operario de la máquina o el instalador eléctrico por hora (costo/hora) en fabricar el o los elementos establecidos.

Tabla 24. Costo mano de obra

Descripción	Horas	Valor (\$)	Costo total (\$)
Instalación eléctrica	1	32	32,00
Mano de obra	74	2.41	178.34
		TOTAL	210.34

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo.

4.1.5 Costos totales directos

En la tabla 25 se indica el valor total de los costos directos.

Tabla 25. Costos directos totales

Denominación del costo	Cantidad	Costo total (\$)
Materia prima	1	237,28
Elementos normalizados	1	1.578,66
Maquinados	1	478,00
Mano de obra	1	210,34
	TOTAL	2.504,28

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo.

4.1.6 Costo de diseño

Para el costo de diseño se toma en cuenta el tiempo dedicado por el ingeniero, la dificultad del diseño y la disponibilidad de la máquina en el mercado. Para este diseño se tomará una utilidad del 15%.

Costo de diseño= Costo directo total por el % de utilidad

Costo de diseño= 375,00

4.1.7 Costos materiales indirectos

En la tabla 26 se muestran los materiales indirectos utilizados con sus respectivas características.

Tabla 26. Costos materiales indirectos

Descripción	Cant.	Precio unitario (\$)	Costo total (\$)
Grata circular lisa	1	6,25	6,25
Lijas # 80	2	5,00	10,00
Rueda flap	3	2,50	7,50
Gas argón	1	200,00	200,00
Electrodos de tungsteno	8	8,00	64,00
Acido de soldadura	1	10,00	10,00
Disco de corte 1 mm	10	3,00	30,00
Disco de desbaste	2	5,00	10,00
		TOTAL	337,75

4.1.8 Gastos imprevistos

Los gastos imprevistos son aquellos que se dan durante la realización de la maquina como por ejemplo transporte de la materia prima. En la tabla 27 se puede observar los diferentes gastos imprevistos.

Tabla 27. Gastos imprevistos

Descripción	Cant.	Precio unitario (\$)	Costo total (\$)
Traslado de materiales	1	12,00	12,00
Uso de internet	12	0,50	6,00
Impresiones del documento	20	0,25	5,00
Energía eléctrica	1	20,00	20,00
Recarga móvil	1	25,00	25,00
Gasolina	12	2,98	35,76
Traslado de la maquina a Local Lucita carnes y embutidos.	1	25,00	25,00
		TOTAL	\$ 128,76

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo.

4.1.9 Costos totales indirectos

En la tabla 28 se presenta la sumatoria de los gastos indirectos.

Tabla 28. Costos totales indirectos

Denominación del costo	Cantidad	Costo total (\$)
Costo de diseño	1	375,00
Material indirecto	1	337,75
Otros gastos	1	128,76
	TOTAL	841,51

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo.

4.1.10 Costo total de la cortadora tipo tazón

En la tabla 29 se presenta el costo total de la máquina de la cortadora tipo tazón diseñado.

Tabla 29. Costo total de la cortadora tipo tazón

Costo	Cantidad	Costo total (\$)
Costos totales directos	1	2.504,28
Costos totales indirectos	1	841,51
TOTAL		3345,79

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo

4.2 Análisis financiero

El análisis financiero se realiza para conocer si el proyecto es viable en el aspecto económico y así la empresa pueda recuperar su inversión.

4.2.1 Estimación de ingresos anuales

Para la recuperación de la inversión por parte de la microempresa se estima los ingresos que generara la maquina durante 5 años como se indica en la tabla 30.

Tabla 30. Estimación de ingresos anuales

Año	Ingreso mensual (\$)	Ingreso anual (\$)
1	200	2400
2	200	2400
3	250	3000
4	250	3000
5	220	2640

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo

4.2.2 Análisis de la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

Es necesario determinar la tasa mínima aceptable de rendimiento para conocer si el proyecto es factible. Con la ecuación 4.1 se determina el TMAR.

$$TMAR = i + f + (i \times f) \quad (4.1)$$

Donde:

i = Premio al riesgo

f = Inflación en el Ecuador

Según el Banco Central del Ecuador la inflación de -0.21% anual de marzo del 2017 a marzo del 2018 y tomando en cuenta la deuda externa pública como % del PIB se toma un premio al riesgo de 20.40 %.

Por lo tanto, se procede a calcular el TMAR:

$$TMAR = 0.204 - 0.0021 - (0.204 \times 0.0021)$$

$$TMAR = 0.2014$$

$$TMAR = 20.14\%$$

4.2.3 Análisis del VAN y TIR

Para el cálculo del valor actual neto (VAN) se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} \quad (4.2)$$

Donde:

I_0 = Inversión inicial del proyecto

F_t = Flujos futuros

r = Tasa de retorno

t = Número de años

Mientras tanto para el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR) se obtiene con la ecuación 4.3.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0 \quad (4.3)$$

En la tabla 31, se muestra el cálculo del VAN, TIR y con una tasa de interés activa del 16% para consumo ordinario según el Banco Central del Ecuador.

Tabla 31. Cálculo del VAN y TIR

Años	Inversión (\$)	Egresos (\$)	Ingresos (\$)	Flujo efectivo (\$)	Valor presente (\$)
0	-\$ 3345.79			3345,79	3345,79
1		-500	2400	1900	1637.93
2		-500	2400	1900	1412.01
3		-500	3000	2500	1601.64
4		-500	3000	2500	1380.73
5		-500	2640	2140	1018.88
				VAN	\$ 3705.40
				TIR	55%

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo.

Como conclusión se puede decir que el proyecto es viable y satisface las expectativas de los interesados debido a que el TIR es mayor al TMAR y el VAN es superior a cero.

4.3 Manual de mantenimiento

Ejecutar un mantenimiento apropiado es indispensable para alargar la vida útil de la máquina y por lo tanto conservar un producto con excelente calidad.

Tabla 32. Manual de mantenimiento.

MANUAL DE MANTENIMIENTO	
CORTADORA TIPO TAZÓN (CUTTER)	
MANTENIMIENTO	SUGERENCIAS
DIARIO	<ul style="list-style-type: none"> -Limpiar las cuchillas de corte, el tazón y la tapa protectora del tazón después de cada jornada de trabajo utilizando los respectivos productos de limpieza. -Verificar que no quede ningún residuo de carne en el eje porta cuchillas. -Evite utilizar cepillos que dañen las superficies de la máquina.
SEMANAL	<ul style="list-style-type: none"> -Limpiar la estructura en general para que no quede ningún residuo de carne. -Evitar objetos extraños o desechos de la carne cerca de la máquina que puedan influir en el proceso o alterar la calidad del producto.
MENSUAL	<ul style="list-style-type: none"> -Mediante inspección visual revisar cada uno de los elementos de la máquina para constatar su respectivo funcionamiento. -Verificar que el motor eléctrico no se encuentre con suciedades. -Revisar que el cable de alimentación no este dañado, si es el caso reemplazarlo inmediatamente.
SEMESTRAL	<ul style="list-style-type: none"> -Verificar que las cuchillas estén correctamente afiladas si no es el caso afilarlas de manera correcta. -Inspeccionar mediante un calibrador que el eje del tazón y eje porta cuchillas no sufran ningún desgaste. -Revisar el estado de las bandas o cambiar a la primera señal de desgaste.

Elaborado por: Wilmer Aguirre & Santiago Bermeo

CONCLUSIONES

- La cortadora tipo tazón diseñada en este proyecto tiene como finalidad triturar 10 kg de carne de res en una hora como cantidad mínima hasta convertirla en carne molida o en pasta apta para el consumo humano y además puede triturar otros productos que tengan igual o menor densidad que la carne de res.
- El diseño de cada uno de los elementos de la cortadora tipo tazón se lo realizó mediante cálculos y en el software SolidWorks tomando en cuenta factores económicos, manufactura práctica, seguridad industrial y tiempo.
- El diseño y construcción de la cortadora tipo tazón está apegada a normas internacionales y al reglamento técnico INEN 131 de seguridad e higiene en manipulación de alimentos para preservar la vida humana y proteger el medio ambiente.
- El material seleccionado para el contacto directo con los alimentos es el acero inoxidable AISI 304 debido a sus propiedades mecánicas y su gran oferta en el mercado nacional.
- El costo obtenido en la ejecución del proyecto es \$ 3345.79, si bien parece un costo elevado al realizar el cálculo del valor actual neto (VAN) con \$ 3705.40 y la tasa de interés de retorno (TIR) con un 55% se considera que la máquina generará ganancias y satisface las expectativas de la microempresa "Lucita carnes y embutidos".

RECOMENDACIONES

- Revisar periódicamente los componentes de la cortadora tipo tazón principalmente los elementos que tienen una importante funcionalidad tales como cuchillas, el eje porta cuchillas, tazón y reductor, para garantizar un adecuado funcionamiento y conseguir una producción de alta calidad.
- Establecer un programa de inspección para bandas para protegerlos contra el envejecimiento y desgaste. Es importante reemplazar este elemento a la primera señal de deterioro.
- Las tareas de montaje, desmontaje y limpieza de sus elementos deben realizarse con la máquina parada es decir desconectada de su fuente de alimentación.
- La máquina debe limpiarse por lo menos una vez al día primordialmente las partes que están en contacto directa o indirectamente con la carne evitando usar herramientas que puedan dañar las superficies de los elementos.
- La producción de carne molida o en pasta depende del consumo diario del cliente, es por eso que se recomienda implementar un variador de velocidades que puede ser acoplado al motor de la cortadora para reducir o mantener la producción.

REFERENCIAS:

- [1] AENOR, “Maquinaria para el procesado de alimentos,” Madrid-España, 2010.
- [2] M. Á. Fernández, *Manual. Preelaboración y conservación de carnes, aves y caza (UF0065). Certificados de profesionalidad. Cocina (HOTR0408)*. Madrid: Editorial CEP S.L., 2017.
- [3] C. Márquez, *UF0354 - Elaboración de curados y salazones cárnicos*, 5th ed. España: Editorial Elearning, S.L., 2015.
- [4] M. J. Rodríguez, *Técnicas de embutición, embuchado y enmoldado de masas y piezas cárnicas: Guía práctica para el elaborador de productos cárnicos*. Vigo: Ideaspropias Editorial, 2005.
- [5] A. Mazorriaga Rama, R. Doménech González, and T. Mayordomo Feliu, *Preelaboración y conservación de carnes, aves y caza*. Ediciones Paraninfo, S.A., 2016.
- [6] USDA, “Información sobre Inocuidad de Alimentos,” 2011. [Online]. Available: https://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/4b1d037a-baef-45a3-962b-75b2514ef8b2/Beef_Farm_Table_SP.pdf?MOD=AJPERES. [Accessed: 31-Jan-2018].
- [7] T. V. Gaspar, S. del P. de la Calle, E. R. Moreno, J. M. A. Torres, and G. V. Moreiras, “Guía nutricional de la carne,” *Fund. española la Nutr.*, p. 23, 2012.
- [8] FAO, “Producción y Sanidad Animal,” 2015. [Online]. Available: http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_composition.html. [Accessed: 31-Jan-2018].
- [9] N. Z. Ballin, “Authentication of meat and meat products,” *Meat Sci.*, vol. 86, no. 3, pp. 577–587, 2010.
- [10] F. Lopez, *Preelaboracion y Conservacion de Alimentos*. Editorial Libros en Red, 2007.
- [11] E. Zamora, “Carnes Y Derivados,” 2001. [Online]. Available: <https://tematico8.asturias.es/export/sites/default/consumo/seguridadAlimentaria/seguridad-alimentaria-documentos/carnes.pdf>. [Accessed: 31-Jan-2018].
- [12] USDA, “Carne Molida de Res e Inocuidad de Alimentos,” 2013. [Online]. Available: <https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/informational/en-espanol/hojasinformativas/preparacion-de-las-carnes/enfoque-carne-molida-de-res/carne-molida-res>. [Accessed: 01-Mar-2018].
- [13] J. M. Pérez, *Hostelería: técnicas y calidad de servicio*. Ediciones Hotel, 2001.

- [14] A. Tovar, *Guía de procesos para la elaboración de productos cárnicos*. Bogotá: Convenio Andrés Bello, 2003.
- [15] INEN, *Seguridad e higiene de maquinaria para procesamiento de alimentos*. Quito, 2014, pp. 1–8.
- [16] M. A. Jasim, “Normas de calidad en la industria alimentaria a nivel europeo e internacional. Implantación, problemática y desarrollo.” Universidad de Granada, 2007.
- [17] R. L. Mott, *Diseño de elementos de máquinas*, 4th ed. México: Pearson/Educación, 2006.
- [18] R. G. Budynas and J. K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, 9th ed. Mc Graw Hill, 2012.
- [19] E. Castañeda, “Diseño higiénico del equipo de procesado de alimentos,” no. 2, pp. 303–383, 2010.
- [20] A. C. VANACLOCHA, *Diseño de industrias agroalimentarias*. Mundi-Prensa, 2004.
- [21] F. L. Alférez, J. J. Olaya, and J. H. Bautista, “Síntesis y evaluación de resistencia a la corrosión de recubrimientos de SiO₂-TiO₂-ZrO₂-BiO₂ sobre acero inoxidable 316L producidos por sol-gel,” *Boletín la Soc. Española Cerámica y Vidr.*, pp. 1–12, Mar. 2018.
- [22] M. A. Mato, *Carpintería de aluminio y PVC*, Ediciones. Madrid-España, 2018.
- [23] A. Wagner, “Libro blanco – Seguridad alimentaria,” *Festo AG & Co. KG*, 2015. [Online]. Available: http://www.festo.com/cms/es_es/16983.htm. [Accessed: 24-Apr-2018].
- [24] I. Llorca, “Los principios del diseño higiénico en el sector cárnico,” *AINIA*, 2017. [Online]. Available: <http://www.ainia.es/tecnoalimentalia/tecnologia/principios-basicos-higienico/>. [Accessed: 25-Apr-2018].
- [25] R. Soro, “El diseño higiénico de equipos e instalaciones como elemento clave para la inocuidad de alimentos,” España, 2015.
- [26] I. R. Cuadrado and J. L. Rueda, “Diseño y construcción de un molino de martillos,” 2009.
- [27] DINAMICA, “Polea Trapecial ciega,” 2010. [Online]. Available: http://www.dinamica.net/repositori/documents/productes/es/Polea_Trapecial.pdf. [Accessed: 01-Oct-2018].

- [28] JYM SOLDEVILLA S.L., “Dimensiones chaveteros y chavetas S/DIN 6885/1 - 6886 y 6887.” [Online]. Available: http://www.jymsoldevilla.net/archivos/upload/170810202921_chavet.pdf. [Accessed: 05-Oct-2018].
- [29] IPAC, “Tubería estructural cuadrada,” 2014. [Online]. Available: <http://www.ipac-acero.com/producto-detalle.php?id=9>. [Accessed: 02-Dec-2018].

ANEXOS

Anexo 1: Materiales para el ensayo de fuerza



Anexo 2: Selección de poleas

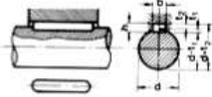
“PT” SPZ / Z / 3V																																			
FIGURAS Y DIMENSIONES																																			
				P (maciza)				D (rebajada)				R (conrredios)																							
Material: fundición DIN1691GG20-GG25 Tratamiento: fosfatada en negro																																			
				$d_w \leq 80$		$d_w > 80$		N° canales		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12			
				α		34°		38°		W		16		28		40		52		64		76		88		100		112		124		136		148	
Díametro primitivo	N° canales	Figura	M (mm)	L (mm)	Díametro primitivo	N° canales	Figura	M (mm)	L (mm)	Díametro primitivo	N° canales	Figura	M (mm)	L (mm)	Díametro primitivo	N° canales	Figura	M (mm)	L (mm)																
50	1	P	32	28	100	1	D	45	28	160	1	D	55	32																					
	2	P	35	35		2	D	50	35		2	D	60	40																					
	3	P	35	44		3	D	60	40		3	D	68	45																					
	4	P	35	56		4	P	65	56		4	D	68	52																					
4	P	35	56	5		P	68	68	5		D	80	60																						
56	1	P	32	28	106	1	D	45	28	180	1	D	55	32																					
	2	P	40	35		2	D	50	35		2	D	60	40																					
	3	P	42	44		3	D	60	40		3	D	68	45																					
	4	P	42	56		4	D	65	56		4	D	80	52																					
4	P	42	56	5		D	68	68	5		D	80	60																						
63	1	P	40	28	112	1	D	45	28	200	1	D&F	55	32																					
	2	P	40	35		2	D	50	35		2	D&F	65	40																					
	3	P	42	44		3	D	60	40		3	D&F	68	45																					
	4	P	42	56		4	D	68	52		4	D&F	80	52																					
4	P	42	56	5		D	68	60	5		D&F	80	60																						
71	1	P	40	28	118	1	D	45	28	224	1	3R	55	32																					
	2	P	48	35		2	D	50	35		2	3R	65	40																					
	3	P	50	44		3	D	60	40		3	3R	68	45																					
	4	P	50	56		4	D	68	52		4	3R	80	52																					
4	P	50	56	5		D	71	60	5		3R	80	60																						
75	1	P	40	28	125	1	D	45	28	250	1	3R	55	32																					
	2	P	50	35		2	D	50	35		2	3R	62	40																					
	3	P	50	44		3	D	60	40		3	3R	68	45																					
	4	P	50	56		4	D	68	52		4	3R	80	52																					

Anexo 3: Selección de chavetas y chaveteros

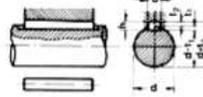


DIMENSIONES CHAVETEROS Y CHAVETAS

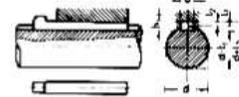
Según DIN – 6885/1 – 6886 – 6887



Chaveta paralela
S/DIN-6885/1



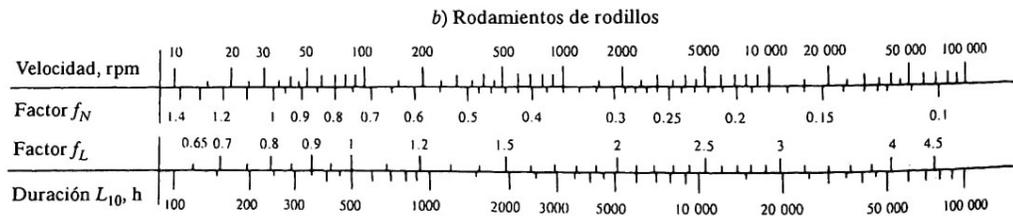
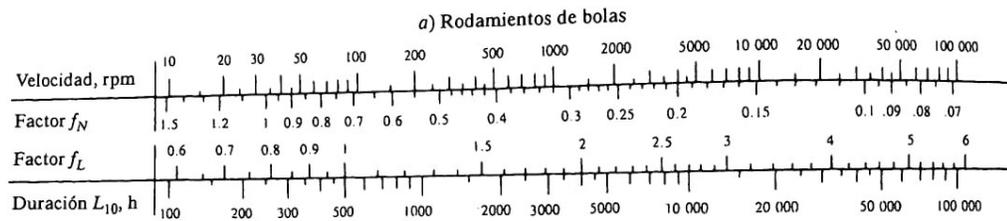
Chaveta de cuña
S/DIN-6886



Chaveta de cuña con cabeza
S/DIN-6887

Ø Eje d (mm) desde-hasta	Medidas chaveta b x h mm	Medidas del chavetero en el cubo				Medidas del chavetero en el eje para chavetas paralelas y de cuña		Medidas de los ejes en el cubo de la rueda	
		Chaveta paralela S/DIN 6885/1		Chaveta de cuña S/DIN 6886 y 6887		t ₁ m/m	Tol. admisible (en altura) m/m	Ø m/m desde- hasta	Tol. H-7 m/m
		d + t ₂ m/m	Tol. Admisible (en altura) m/m	d + t ₂ m/m	Tol. admisible (en altura) m/m				
17-22	6x6	d+2,6	+0,1	d+2,1	+0,1	3,5	+0,2	10-18	+0,018 0
22-30	8x7	d+3,0		d+2,4		4,1			
30-38	10x8	d+3,4	d+2,8	4,7	30-50	+0,025 0			
38-44	12x8	d+3,2	d+2,6	4,9					
44-50	14x9	d+3,6	d+2,9	5,5	50-80	+0,030 0			
50-58	16x10	d+3,9	d+3,2	6,2					
58-65	18x11	d+4,3	d+3,5	6,8	80-120	+0,035 0			
65-75	20x12	d+4,7	d+3,9	7,4					
75-85	22x14	d+5,6	d+4,8	8,5	120-180	+0,040 0			
85-95	25x14	d+5,4	d+4,6	8,7					

Anexo 4: Factores de velocidad y duración de rodamiento de bolas



Anexo 5: Características del tubo cuadrado (40x40x1.5)mm



Designaciones		Área	Peso	Propiedades Estáticas		
				Eje x-x = y-y		
				Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro
B	e	A	P	I	W	i
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,40	0,99	0,78	0,56	0,56	0,75
	1,50	1,05	0,83	0,58	0,58	0,75
	1,80	1,23	0,96	0,66	0,66	0,73
	2,00	1,34	1,05	0,70	0,70	0,72
25	1,40	1,27	1,00	1,16	0,93	0,95
	1,50	1,35	1,06	1,22	0,97	0,95
	1,80	1,59	1,25	1,39	1,11	0,94
	2,00	1,74	1,36	1,49	1,19	0,93
30	1,40	1,55	1,22	2,08	1,39	1,16
	1,50	1,65	1,30	2,20	1,47	1,15
	1,80	1,95	1,53	2,53	1,68	1,14
	2,00	2,14	1,68	2,73	1,82	1,13
40	1,40	2,11	1,66	5,18	2,59	1,57
	1,50	2,25	1,77	5,49	2,75	1,56
	1,80	2,67	2,09	6,39	3,19	1,55
	2,00	2,94	2,31	6,95	3,47	1,54
	2,50	3,59	2,82	8,23	4,12	1,51
	3,00	4,21	3,30	9,36	4,68	1,49
	4,00	5,35	4,20	11,18	5,59	1,45
50	1,40	2,67	2,10	10,42	4,17	1,97
	1,50	2,85	2,24	11,07	4,43	1,97
	1,80	3,39	2,66	12,95	5,18	1,96
	2,00	3,74	2,93	14,15	5,66	1,95
	2,50	4,59	3,60	16,96	6,78	1,92
	3,00	5,41	4,25	19,50	7,80	1,90
	4,00	6,95	5,45	23,84	9,54	1,85

Anexo 6: Proformas y facturas

MAP MECANICA INDUSTRIAL RUC 1704915337001
Mario David Pintado Bermeo **FACTURA**

Dirección: Carcelén Bajo B E8-25 Y H 001-001- 0001494
 Telf.: 280 3324 / QUITO - ECUADOR

AUTORIZACIÓN SRI 1115470777

DOCUMENTO CATEGORIZADO: NO

CLIENTE: Santiago Bermeo
 Dirección: Carcalén
 R.U.C./C.I.: 1715311393

Guía de Remisión: QUITO

CANT.	CONCEPTO	P. UNIT.	P. TOTAL
	Soldadura tubería	200 =	200 =
	Mecanismos	280 =	280 =
	Doblado de lámina	176 =	176 =

SON: 656 =
 DÓLARES: SUB-TOTAL

IVA 0 %
 IVA 12 %: 78,72
TOTAL FACTURA \$ 734,72 =

CEBON TITULAR MERY DEL BOSQUE IMPRESA ITALIAN RUC: 04034485001 AUTORIZACION 4130 ORIGINAL CLIENTE
 FECHA DE AUTORIZACION 28 JUNIO 2014 DEL 1451 AL 1550 VALIDO PARA SU EMISION HASTA 28 AGOSTO 2015 COPIA EMISOR

MAP MECANICA INDUSTRIAL RUC 1704915337001
Mario David Pintado Bermeo **FACTURA**

Dirección: Carcelén Bajo B E8-25 Y H 001-001- 0001526
 Telf.: 280 3324 / QUITO - ECUADOR

AUTORIZACIÓN SRI 1115470777

DOCUMENTO CATEGORIZADO: NO

CLIENTE: Santiago Bermeo
 Dirección: Carcalén
 R.U.C./C.I.: 1715311393

Guía de Remisión: QUITO

CANT.	CONCEPTO	P. UNIT.	P. TOTAL
1	Tazón en acero inoxidable TP 304	252 =	252 =

SON: 252 =
 DÓLARES: SUB-TOTAL

IVA 0 %
 IVA 12 %: 30,24
TOTAL FACTURA \$ 282,24 =

CEBON TITULAR MERY DEL BOSQUE IMPRESA ITALIAN RUC: 04034485001 AUTORIZACION 4130 ORIGINAL CLIENTE
 FECHA DE AUTORIZACION 28 JUNIO 2014 DEL 1451 AL 1550 VALIDO PARA SU EMISION HASTA 28 AGOSTO 2015 COPIA EMISOR

MANZANO NUÑEZ HILDA
 RUC: 1801835495001
 AV. GALO PLAZA LASSO Y DIEGO DE VASQUEZ

PROFORMA

No.: 0003457

Quito, 10 de Enero del 2019

Señor (es):
 CONSUMIDOR FINAL
 Dirección: S/D
 Telf.: 5120341

Tiempo de Entrega: 0 día(s) laborables Forma de pago: Efectivo
 Lugar de Entrega: Validez: 5 días Vendedor: VIVIANA
 Observación:

De mi consideración:

Reciba un cordial saludo de , ACEROS INDUSTRIALES al mismo tiempo pongo a su consideración la siguiente PROFORMA.

Código	Descripción	Cantidad	P.V.P.	Precio Total
7.PL304.0,7	AC. INOX. PLANCHA 304 0,7 MM	2.00	81.15000	124.89
7.PL304.4	AC. INOX. PLANCHA 304 4 MM	1.00	445.00000	342.43
23.CMB.PI.1	CHUMAC. CMB PISO 205-16 1"	2.00	5.72000	9.39
23.CMB.PI.3/4	CHUMAC. CMB PISO 204-12 3/4"	1.00	5.48000	4.50
23.CMB.PA.1"	CHUMAC. CMB PARED 205-16 1"	2.00	6.00000	9.85
12.TB.8X1	POLEA HIERRO FUN. 8" TIPO B 1	1.00	45.10000	37.03
12.TB.5X2	POLEA HIERRO FUN. 5" TIPO B 2	1.00	37.35000	30.66
12.TB.4X1	POLEA HIERRO FUN. 4" TIPO B 1	1.00	18.00000	14.78
12.TB.3X1	POLEA HIERRO FUN. 3" TIPO B 1	1.00	15.03000	12.24
54.BAN.B-44	BANDA MITSUBOSHI B-44	1.00	5.00000	5.00
54.BAN.B-38	BANDA MITSUBOSHI B-38	1.00	4.10000	4.10
54.BAN.B-28	BANDA MITSUBOSHI B-28	1.00	3.35000	3.35

La Cantidad de: SEISCIENTOS SETENTA DOLARES CON 12 CTVS	Descuento: 165.83 Subtot Exento: 0.00 Subtot Gravado: 598.32 Iva 12 %: 71.80 Total: 670.12
Atentamente, VIVIANA / 2806201 ACEROS INDUSTRIALES	

Anexo 7: Máquina en proceso de construcción



Anexo 8: Plano general

