



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE GRANMA
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Extensión "La Maná"

Trabajo de Diploma

En opción al título de Ingeniero Electromecánico

TÍTULO: DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE CEREALES DESTINADA A LA REPOSTERÍA DE PEQUEÑOS NEGOCIOS LOCALES.

Diplomante: Wilmer Javier Changoluisa Toaquiza.

Bayamo. M.N.
CURSO ACADÉMICO 2019-2020



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE GRANMA
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Extensión “La Maná”

Trabajo de Diploma

En opción al título de Ingeniero Electromecánico

TÍTULO: DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE CEREALES DESTINADA A LA REPOSTERÍA DE PEQUEÑOS NEGOCIOS LOCALES.

Diplomante: Wilmer Javier Changoluisa Toaquiza.

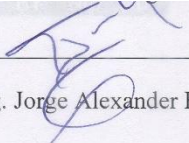

Tutor: MSc. Ing. Jorge A. Bosch Cabrera. Prof. Aux.

Jefe Disciplina Integradora: Dr.C. José Eduardo Márquez Delgado. Prof. Tit.

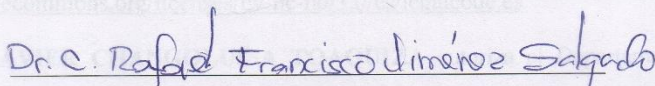
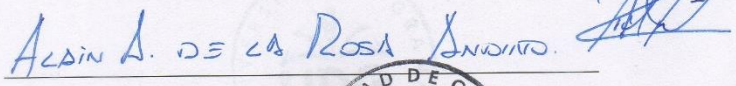
Bayamo. M.N.
CURSO ACADÉMICO 2019-2020


PÁGINA DE ACEPTACIÓN

Los abajo firmantes hacemos constar que el presente trabajo constituye la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Extensión “La Maná” en investigación realizada en Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Granma, Cuba; certificando que el mismo ha sido realizado según lo indicado en la GUÍA METODOLÓGICA PARA LA REDACCIÓN Y PRESENTACIÓN DE INFORMES DE TRABAJOS DE DIPLOMA Y PROYECTOS DE CURSO DEL INGENIERO MECÁNICO DE LA UNIVERSIDAD DE GRANMA; CUBA y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura.

 _____	 _____
MSc. Ing. Jorge Alexander Bosch Cabrera . Tutor	Dr.C. Ing. José Eduardo Márquez Delgado. Jefe Disciplina Integradora

Luego de estudiada la exposición del diplomante: **WILMER JAVIER CHANGOLUISA TOAQUIZA**, así como las opiniones del tutor y el oponente del presente trabajo de diploma, el tribunal emite la calificación de 5


 _____
Dr. C. Rafael Jiménez Salgado. Presidente del Tribunal Dr. C. Rafael Jiménez Salgado. Firma.
 _____
Secretario MSc. Yennys Cuscó Varona. Firma.
 _____
Vocal Dr. C. Alain Ariel de la Rosa Andino.



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Declaro que soy autor de este Trabajo de Diploma y que autorizo a la Universidad de Granma, a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente, ya sea parcial o totalmente, que además no podrá ser presentado sin la aprobación de dicha institución.

Firma:



WILMER JAVIER CHANGOLUISA TOAQUIZA.

WILMER JAVIER CHANGOLUISA TOAQUIZA autoriza la divulgación del presente trabajo de diploma bajo licencia Creative Commons de tipo Reconocimiento No Comercial Sin Obra Derivada, se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de las obras y no realice ninguna modificación de ellas. La licencia completa puede consultarse en: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es>

WILMER JAVIER CHANGOLUISA TOAQUIZA autoriza al Departamento de Ingeniería Mecánica adscrito a la Universidad de Granma, Cuba a distribuir el presente trabajo de diploma en formato digital bajo la licencia Creative Commons descrita anteriormente y a conservarlo por tiempo indefinido, según los requerimientos de la institución, en el repositorio de materiales didácticos disponible en:

<ftp://fct.udg.co.cu/Documentos/0-INGENIERIA%20MECANICA/TESIS/>

AGRADECIMIENTOS

Durante el tiempo que ha durado la carrera universitaria, he recibido el apoyo de una forma u otra de muchas personas quienes con su gentil ayuda han contribuido a llegar a cumplir unos de mis objetivos aunado a ello describo a personas que me han brindado sus conocimientos para hacer posible la culminación de este proyecto.

Agradecer al MSc. Ing. Jorge A. Bosch Cabrera. Prof. Aux, por haberme guiado en la realización de mi proyecto de titulación.

A mis hermanos que de una forma u otra me brindaron su apoyo y confianza teniendo así la oportunidad de salir y realizar mi proyecto de titulación en la hermana República de Cuba, donde conocí a personas nobles de gran corazón que me ayudaron siendo este el puente para lograr mi objetivo planteado al arribar en este país.

Al cuerpo de Ingenieros de la UTC Ext. La Maná por haber contribuido a obtener los documentos necesarios para salir de mi República del Ecuador, de igual forma a mis compañeros de clases que mediante el diario compartir en las aulas pedagógicas entablamos una gran amistad convirtiéndose en una gran hermandad durante los 5 años de estudio, donde se compartió momentos buenos y malos, pero con la bendición de dios se pudo llegar a la meta.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi – Extensión La Maná, por los conocimientos adquiridos en la formación como Ingeniero Electromecánico y a la Universidad de Granma por haberme dado la oportunidad de realizar mi proyecto de titulación.

DEDICATORIA

Dedicar este resultado a Dios todo poderoso, quien ha permitido pueda dedicarme y esforzarme a alcanzar mis metas, le agradezco por la salud de mi familia y amigos lo cual permitió concluir con satisfacción este sueño.

A mis padres, por haberme dado la vida, brindar su apoyo incondicional, labrarme el camino para que se hiciera posible mi incorporación ante la sociedad como Ingeniero Electromecánico.

A mi mujer e hijo que son pilares y motivaciones fundamentales en la labor diaria, a mis hermanos, por su apoyo en los momentos más difíciles en mi carrera lo que ha incidido en los logros que he alcanzado profesionalmente.

A la sociedad cubana por ser incondicional en mí desarrollo profesional, que me ha acompañado y apoyado en el alcanzar mis sueños. Siendo parte fundamental en mi crecimiento también como persona, ya que me han aceptado como parte de su familia.

Y quiero dedicarme a mí mismo por cumplir esta meta.

Muchas gracias a todos.

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo diseñar una mezcladora de cereales para pequeños negocios locales. Se realizó el diseño de la máquina mediante la aplicación de una matriz morfológica la cual permite la obtención de la solución por la combinación sistemática de un conjunto de conceptos posibles. De ellos, solo fueron analizados dos conceptos para realizar el diseño final, teniendo en cuenta las condiciones de funcionamiento de la máquina. El concepto seleccionado para la fabricación fue la variante de concepto 2, ya que esta cumple con los requerimientos funcionales para los cuales está concebida. Se realizaron cálculos de comprobación de algunos elementos del ensamble que por su condición eran necesarios como las chavetas. También fue seleccionado para la transmisión de la máquina un motor eléctrico acorde a las condiciones de la misma. Luego del cálculo manual se modelaron en el software de diseño mecánico SolidWorks 2014 todas las piezas de la máquina, además de utilizar el módulo de cálculo por elementos finitos con que cuenta el software, *Simulation*. También se realizó un análisis estático al asta de la máquina así como un estudio de pandeo, siendo el elemento que soporta la mayor parte de las cargas del sistema, encontrándose por debajo del límite elástico y estando el factor de seguridad en los niveles aceptables de fiabilidad del diseño. Se demuestra que el conjunto resiste a las cargas a las cuales estará sometida la máquina y teniendo un desplazamiento en el eje del asta considerado como despreciable para su destino de servicio.

ABSTRACT

This research aims to design a cereal mixer for small local businesses. The design of the machine was made by applying a morphological matrix which allows the solution to be obtained by the systematic combination of a set of possible concepts. Of them, only two concepts were analyzed to make the final design, taking into account the operating conditions of the machine. The concept selected for manufacturing was the variant of concept 2, since it meets the functional requirements for which it is designed. Check calculations were made for some elements of the assembly that were necessary due to their condition, such as the keys. Also it was selected for the transmission of the machine an electric motor according to the conditions of the same one. After the manual calculation, all the parts of the machine were modeled in the SolidWorks 2014 mechanical design software, in addition to using the finite element calculation module that the software has, Simulation. A static analysis was also made to the shaft of the machine as well as a buckling study, being the element that supports most of the loads of the system, being below the elastic limit and the safety factor being in the acceptable levels of reliability design. It is demonstrated that the assembly resists the loads to which the machine will be subjected and having a displacement in the axis of the shaft considered as negligible for its service destination.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LAS MÁQUINAS MEZCLADORAS.....	4
1.1. Introducción al Capítulo.....	4
1.2. Repostería.....	4
1.2.1. Principales operaciones en la pastelería.....	4
1.3. Los cereales y sus mezclas.....	5
1.3.1. Maíz.....	5
1.3.2. Soya.....	6
1.3.3. Trigo.....	6
1.4. Mezclado.....	8
1.5. Mezcladoras de cereales.....	9
1.5.1. Mezcladora de tambor.....	9
1.5.2. Mezcladora Horizontal.....	9
1.5.3. Mezcladora vertical.....	10
1.6. Diseño.....	11
1.7. Diseño en la ingeniería mecánica.....	12
1.8. El diseño mecánico.....	12
1.9. El diseño asistido por computadora (CAD).....	13
1.9.1. SolidWorks.....	14
1.10. Diseños de máquinas mezcladoras de cereales.....	15
1.11. Motor eléctrico.....	16
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS PARA EL DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE CERALES.....	18
2.1. Introducción al Capítulo.....	18
2.2. Procedimiento para diseñar una mezcladora de cereales.....	18
2.3. Cálculos para la selección del motor eléctrico de la mezcladora.....	19

2.3.1. Procedimiento para la selección del motor.	19
2.4. Comprobación de algunos elementos diseñados en la mezcladora.	20
2.5. Modelación de las piezas con sus dimensiones en el paquete de diseño CAD 3D.....	21
2.6. Ensamble del modelo de la estructura de la mezcladora.	22
2.7. Asignación de los materiales y sus propiedades mecánicas a los modelos de piezas.....	22
2.8. Análisis estructural del asta de la mezcladora.	24
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.	24
3.1. Introducción al Capítulo.	24
3.2. Estudio de la variante de diseño a utilizar para modelar el equipo.....	24
3.3. Cálculos para la selección del motor.	28
3.4. Comprobación de las chavetas diseñadas para las uniones árbol – cubo de la mezcladora.	31
3.5. Modelos de las piezas de la mezcladora de cereales.....	34
3.6. Asignación de los materiales y sus propiedades mecánicas a los modelos de piezas que conforman la mezcladora de cereales.	47
3.7. Análisis estructural del asta de la mezcladora.	50
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES.....	55
BIBLIOGRAFÍA	56

I. INTRODUCCIÓN

El origen de los dulces surge tras la necesidad de conservar por más tiempo los alimentos. A inicios del siglo XIX se concretan las bases de la pastelería en vista a que los pasteleros ya tenían un amplio repertorio de masas entre tradicionales y especialidades. Del mismo modo en esa época se crearon las primeras pastelerías yendo de la mano la con la evolución tecnológica de los utensilios, los que facilitaban varias operaciones en menos tiempo (Iza, 2018).

En Ecuador y especialmente en su capital, Quito se pueden encontrar varias pastelerías y dulcerías. El cantón la Maná de la provincia de Cotopaxi no está exento de esto pues en estudio realizado *online* demuestra que en un radio de 70 km alrededor de este cantón existen más de 20 negocios de repostería (Polo, 2014). Si se tiene en cuenta que en encuesta realizada a estos pobladores informan que el 49% consume postres una vez por semana, mientras que un 18% consume postres una vez cada 15 días, un 13% una vez por mes mientras que un 12% consume postres todos los días y solo 7% consume menos de una vez por mes (Polo, 2014).

Muchos de estos negocios no cuentan con la infraestructura necesaria para la elaboración y procesamiento de sus alimentos ya que la maquinaria especializada para ejecutar dichas labores tiene un costo por equipo para estas labores con un precio que oscila entre los 764,50 € y 1 461,50 € más el IVA (Maquinaria, 2016a), (Maquinaria, 2016c), (Maquinaria, 2016b), (Maquinaria, 2016d). La fabricación en el país con la tecnología de la industria ecuatoriana pudiera ser un incentivo para darle solución a esta problemática, poniéndole en las manos a los pequeños negocios un equipo mucho menos costosos que los importados de países primer mundista. Debido a esta problemática es necesario trazar una estrategia mediante la cual se puedan construir máquinas e infraestructura acordes a las necesidades del país y más específicamente acordes al sector de pequeños negocios locales para la elaboración de dichos productos. Debido a lo antes planteado es necesario obtener un diseño capaz de hacer más funcional dicho producto, reducir costos, adecuarlos a nuestras costumbres, normas de consumo y criterio de la población.

En la presente investigación se obtiene el diseño de una máquina de pequeño porte acorde a las condiciones de los pequeños negocios locales capaz de realizar las funciones de mezclado en el sector de la repostería, gremio tan demandado en la sociedad. La solución planteada a este problema también puede considerarse como una alternativa de desarrollo local ante las necesidades planteadas ya que no existe una producción a escala industrial de estos implementos en la industria

ecuatoriana. Teniendo en cuenta lo antes planteado el Dpto. de ing. Mecánica de la Universidad de Granma en conjunto con la Universidad Técnica de Cotopaxi y la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, extensión “La Maná” se han dado a la tarea de diseñar un prototipo de máquina para el sector de la repostería capaz de ser producida con materia prima nacional en empresas del territorio para que puedan ser aprobadas y fabricadas con este fin por lo que se plantea el siguiente **problema de investigación**:

¿Cómo obtener el diseño de un prototipo de máquina mezcladora de cereales destinada a los pequeños negocios locales de la repostería en el Ecuador?

Por los aspectos antes mencionados, esta investigación tiene por **objeto de estudio**: Una máquina mezcladora de cereales.

Donde se tiene como **campo de acción**:

Diseño estructural de una máquina mezcladora de cereales para pequeños negocios locales de la repostería en el Ecuador.

Por lo que se plantea la siguiente **hipótesis**:

Si se realiza un diseño estructural de una máquina mezcladora de cereales que cumpla con los requerimientos de los pequeños negocios locales de la repostería en el Ecuador se pueden mejorar los procesos de producción en el mundo de la repostería de dicho sector.

Siendo el **objetivo general**:

Diseñar estructuralmente una máquina mezcladora de cereales y sus partes para la producción en el mundo de la repostería de los pequeños negocios locales de la repostería en el Ecuador.

Para dar solución a esto, se plantearon los siguientes **objetivos específicos**:

1. Realizar estudio de las máquinas con funcionamientos similares.
2. Elaborar una variante de diseño acorde a las exigencias del cliente y las condiciones de la industria mecánica ecuatoriana.
3. Obtener la modelación, en un sistema CAD[a1] de las piezas principales de la mezcladora de cereales de la variante diseñada.
4. Realizar los cálculos para la selección del motor de la mezcladora diseñada.
5. Elaborar la documentación técnica de la mezcladora para cereales.

Para la ejecución de los objetivos específicos se trazaron las siguientes **Tareas de investigación:**

- Realizar una revisión bibliográfica sobre el proceso de mezclado de cereales.
- Trazar una variante de diseño acorde a las condiciones de fabricación de la empresa mecánica ecuatoriana utilizando una metodología de diseño.
- Modelar con el software de diseño mecánico SolidWorks 2014 los componentes principales de la estructura de la mezcladora de cereales.
- Seleccionar un motor acorde a las exigencias técnicas del equipo.
- Realizar a partir de la variante diseñada la documentación técnica de la estructura de la mezcladora de cereales.

Métodos de investigación:

- Método de modelación:

Método de modelación gráfica. La utilización de paquetes en computer-aided design (CAD) para el diseño del modelo de la estructura de la mezcladora de cereales en la presente investigación permitirán el estudio y su posterior análisis de los resultados expuestos en el informe final.

- Método histórico – lógico:

Se estudiaron los antecedentes en el tema teniendo en cuenta las investigaciones preliminares y sus respectivos resultados obtenidos reflejándolo en la bibliografía.

- Criterio de experto:

La programación de consultas con expertos en el tema para una correcta proyección de la investigación al aporte de datos a fin.

- Análisis y Síntesis.

La presente investigación se basa en el método de análisis ya que se estudiarán, revisarán y analizarán bibliografías correspondientes al tema, al igual que el software utilizado del que se realizará una síntesis para la elaboración del informe técnico correspondiente.

**CAPÍTULO I. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LAS MÁQUINAS
MEZCLADORAS.**

DESARROLLO

CAPITULO I. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LAS MÁQUINAS MEZCLADORAS.

1.1. Introducción al Capítulo.

En este capítulo se hará una breve descripción del mundo de la repostería así como los implementos necesarios para obtener estos alimentos, tanto en nuestro país como en el mundo. El estudio realizado permite conocer los tipos de máquinas para obtener las mezclas para elaborar estos dulces así como su manera de diseñarlas con materiales acordes a su destino de servicio.

1.2. Repostería.

La repostería, confitería o pastelería es el arte de preparar o decorar pasteles u otros postres. El término repostería es el que se utiliza para denominar al tipo de gastronomía que se basa en la preparación, cocción y decoración de platos y piezas dulces tales como tortas, pasteles, galletas, budines y muchos más (Wikipedia, 2017).

A partir de los primeros años del siglo XVIII, se consideró a la repostería como el arte de confeccionar pasteles, postres, dulces, turrone, helados y bebidas licorosas. Posteriormente, surge la tradición de la repostería doméstica que conocemos hoy en día, cuando los molineros logran obtener una harina fina de trigo libre del salvado que contenía anteriormente; con la cual por sus distintas características, se logra obtener una gran variedad de productos de repostería (Ensayos, 2013).

1.2.1. Principales operaciones en la pastelería.

En el siglo XIX en vistas de que ya los pasteleros tenían un amplio repertorio de masas entre tradicionales y especialidades, se crean las primeras pastelerías dando paso a la pastelería moderna yendo de la mano con la evolución tecnológica de los utensilios, aquellos que facilitaban varias operaciones en menor tiempo (Iza, 2018). Entre las técnicas tenemos las siguientes:

- El batido: Esta operación es muy importante y es considerada una de las más delicadas, pues tiene la función de incorporar aire al mismo tiempo ayuda a dar volumen y ligereza a las masas batidas.

- El amasado: Esta operación se puede realizar de dos maneras, de forma manual o con ayuda de máquinas amasadoras. Dicha operación consiste en incorporar ingredientes líquidos y sólidos, dando como resultado una masa homogénea.
- El mezclado: Es una técnica que ayuda a integrar todos los ingredientes de forma unificada, realizando movimientos envolventes de abajo hacia arriba, sin aportar volumen a la preparación.
- El tamizado: Mediante esta preparación es posible retirar impurezas, incorporar aire, integrar unificadamente los ingredientes secos (Iza, 2018).

1.3. Los cereales y sus mezclas.

Los cereales son gramíneos, herbáceos cuyos granos o semillas están en la base de la alimentación humana o del ganado, generalmente molidas en forma de harina. Los cereales contienen almidón, que es el componente principal de los alimentos humanos. El germen de la semilla contiene lípidos en proporción variable que permite la extracción de aceite vegetal de ciertos cereales. La semilla está envuelta por una cáscara formada sobre todo por la celulosa, componente fundamental de la fibra dietética. Algunos cereales contienen una proteína, el gluten, indispensable para que se forme el pan. Las proteínas de los cereales son escasas en aminoácidos esenciales como la lisina. El procesamiento de los cereales afecta a la composición química y al valor nutricional (esto quiere decir que su composición nutrimental es cambiada) de los productos preparados con cereales. Los nutrientes están distribuidos de modo heterogéneo en los distintos componentes del grano (germen, endospermo, revestimiento de la semilla y distintas capas que lo recubren). No existe un patrón uniforme para los distintos tipos de cereales (Nelson, 2003).

1.3.1. Maíz.

Este cereal está extendido como cultivo agrícola en todo el mundo sin embargo, su origen no se ha podido establecer con precisión. Existen teorías de que el maíz es originario de Asia o del valle Central de México o de los Altiplanos de Perú, Ecuador y Bolivia, no obstante se puede afirmar que el maíz ya se lo cultivaba en América Latina desde épocas precolombinas.

El maíz ocupa el tercer lugar en la producción mundial después del trigo y el arroz no solo por la facilidad de adaptación a diversas condiciones ecológicas y edáficas si no por los usos que detallamos a continuación en la figura 1.1, mismos que le confieren importancia económica (Valdivieso, 2016).

[a2]



Figura. 1.1. Maíz (Ramírez & Jakeline, 2010).

1.3.2. Soya.

La soya es una planta de alto valor nutricional y proteico, buena calidad del aceite de su semilla. Anualmente se siembran en el mundo más de 80 millones de hectáreas en zonas ubicadas entre latitudes 50 o N y 40 o S y entre altitudes que van desde 0 hasta los 1200 msnm. La mayoría de investigadores coinciden en que la soya se originó en las provincias nororientales de China y Manchuria, región en que la soya era cultivada para la alimentación humana y animal desde un periodo no menos de 7 000 años (ver en la figura 1.2). (Nelson, 2003).



Figura. 1.2. Soya (Nelson, 2003).

1.3.3. Trigo.

El inicio del cultivo de plantas fue originalmente descrito como la revolución neolítica. Para el trigo, es probable que su cultivo se iniciase alrededor del 12.000 antes de la actualidad (a.a.) y en algún lugar del creciente fértil (actual Mesopotamia). Estudios con marcadores moleculares han mostrado que todas las formas cultivadas tienen su origen en las montañas del suroeste de Turquía,

desde donde se distribuyeron hacia el norte y el sur de Mesopotamia alrededor del 10.000 a.a. Posteriormente, se distribuyó a lo largo de toda la cuenca mediterránea, hasta llegar a Italia y España alrededor del año 7000 a.a, (ver figura 1.3). (Nelson, 2003).



Figura. 1.3. Trigo (Nelson, 2003).

El cereal más utilizado en el mundo de la repostería es el trigo y como derivado de este:

La Harina de Trigo.

La harina es el polvo que se obtiene de la molienda del grano de trigo maduro, entero o quebrado, limpio, sano y seco, en el que se elimina gran parte de la cascarilla (salvado) y el germen. El resto se tritura hasta obtener un grano de finura adecuada. La harina contiene entre un 65 y un 70% de almidones, pero su valor nutritivo fundamental está en su contenido, ya que tiene del 9 al 14% de proteínas; siendo las más importantes la gliadina y la gluteína, además de contener otros componentes como celulosa, grasos y azúcar.

La molienda de trigo consiste en separar el endospermo que contiene el almidón de las otras partes del grano. El trigo entero rinde más del 72% de harina blanca y el resto es un subproducto. En la molienda, el grano de trigo se somete a diversos tratamientos antes de convertirlo en harina (ver figura 1.4). (Trigo, 2017).



Figura. 1.4. Harina de Trigo (Nelson, 2003).

1.4. Mezclado.

La mezcla tiene por objeto combinar todos los componentes que entran en distinta proporción y con características muy variadas, como densidad, tamaño, etc. Para conseguir la distribución uniforme de cada materia prima, es decir homogenizar el producto, esto crea un valor agregado que no existe en los ingredientes de manera individual. Las cantidades de cada componente que se van a mezclar dependen del tipo de fórmula que se esté realizando, la cual previamente se balancea de acuerdo a la composición de las materias primas. Aunque las mezclas que se realizan son diferentes tanto en ingredientes como en cantidad, el orden de mezclado es prácticamente el mismo en todos los casos (Hidalgo & Lozano, 2009).

- Factores que influyen en la mezcla.

Existen algunos factores que influyen en la mezcla, tales como:

- a) Tamaño de partícula.
- b) Forma de la partícula.
- c) Peso específico.
- d) Humedad.

- Tamaño de la Partícula.

El tamaño de la partícula es importante, puesto que conforme disminuye el tamaño, se produce una distribución más uniforme. La reducción del tamaño a la mitad altera las características del mezclado por más de dos veces. Entre las características afectadas se incluye la absorbencia por ingredientes líquidos. El tamaño óptimo de la partícula se establece a raíz del tipo de alimento o de animal consumidor.

- Forma de la partícula.

La rapidez y eficiencia del mezclado depende de la forma de la partícula, una forma menos angular y más redondeada aumenta la rapidez y eficiencia del mezclado.

- Peso Específico.

Los productos que tienen mayor peso específico, tienden a caer hacia el fondo de la mezcla y la de menor se queda en la parte superior.

- **Humedad.**

La humedad afecta la correcta dispersión de las partículas provocando la formación de grupos aislados.

1.5. Mezcladoras de cereales.

La principal razón de crearse una mezcladora de cereales, es el originar una mezcla similar de las cantidades correctas de cada nutriente y mover las partículas de los ingredientes; teniéndose en cuenta que un mezclado más eficaz y rápido, se logra con una mezcladora que origina un máximo movimiento, evitándose que afecte negativamente el rendimiento.

- **Tipos de mezcladoras.**

- a) Mezcladora de tambor.
- b) Mezcladora Horizontal.
- c) Mezcladora vertical.

1.5.1. Mezcladora de tambor.

Esta clase de máquina, revuelve sus ingredientes de la misma forma que las mezcladoras de concreto teóricamente hablando, dándose un mezclado eficiente, aunque se dan problemas de atascamiento cuando se añaden sustancias pegajosas. Se debe detallar que hay información reducida con respecto a su confiabilidad o capacidad referente a la mezcla uniforme (ver figura 1.5). (Rodríguez, 2006).



Figura. 1.5. Mezcladora de Tambor. (Carranza, 2016)

1.5.2. Mezcladora Horizontal.

Las mezcladoras horizontales pueden originar una mezcla uniforme de 2 a 4 minutos, mezclando en su totalidad las partículas que se encuentran en movimiento. Se debe detallar además que este tipo de mezcladoras son estacionarias. La ventaja de las mezcladoras horizontales en comparación

con las verticales es que su desgaste es más lento, obteniéndose un costo de producción por año más bajo. La desventaja de las mezcladoras horizontales en función a las verticales es su costo, en vista que son más caras, por sus componentes de mayor resistencia (ver figura 1.6). (Rodríguez, 2006).



Figura. 1.6. Mezcladora Horizontal. (Pulvex, 2017)

1.5.3. Mezcladora vertical.

Una mezcladora vertical puede llegar a originar una mezcla similar en 8 a 10 minutos si se utiliza el sistema de doble gusano, en comparación con una que comúnmente tarda de 12 a 15 minutos. Se debe detallar que solo el 10% de alimento es movido en igual tiempo, en vista que la mayor parte del mezclado se da a través de un tubo elevador y un gusano, que origina la recirculación de los ingredientes, por la razón primordial que los alimentos que se encuentran afuera del tubo no son movidos rápidamente necesitando más tiempo la misma se hace referencia en la figura 1.7 (Flores & Cuenca, 2009).



Figura. 1.7. Mezcladora Vertical. (Maquinaria, 2016d)

1.6. Diseño.

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse. El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones. Algunas veces éstas deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria. Algunas veces las decisiones se toman de manera tentativa, por lo cual es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtengan más datos. Lo importante es que el diseñador en ingeniería debe sentirse personalmente cómodo cuando ejerce la función de toma de decisiones y de resolución de problemas la figura 1.8 detalla de forma esquemática. (Budynas & Nisbett, 2008).

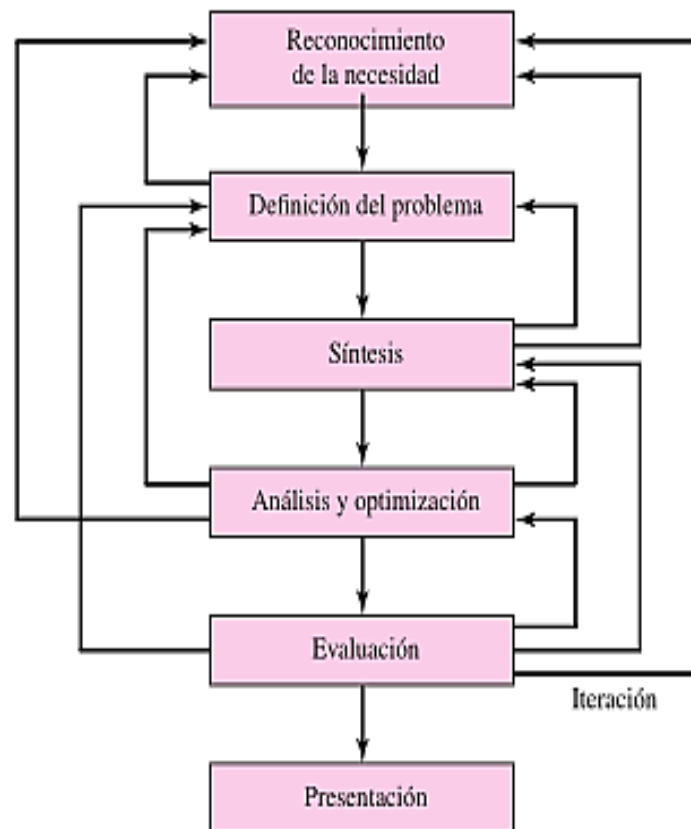


Figura. 1.8. Fases del proceso de diseño (Budynas & Nisbett, 2008).

1.7. Diseño en la ingeniería mecánica.

Los ingenieros mecánicos están relacionados con la producción y el procesamiento de energía y con el suministro de los medios de producción, las herramientas de transporte y las técnicas de automatización. Las bases de su capacidad y conocimiento son extensas. Entre las bases disciplinarias se encuentran la mecánica de sólidos, de fluidos, la transferencia de masa y momento, los procesos de manufactura y la teoría eléctrica y de la información. El diseño en la ingeniería mecánica involucra todas las áreas que componen esta disciplina.

1.8. El diseño mecánico.

El diseño mecánico es una tarea compleja que requiere muchas habilidades. Es necesario subdividir grandes relaciones en una serie de tareas simples. La complejidad del tema requiere una secuencia en la que las ideas se presentan y se revisan. Diseñar es formular un plan para satisfacer una demanda humana. La necesidad particular que habrá de satisfacerse puede estar completamente bien definida desde el principio (Budynas & Nisbett, 2008).

El diseño mecánico es el diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica, máquinas, aparatos, estructuras, dispositivos e instrumentos. En su mayor parte, el diseño mecánico hace uso de las matemáticas, la ciencia de los materiales y la ciencia mecánica aplicada. El diseño en ingeniería mecánica incluye el diseño mecánico pero es un estudio de mayor amplitud que abarca todas las disciplinas de la ingeniería mecánica incluso las ciencias térmicas y de los fluidos. Aparte de las ciencias fundamentales que se requieren, las bases del diseño en ingeniería mecánica son las mismas que las del diseño mecánico (Lefcovich, 2006).

El diseño del producto conlleva, a menudo, la preparación de modelos analíticos y físicos del mismo, como ayuda para estudiar factores tales como las fuerzas, los esfuerzos, las deflexiones y la forma óptima de la pieza. La necesidad de estos modelos depende de la complejidad del producto. Hoy en día, el estudio de modelos analíticos se ha simplificado mediante el uso del diseño asistido por computadora. El diseño, ingeniería y manufactura asistidos por computadora, y las técnicas de planificación de procesos, empleando grandes programas de computadora, se han hecho indispensables para aquellos que llevan a cabo dichos análisis. Los nuevos desarrollos incluyen sistemas expertos, que tienen capacidades de optimización y por lo tanto pueden acelerar el proceso iterativo tradicional de la optimización del diseño (Moro, 2002).

El diseño, ingeniería y manufactura asistidos por computadora, y las técnicas de planificación de procesos, empleando grandes programas de computadora, se han hecho indispensables para aquellos que llevan a cabo dichos análisis. Los nuevos desarrollos incluyen sistemas expertos, que tienen capacidades de optimización y por lo tanto pueden acelerar el proceso iterativo tradicional de la optimización del diseño.

Durante las últimas décadas, se han hecho muchos esfuerzos para conseguir sistemas de modelado geométrico que resulten más afines para los diseñadores y proyectistas y que produzcan modelo que sean válidos para todo el proceso de diseño (Moro, 2002).

El objetivo final de un diseño mecánico es obtener un producto útil que satisfaga las necesidades del cliente, que además sea seguro, eficiente, confiable, económico, y de manufactura práctica. Es importante considerar como se ajusta el proceso de diseño a todas las funciones que deben cumplirse para que se entregue un producto satisfactorio al cliente y para dar un servicio al producto durante su ciclo de vida. De hecho, es importante considerar como se desechará el producto después de haber llegado a su vida útil (Riba, 2006).

1.9. El diseño asistido por computadora (CAD).

El diseño ha sido a lo largo de la historia el cálculo y análisis a la solución de un determinado problema teniendo como producto final una imagen gráfica. Esta imagen gráfica o dibujo por métodos tradicionales se elabora mediante papel y lápiz; con la informatización ascendente que se viene experimentando desde la década de los 70 surge una ciencia llamada gráfica por computadora agrupando en ella varias ramas de los efectos gráficos aplicados a la computación los cuales han ido expandiéndose en la actualidad. Una de estas ramas viene ligada al diseño y tiene por nombre diseño asistido por computadora o CAD. Para ello se han creado software encargado de modelar los diseños teniendo un amplio campo en la actualidad tanto en dos como en tres dimensiones (Ramos, 2013).

El diseño asistido por computadora, más conocido por sus siglas inglesas computer-aided design (CAD), es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y diseñadores. El CAD es también utilizado en el marco de procesos de administración del ciclo de vida de productos (en inglés product lifecycle management). También se puede llegar a encontrar denotado con las siglas CADD (computer-aided design and drafting), que significan dibujo y diseño asistido por computadora. Estas herramientas se pueden dividir básicamente en

programas de dibujo 2D y de modelado 3D. Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos, con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos. Son muchos los softwares especializados en el mundo del diseño mecánico cada uno con ciertas ventajas y desventajas como son compatibilidad y transferencias de datos, personalización, velocidad y comodidad para el diseñador, etc. Teniendo como aplicaciones fundamentales:

- 1) Diseño conceptual y de detalle.
- 2) Generación de planos.
- 3) Ensamblajes.
- 4) Catálogo de piezas normalizadas.
- 5) Definición de tolerancias.
- 6) Representación realista (texturas).
- 7) Diseño de superficies.
- 8) Creación de matrices.
- 9) Piezas laminadas.
- 10) Conjuntos soldados.
- 11) Animaciones.

Las tendencias actuales de los sistemas CAD es que existen en el siglo XXI más de dos millones de usuarios en el mundo que utilizan CAD 2D conociéndose como los más relevantes calificados entre los software CAD de bajo rango están el AutoCAD y el MicroStation Modeler. Existen otros tres millones de usuarios que utilizan CAD 3D cumpliendo con las exigencias de la ingeniería moderna. Algunos de estos softwares son el Solid Edge, Mechanical Desktop, SolidWorks, Catia (P1), ProEngineer Foundation, I-DEAS Artisan Package e Inventor calificándose todos ellos entre los de rango medio. Entre los softwares CAD 3D de alto rango se encuentran el ProEngineer, Catia (P2), I-DEAS, y Unigraphics (Kalpakjian & Schmid, 2002).

1.9.1. SolidWorks.

La empresa SolidWorks Corp. fue fundada en 1993 por Jon Hirschtick con su sede en Concord, Massachusetts y lanzó su primer producto, SolidWorks 95, en 1995. En 1997 Dassault Systèmes, mejor conocida por su software CAD CATIA, adquirió la compañía. Actualmente posee el 100% de sus acciones y es liderada por Jeff Ray. El programa permite modelar piezas y conjuntos y

extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada (Kalpakjian & Schmid, 2002).

El Software de diseño SolidWorks que será utilizado en esta investigación es el paquete de modelado geométrico más popular en el diseño mecánico hoy en día, además de ser uno de los más completos aplicado en la rama de la mecánica. Reconocidas firmas en el mundo lo utilizan. De ahí el hecho de ser una potente herramienta para el diseño paramétrico. Se considera que este software paramétrico junto a los otros es capaz de aumentar el rendimiento de diseño (comparado con el AutoCAD) hasta en un 40%. En la figura 1.9 se muestra la distribución del mercado CAD lo que muestra que el software de diseño más utilizado es el SolidWorks (Kalpakjian & Schmid, 2002).

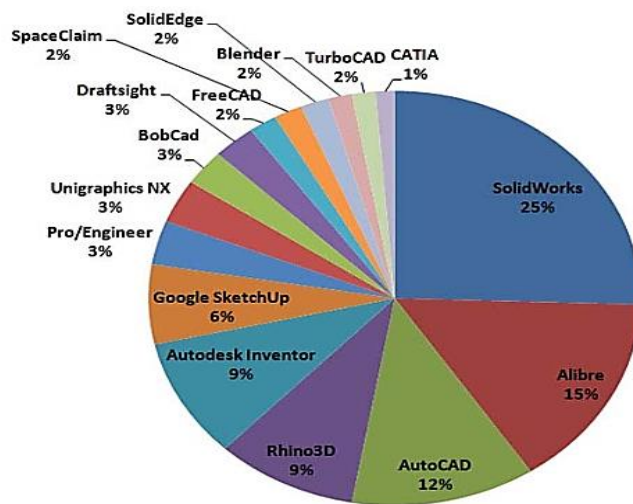


Figura 1.9. Distribución del mercado CAD (Allen, O'Donnell, Williams, Bauman, & Pope, 2009).

1.10. Diseños de máquinas mezcladoras de cereales.

Para realizar el diseño de la mezcladora de cereales destinada a la repostería de pequeños negocios locales, primeramente se realiza un estudio sobre máquinas mezcladoras de cereales, características y formas de su estructura. Se desglosan los diferentes tipos de mezcladoras de cereales, tamaño de las mismas, los diferentes métodos de fabricación de su estructura, formas de

ensamblar los conjuntos de piezas que conforman la máquina. La estructura puede fabricarse de materiales fundidos, de acero inoxidable, de aceros al carbono o con aceros estructurales. La fuente de energía de estas máquinas es la corriente eléctrica y su voltaje puede ser 110V o 220V este último es el más utilizado en las industrias. Ajustando los resultados a las condiciones y requerimientos funcionales que exige el problema de investigación (Budynas & Nisbett, 2008).

1.11. Motor eléctrico.

Es una máquina que convierte energía eléctrica en mecánica rotacional en el eje, accionando cualquier tipo de carga mecánica (Weg, 2017).

Los motores eléctricos más importantes son:

- a) Motores de corriente continua.
- b) Motores de corriente alterna.
- c) Motores universales.

- Motores de corriente continua.

Los motores de corriente continua o directa son aquellas máquinas que gracias a su campo magnético transforman la energía eléctrica en mecánica. Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes. El estator da soporte mecánico al aparato y contiene los devanados principales de la máquina, conocidos también con el nombre de polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre un núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, alimentado con corriente directa mediante escobillas fijas (conocidas también como carbones) (Harper, 2003).

- Motores de corrientes alterna.

Se conocen como motores de corriente alterna a los motores eléctricos que solo pueden funcionar con alimentación de este tipo, convirtiendo la energía eléctrica en fuerzas de giro. Un generador eléctrico, transforma la energía mecánica de rotación en eléctrica, especificando que la máquina más simple de este tipo es el alternador (Harper, 2003).

- Motores universales.

El motor universal, es un motor capaz de trabajar tanto en corriente continua (DC) como en corriente alterna (AC), su aplicación principal es para herramientas portátiles debido a su bajo coste, su reducido tamaño, su poco peso y que pueden trabajar en corriente alterna (AC 60 Hz), las

ventajas de este motor son grandes pares de arranque y elevadas velocidades de rotación cuando se alimentan con excitación en serie (características semejantes al motor de continua con excitación en serie), sus desventajas es que necesitan mantenimiento (cambio de escobillas) aunque en aplicaciones domésticas no suelen llevar a cabo este mantenimiento, y se dimensionan las escobillas hasta el fin de la vida útil del electrodoméstico (Harper, 2003).

**CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS PARA EL DISEÑO DE UNA MÁQUINA
MEZCLADORA DE CERALES.**

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS PARA EL DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE CEREALES.

2.1. Introducción al Capítulo.

En el presente capítulo se abordará sobre el procedimiento empleado para diseñar los elementos de la máquina mezcladora de cereales. Para los cálculos de diseño se hará uso de herramientas informáticas para el diseño asistido por ordenador lo que facilitará el cumplimiento del objetivo trazado. Los cálculos se centrarán fundamentalmente en los elementos principales.

2.2. Procedimiento para diseñar una mezcladora de cereales.

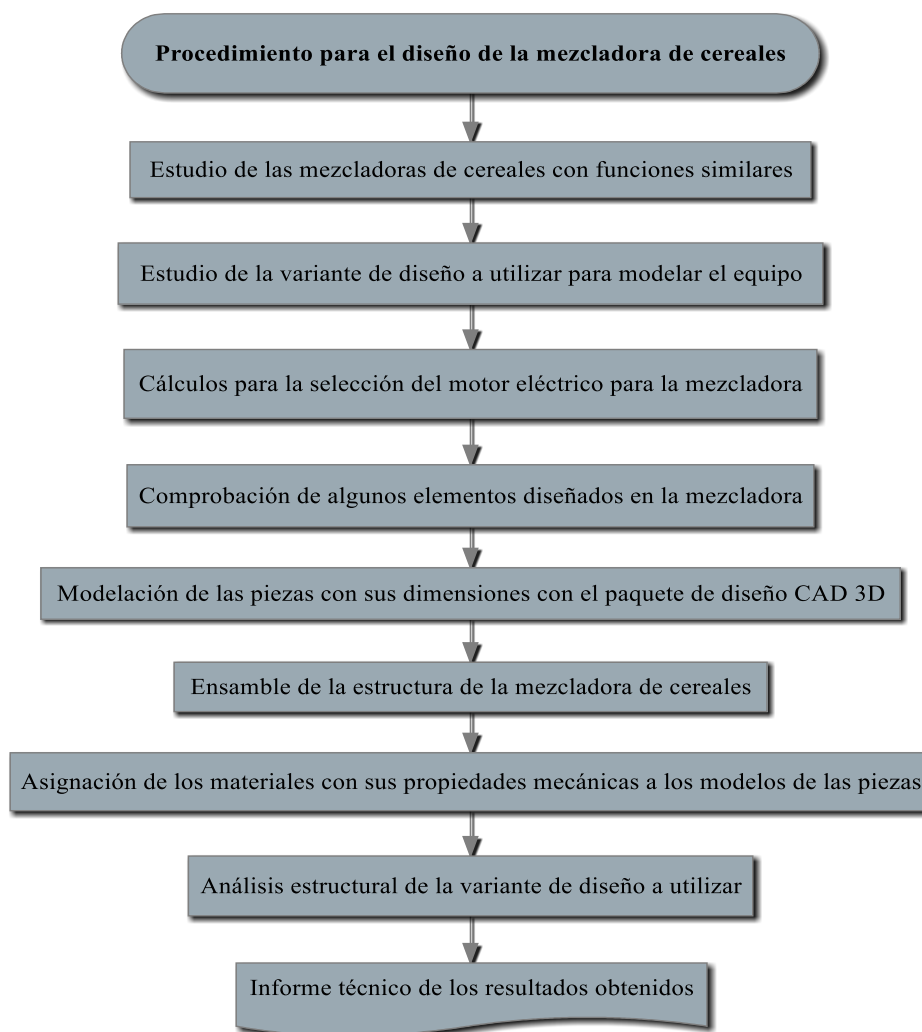


Figura. 2.1. Esquema para el procedimiento de diseño de la máquina mezcladora.

2.3. Cálculos para la selección del motor eléctrico de la mezcladora.

Para la selección del motor se utilizará el procedimiento para la selección de motor para transmisiones mecánicas de la conferencia: Reductores de velocidad y selección de motores eléctricos de la asignatura Elementos de Máquinas II.

Siempre que se tiene la necesidad de adquirir un motor, hay que hacer antes los siguientes cuestionamientos (Weg, 2017):

- ¿Es una instalación nueva o existente?
- ¿Cuáles son las condiciones de la red eléctrica?
- ¿Cuál es la carga que el motor va a accionar?
- ¿Cuáles son las condiciones medioambientales?
- ¿Cuál va a ser el tiempo de recuperación de la inversión?
- ¿Qué tipo de normas debe cumplir el motor?
- ¿Cómo va a ser hecho el arranque del motor?
- Obviamente, ¿Cuáles son las características de potencia y velocidad requeridas del motor?

2.3.1. Procedimiento para la selección del motor.

- Cálculo del rendimiento total.

En una transmisión de potencia es necesario conocer el rendimiento total debido a las pérdidas que existen en la transmisión producto a la fricción y otras causas. Para este cálculo se utilizará la fórmula 2.1

$$n_T = n_{eng} * n_{coj}^2 \quad (2.1)$$

Dónde:

n_{eng} : Rendimiento de la transmisión por engranajes.

n_{coj} : Rendimiento de los cojinetes.

Según (Robert L. Mott, 2006) los rendimientos aproximados de estos elementos están en el siguiente orden.

Cojinetes: 99.99 %.

Engranajes cónicos de dientes rectos: 98.5 %.

- Cálculo de la potencia necesaria.

Para el cálculo de la potencia necesaria la cual es el parámetro indicado para seleccionar un motor en un catálogo se calculará por la siguiente fórmula.

$$N_{nec} = \frac{N_{sal}}{n_T} \leq N_{motor} \quad (2.2)$$

Donde N_{sal} es la potencia que se necesita en el órgano de trabajo a la salida de la transmisión. En este caso es la potencia que se necesita para mezclar los cereales. En estudio de máquinas similares con capacidad de mezclado de hasta 15 kg tienen una potencia promedio a la salida de 250 a 750 W, según (Maquinaria, 2016b) (Maquinaria, 2016b, 2016d). Para el prototipo de mezcladora diseñada se necesita una potencia de 1 kW para mezclar aproximadamente 10 kg de cereal.

- Cálculo de la relación de transmisión.

$$U_T = \frac{n_{motor}}{n_{sal}} \quad (2.3)$$

n_{motor} : Velocidad de giro del motor.

n_{sal} : Velocidad de giro de salida.

- Cálculo del momento torsor del árbol I.

$$Mt_1 = \frac{N_{motor}}{n_{motor}} \quad (2.4)$$

- Cálculo del árbol II.

$$Mt_2 = \frac{N_2}{n_2} \quad (2.5)$$

N_2 : Potencia del árbol II

n_2 : Velocidad de giro del árbol II

$$N_2 = N_{motor} * \eta_{eng} * \eta_{coj}^2 \quad (2.6)$$

$$n_2 = \frac{n_{motor}}{U_{eng}} \quad (2.7)$$

2.4. Comprobación de algunos elementos diseñados en la mezcladora.

En el diseño de la mezcladora existen algunos elementos considerados elementos de seguridad por la función que realizan, como son las chavetas prismáticas diseñadas para las diferentes uniones

árbol-cubo de la transmisión. Para garantizar la resistencia de estos elementos se desarrollaron los siguientes cálculos según (Robert L. Mott, 2006). El esfuerzo a cortante en la chaveta:

$$\tau = \frac{2 * M_t}{D * W * L} \quad (2.8)$$

Dónde:

M_t : Momento torsor del árbol donde se encuentra la chaveta.

D : Diámetro del escalón del árbol donde se encuentra la chaveta.

W : Ancho de la chaveta.

L : Longitud de la chaveta.

$$\tau_D = \frac{0.577 * S_y}{FDS} \quad (2.9)$$

S_y : Resistencia de fluencia o límite de fluencia del material de la chaveta.

τ_D : Esfuerzo a cortante de diseño.

N : Factor de seguridad o diseño. (Se recomienda 2 para este tipo de elemento)

Debe cumplirse que $\tau_D \geq \tau$

- Esfuerzo a compresión o al aplastamiento en chavetas prismáticas.

$$\sigma_D = \frac{S_y}{FDS} \quad (2.10)$$

σ_D : Esfuerzo a compresión de diseño.

$$\sigma = \frac{4 * M_t}{D * L * H} \quad (2.11)$$

Dónde:

H : Altura de la chaveta.

Una vez comprobada la resistencia de estos elementos a los esfuerzos a que estará sometido se seleccionarán en el *toolbox* del SolidWorks los modelos de las mismas según la norma ISO para estos elementos.

2.5. Modelación de las piezas con sus dimensiones en el paquete de diseño CAD 3D.

Para la modelación de la mezcladora de cereales se utilizará el software de diseño mecánico asistido por computadora SolidWorks en su versión 2014, siendo este una potente herramienta de

diseño utilizado en el mundo y sobre todo en usuarios de habla hispana. En dicho software se modelaran cada una de las piezas con que cuenta el mezclador utilizando las operaciones básicas de *croquis*, *extruir*, *extruir corte*, *chaflán*, *redondeo*, *revolución*, *miembro estructural* y otras como los elementos normalizados fueron tomadas del *toolbox* del paquete. Las piezas que conformarán definitivamente la mezcladora de cereales son:

- Acoplamiento A.
- Acoplamiento B.
- Anillo base.
- Asta.
- Base.
- Bisagra.
- Buje.
- Caja de interruptor.
- Tapa de la caja del interruptor.
- Chapa base.
- Chaveta B6.35L46.35.
- Chaveta B6L20.
- Chaveta B4L24.
- Cuchilla.
- Eje Reductor.
- Eje.
- Enganche.
- Enganche 2.
- Paleta.
- Patas.
- Pasador.
- Pasador II.
- Pasador III.
- Piñón cónico.
- Caja del reductor.
- Tapa del reductor.
- Rueda cónica.
- Recipiente.

2.6. Ensamble del modelo de la estructura de la mezcladora.

Para el ensamble de cada uno de los modelos de piezas que conforman la estructura de la mezcladora se utilizará el módulo de ensamble del software de diseño mecánico SolidWorks 2014 aplicando relaciones de posición estándares y avanzadas entre cada una de las superficies que tienen relación entre sí.

2.7. Asignación de los materiales y sus propiedades mecánicas a los modelos de piezas.

Se propondrán materiales para cada una de las piezas modeladas en el diseño de la mezcladora, lo cual no indicará que sea el material definitivo para su fabricación, los materiales asignados están en función de su destino de servicio, después de consultar los materiales de equipos con funciones similares.

Tabla 2.1. Materiales para los modelos de piezas diseñados.

Piezas	Cantidad	Materiales
Anillo base	1	AISI 1045 Acero estirado en frío
Asta	1	ASTM A36 Acero
Base	1	ASTM A36 Acero
Bisagra	2	1023 Chapa de acero al carbono (Iza)
Buje	1	ASTM A36 Acero
Chapa base	1	1023 Chapa de acero al carbono (Iza)
Cuchilla	2	Acero inoxidable fundido
Eje reductor	1	AISI 1045 Acero estirado en frío
Eje paleta	2	AISI 1045 Acero estirado en frío
Enganche	2	1023 Chapa de acero al carbono (Iza)
Paleta	1	AISI 316 Barra de acero inoxidable recocido (Iza)
Patas	4	AISI 1045 Acero estirado en frío
Piñón cónico	1	AISI 1045 Acero estirado en frío
Caja del reductor	1	1023 Chapa de acero al carbono (Iza)
Rueda cónica	1	AISI 1045 Acero estirado en frío
Recipiente	1	AISI 316 Chapa de acero inoxidable (Iza)
Tapa del reductor	1	Acrílico (Impacto medio-alto)
Acoplamiento A	1	AISI 1045 Acero estirado en frío
Acoplamiento B	1	AISI 1045 Acero estirado en frío
Caja de interruptor	1	AISI 1023 Chapa de acero al carbono (Iza)
Tapa de la caja del interruptor	1	Acrílico (Impacto medio-alto)
Pasador D12L90	2	AISI 1015 Acero estirado en frío (Iza)
Pasador D10L40	1	AISI 1015 Acero estirado en frío (Iza)
Pasador D8L35	2	AISI 1015 Acero estirado en frío (Iza)
Chaveta B6.35L46.35	1	AISI 1020 Laminado en Caliente
Chaveta B6L20	1	AISI 1020 Laminado en Caliente
Chaveta B4L24	1	AISI 1020 Laminado en Caliente

Tabla 2.2. Elementos normalizados.

Piezas	Cantidad	Material
Perno pequeño M16	6	AISI 4340 (Acero recocido)
Perno M12	6	AISI 4340 (Acero recocido)
Perno M8	4	AISI 4340 (Acero recocido)
Rodamiento de contacto SKF 7207	2	Acero aleado
Rodamiento SKF 6204	1	Acero aleado
Tuerca M16	6	AISI 4340 (Acero recocido)
Mariposa M12	6	Hierro dúctil
Tuerca del acoplamiento M14	1	AISI 4340 (Acero recocido)
Tuerca M24	2	AISI 4340 (Acero recocido)
Tuerca M8	1	AISI 4340 (Acero recocido)

2.8. Análisis estructural del asta de la mezcladora.

Para el diseño de la mezcladora de cereales fue necesario por cuestiones de seguridad analizar estructuralmente el asta de la mezcladora ya que se consideró que por su posición es el elemento que soporta todas las cargas desde el punto de vista de flexión a las cuales está sometida la máquina. Para este análisis por el método de los elementos finitos se realizaron dos estudios donde se consideró que el recipiente de la mezcladora mezclará 10 kg de masa la cual fue modelada en el software para posteriormente determinar la carga remota presente en el modelo teniendo en cuenta el peso de las piezas involucradas y que provocan la flexión en el asta de la máquina. Con la opción de carga remota se aligera el ensamble a la hora del cálculo por el método de los elementos finitos utilizando al paquete *Simulation* para el cálculo en el software SolidWorks. Los estudios realizados se consideraron de manera estática y los resultados obtenidos serán expuestos en el capítulo III del presente informe.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

3.1. Introducción al Capítulo.

En este capítulo se analizará el resultado de los cálculos realizados en el capítulo 2. Se hará referencia a los resultados principales, donde se demuestra que los elementos resistirán los esfuerzos a que serán sometidos.




3.2. Estudio de la variante de diseño a utilizar para modelar el equipo.






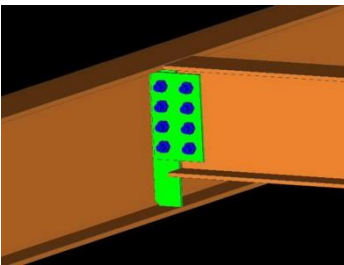

Seguidamente se planteará los posibles conceptos de solución a seguir para obtener la variante final a diseñar del prototipo de mezcladora.




- Concepción de un principio de solución

Para lograr el concepto de diseño del prototipo de la mezcladora de cereales se realizó a través de una matriz morfológica que es uno de los diferentes métodos de diseño mecánico (Ver Tabla 3.1) la cual permite la obtención de la solución por la combinación sistemática de un conjunto de conceptos posibles.

Tabla 3.1. Matriz morfológica para el principio de solución de la mezcladora de cereales.

Denominación	Soluciones		
	1	2	3
Tamaño de la mezcladora	<p>Pequeña</p> 	<p>Mediana</p> 	<p>Grande</p> 

<p>Ingredientes a mezclar</p>	<p>Harina de trigo</p> 	<p>Harina de maíz</p> 	<p>Áridos</p> 
<p>Método de fabricación</p>	<p>Tipo 1 Por fundición.</p> 	<p>Tipo 2 Estructural con perfiles metálicos.</p> 	
<p>Mecanismo de Ensamble de los subconjuntos</p>	<p>Por uniones roscadas</p> 	<p>Por uniones roscadas y soldadas</p>	<p>Por uniones soldadas</p> 

Sistema de suministro de energía	Energía eléctrica (Termoeléctrica) 	Energía fotovoltaica 	Energía por biocombustibles 
	Combinaciones de los principios de solución de la mezcladora de cereales.		

Para el tamaño de la máquina se tuvieron en cuenta tres principios solución, máquinas pequeñas, medianas y grandes. Para el tipo de ingredientes a mezclar se analizaron tres materiales; trigo, maíz y áridos. En el caso del método de fabricación de la estructura de la mezcladora se tuvieron en cuenta dos posibles soluciones, por fundición y utilizando perfiles metálicos. En el caso mecanismo de ensamble de los subconjuntos, se proponen tres vías, la primera mediante uniones roscadas, la segunda mediante uniones soldadas y roscadas y la tercera por soldadura. Mientras que el suministro de energía se tuvo en cuenta la corriente eléctrica, la energía por biocombustible y la fotovoltaica. Quedando lo anteriormente representado en la tabla 3.1. Una vez establecidos los diferentes principios de solución para desarrollar el diseño de la estructura de la mezcladora de cereales, se calculó el número total de combinaciones posibles de conceptos, a partir de la ecuación (3.1) que se muestra a continuación.

$$TCS = \prod_{p=1}^{P_{MÁX}} NúnSol \tag{3.1}$$

$$TCS = 3 \times 3 \times 2 \times 3 \times 3$$

$$TCS = 162$$

Dónde: **TCS** son las posibles combinaciones que tendremos que analizar y escoger una entre ellas. Se obtienen 162 posibles conceptos, como soluciones teóricas para el caso que se analiza del

prototipo de la estructura de la mezcladora de cereales.

- **Evaluación de la factibilidad del principio de solución.**

En la Tabla 3.2 se muestran los conceptos factibles para realizar el diseño básico y de detalle del prototipo de la estructura de la mezcladora de cereales.

Tabla 3.2. Soluciones factibles de diseño del prototipo de la estructura de una mezcladora de cereales.

Denominación	Soluciones		
	1	2	3
Tamaño de la mezcladora	Pequeña	Mediana	Grande
Ingredientes a mezclar	Harina de trigo	Harina de maíz	Áridos
Método de fabricación	Tipo 1 Por fundición	Tipo 2 Con perfiles metálicos	
Mecanismo de Ensamble de los subconjuntos	Por uniones soldadas y roscadas	Por uniones roscadas	Por uniones soldadas
Sistema de suministro de energía	Corriente eléctrica	Energía fotovoltaica	Energía por biocombustibles



Combinaciones de los principios de solución

Leyenda: ○ Variantes de solución 1.

● Variante de solución 2.

Para demostrar las posibles variantes a desarrollar en la investigación, se mostrarán dos conceptos, de los 162 posibles conceptos.

Variante de Concepto 1 = Tamaño Pequeña + Harina de trigo + Fabricación por fundición + Uniones roscadas + Corriente eléctrica.

Variante de Concepto 2 = Tamaño mediana + Harina de trigo + Fabricación con perfiles metálicos + Uniones roscadas y soldadas + Corriente eléctrica.

De esta forma se pudo disponer de variantes de elementos para el diseño del prototipo de la estructura de la mezcladora de cereales, como referencia para someter a la evaluación conceptual de soluciones y determinar cuál de ellas cumple con los requerimientos funcionales para el cual se traza el diseño. Desarrollando como prototipo para esta investigación el diseño de la variante de concepto 2 debido a que es más económica a la hora de la fabricación que la variante de solución 1 de acuerdo a su destino de servicio final.

3.3. Cálculos para la selección del motor.

- Cálculo del rendimiento total.

Para el cálculo del rendimiento total se tuvo en cuenta la ecuación 2.1 con un rendimiento de la transmisión por engranajes del equipo de un 98.5% y de los cojinetes de un 99,99%

$$n_T = n_{eng} * n_{coj}^2$$

$$n_T = 0.985 * 0.9999^2$$

$$n_T = 0.9848$$

- Cálculo de la potencia necesaria.

Para el cálculo de la potencia necesaria se tuvo en cuenta la ecuación 2.2 que es el parámetro indicado para seleccionar un motor en un catálogo.

$$N_{nec} = \frac{1 \text{ kW}}{0.9848}$$

$$N_{nec} = 1.01 \text{ kW}$$

Con la potencia necesaria calculada se procedió a trabajar con el catálogo para la selección del motor eléctrico de la mezcladora diseñada, el documento utilizado fue el Catálogo de Motores WEG. El motor seleccionado fue un modelo NAMA 48/56 con características estándar, teniendo en cuenta la condición de la ecuación 2.2 donde debe cumplirse que la potencia necesaria debe ser menor o igual a la del motor seleccionado en catálogo, vea en la Tabla 3.3 las características del motor seleccionado y en la figura 3.1 una imagen del mismo:

Tabla 3.3. Características del motor (Weg, 2000).

Grado de protección	IP21
Potencia	1.1 kW
Velocidad de giro	1400 min ⁻¹
Tensión	220V
Aislamiento	clase "B"
Ventilación	Interna
Descansos	rodamientos de bolas
Normas	NEMA MG-1
Color	Negro fosco

Aplicaciones Típicas:

Este tipo de motor es utilizado en compresores, bombas, ventiladores, trituradores, extractores de jugo, cortadores molidoras de carne y máquinas en general, que requieran régimen continuo (Weg,

2000). Lo que demuestra que es un motor idóneo para el destino de servicio que se busca en la máquina.



Figura. 3.1. Imagen del motor WEG modelo NAMA 48/56 (Weg, 2000).

- Cálculo de la relación de transmisión.

Para este paso se utilizará la ecuación 2.3 despejando la velocidad de giro a la salida ya que se cuenta con la relación de transmisión en el sistema calculada en la ecuación 3.1

$$n_{sal} = \frac{n_{motor}}{U_T}$$

$$U_T = \frac{\#dientes\ de\ la\ rueda}{\#dientes\ del\ piñón} \tag{3.1}$$

$$U_T = \frac{140}{20}$$

$$U_T = 7$$

$$n_{sal} = \frac{1\ 400\ min^{-1}}{7}$$

$$n_{sal} = 200\ min^{-1}$$

- Cálculo del momento torsor del árbol I (Eje reductor).

Se determinará el par torsional que ocurre en el primer árbol de la transmisión según la ecuación 2.4.

$$Mt_1 = \frac{1\ 100\ W}{146,6\ s^{-1}}$$

$$Mt_1 = 7,5\ Nm$$

- Cálculo del árbol II (Eje paleta).

El par torsional presente en el segundo árbol de transmisión correspondiente a la paleta de la mezcladora se calculará con la ecuación 2.5, la potencia presente en ese árbol se calculará con la ecuación 2.6 mientras que la velocidad de giro n_2 es igual a la velocidad de giro a la salida despejada de la ecuación 2.3

$$N_2 = 1\,100\,W * 0,985 * (0,9999)^2$$

$$N_2 = 1083\,W$$

La potencia calculada a la salida difiere con respecto a la que se desea en un 6.74% lo cual no se considera significativo para su destino de servicio.

$$Mt_2 = \frac{1\,083\,W}{20,94\,s^{-1}}$$

$$Mt_2 = 51,71\,Nm$$

3.4. Comprobación de las chavetas diseñadas para las uniones árbol – cubo de la mezcladora.

Las chavetas prismáticas diseñadas para las transmisiones de la mezcladora se comprobarán según lo establecido en la bibliografía especializada (Robert L. Mott, 2006). Para los análisis de comprobación a cortante se utilizará la ecuación 2.8 y para comprobar su resistencia a cortante la ecuación 2.9, para las transmisiones fueron calculadas tres uniones por chavetas, mientras que para la comprobación a compresión se utilizarán las ecuaciones 2.11 y 2.10 respectivamente.

- Cálculo de la chaveta B4L24.

Esta chaveta es la que une la transmisión entre el árbol que acopla al motor (eje reductor) y el piñón que transmite a la rueda cónica, la cual tiene esta denominación ya que tiene un ancho de 4 mm con una longitud de 24 mm tal y como muestra la figura 3.2.

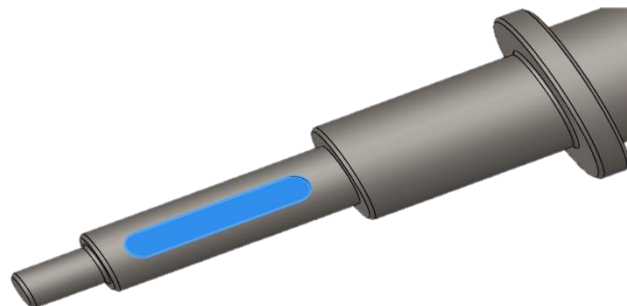


Figura. 3.2. Unión de la chaveta B4L24.

$$\tau = \frac{2 * 7\,500\, Nmm}{10\, mm * 4\, mm * 24\, mm}$$

$$\tau = 15,62\, N/mm^2$$

$$\tau_D = \frac{0,577 * 379\, MPa}{2}$$

El límite de fluencia del material que se propone para la chaveta es de 379 MPa ya que es un AISI 1020 Laminado en caliente. Mientras que se propone un factor de seguridad de 2 para este tipo de elemento.

$$\tau_D = 109,34\, MPa$$

Finalmente se cumple que $\tau_D > \tau$ por lo que la chaveta resiste a cortante.

- Esfuerzo a compresión o al aplastamiento en chavetas prismáticas.

$$\sigma_D = \frac{379\, MPa}{2}$$

$$\sigma_D = 189,5\, MPa$$

$$\sigma = \frac{4 * 7\,500\, Nmm}{10\, mm * 24\, mm * 4\, mm}$$

$$\sigma = 31,25\, MPa$$

Se cumple que $\sigma_D > \sigma$ por lo que la chaveta resiste a compresión y se encuentra desde el punto de vista de resistencia apta para su modelación.

- **Cálculo de la chaveta B6L20.**

La chaveta B6L20 acopla el acoplamiento que une al motor eléctrico con dicho árbol del reductor al otro extremo de la chaveta B4L24 tal y como muestra la figura 3.3.

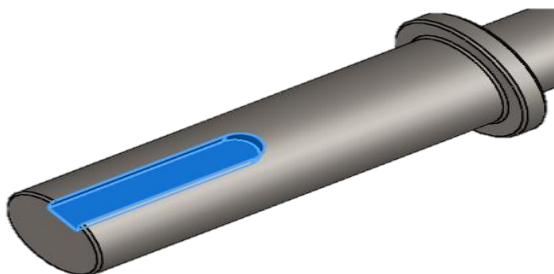


Figura. 3.3. Unión de la chaveta B6L20.

$$\tau = \frac{2 * 7\,500\, Nmm}{20\, mm * 6\, mm * 20\, mm}$$

$$\tau = 6,25\, N/mm^2$$

Como σ_D es el mismo para el árbol, se cumple que $\sigma_D > \tau$ por lo que la chaveta resiste a cortante.

$$\sigma = \frac{4 * 7\,500\, Nmm}{20\, mm * 20\, mm * 6\, mm}$$

$$\sigma = 12,5\, MPa$$

Como σ_D es el mismo para el árbol, se cumple que $\sigma_D > \sigma$ por lo que la chaveta resiste a cortante.

- Cálculo de la chaveta B6.35L46.

La chaveta B6.35L46 acopla la rueda dentada del reductor con el eje que transmite a las paletas de la mezcladora, como muestra la figura 3.4.

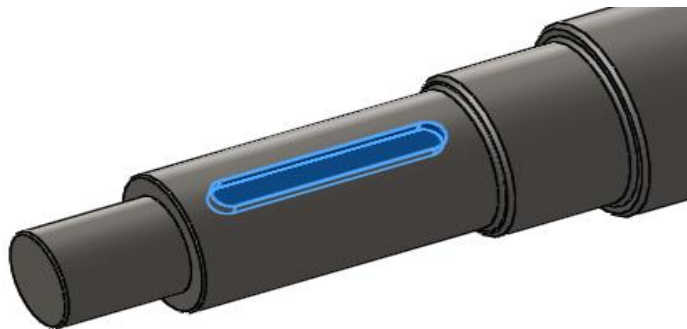


Figura. 3.4. Unión de la chaveta B6.35L46.

$$\tau = \frac{2 * 51\,710\, Nmm}{30\, mm * 6,35\, mm * 46\, mm}$$

$$\tau = 11,8\, N/mm^2$$

Como el material es el mismo para todas las chavetas, τ_D se comporta igual, por lo que finalmente $\tau_D > \tau$ y la chaveta resiste a cortante.

$$\sigma = \frac{4 * 51\,710\, Nmm}{30\, mm * 46\, mm * 6,35\, mm}$$

$$\sigma = 23,6\, MPa$$

En este cálculo $\sigma_D > \sigma$ por lo que la chaveta también resiste a compresión y todas las chavetas diseñadas cumplen con los cálculos de comprobación por lo que finalmente pueden ser seleccionadas según la norma ISO del *toolbox* del software SolidWorks 2014 para chavetas paralelas (SolidWorks, 2014).

3.5. Modelos de las piezas de la mezcladora de cereales.

Los modelos de las piezas del prototipo de mezcladora diseñada se modelaron con el software de diseño mecánico SolidWorks 2014, basados en las exigencias para su diseño. Seguidamente se pueden apreciar cada uno de los modelos de las piezas pertenecientes a la mezcladora.

- Base.

La mezcladora tiene una base diseñada a partir de estructuras metálicas con perfiles tipo C según la norma ISO con dimensiones 100x10. Las uniones entre estos perfiles según muestra la figura 3.5 es mediante uniones soldadas, teniendo seis agujeros de 16 mm de diámetro, roscados para el acoplamiento de las patas.

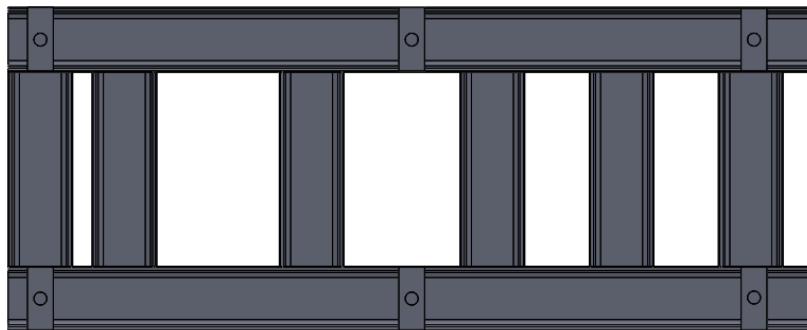


Figura 3.5. Modelo en 3D de la Base.

- Chapa base.

La pieza chapa base fue diseñada a partir de una chapa de 4 mm de espesor con unas dimensiones de 390x500 de manera rectangular con un redondeo en sus esquinas de radio 10 mm, teniendo en su centro 6 agujeros con diámetro 16 mm tal y como muestra la figura 3.6, esta pieza iría acoplada con la base de la máquina mediante soldadura.

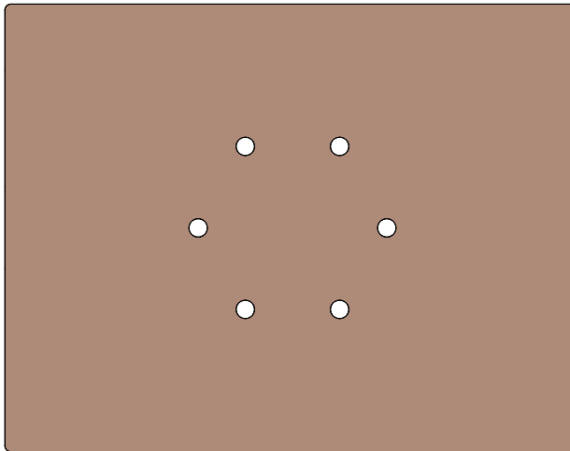


Figura 3.6. Modelo en 3D de la Chapa base.

- **Anillo base.**

La pieza anillo base es una pieza tipo disco la cual es la encargada de fijar el asta de la mezcladora con la base. Esta pieza tiene 6 agujeros de 16 mm idéntico a los de la chapa base. Los detalles del modelo puede ser apreciado en la figura 3.7.

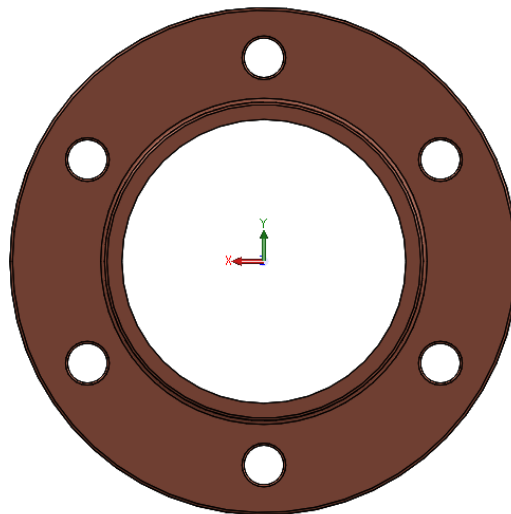


Figura 3.7. Modelo en 3D del Anillo base.

- **Asta.**

Esta pieza fue diseñada mediante una estructura de perfil circular con un espesor de 6.02 mm, un diámetro exterior de 114.30 mm y una longitud de 1200 mm. Los detalles del modelo de la misma en la figura 3.8.



Figura 3.8. Modelo en 3D del Asta.

- **Buje.**

La pieza considerada buje es una de la más compleja de la máquina la cual fue diseñada a partir de perfiles estructurales de perfil rectangular y circular tal y como muestra la figura 3.9. Los perfiles rectangulares tienen una dimensión de 120x80x8 mm.

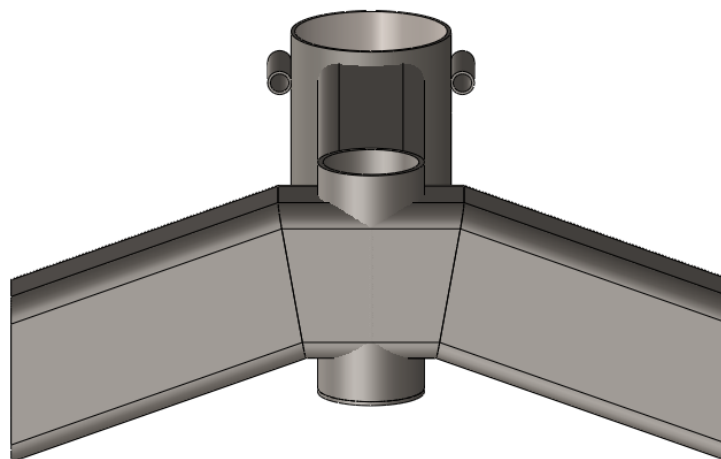


Figura 3.9. Modelo en 3D del Buje.

- **Patas.**

La mezcladora consta de seis piezas tipo disco que conforman las patas de la máquinas las cuales fueron diseñadas con un diámetro exterior de 120 mm y un diámetro roscado de rosca M16 para regular la nivelación de la máquina. El modelo de esta pieza puede ser observado en la figura 3.10.

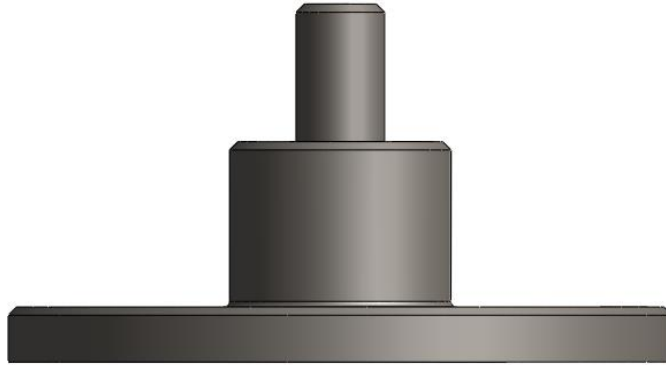


Figura 3.10. Modelo en 3D de las Patas.

- **Bisagra.**

Las bisagras de la máquina van unidas por soldadura al buje las cuales fueron diseñadas con la misma forma del perfil rectangular del buje a partir de una chapa de espesor 3 mm y un anillo en uno de sus extremos con diámetro de 12 mm y un espesor de 4 mm. El modelo de esta pieza puede ser observado en la figura 3.11.



Figura 3.11. Modelo en 3D de la Bisagra.

- **Enganche.**

Los enganches son las piezas que acoplan mediante pernos con el recipiente y se encargan de garantizar la sujeción de la pieza con la bisagra y que en un momento determinado de su destino de servicio permite quitar y poner el recipiente de la máquina. Esta pieza fue diseñada con chapa metálica de espesor 3 mm, tiene 3 agujeros de diámetro 12 mm para la posición de los pernos con el recipiente, esta puede ser apreciada en la figura 3.12.

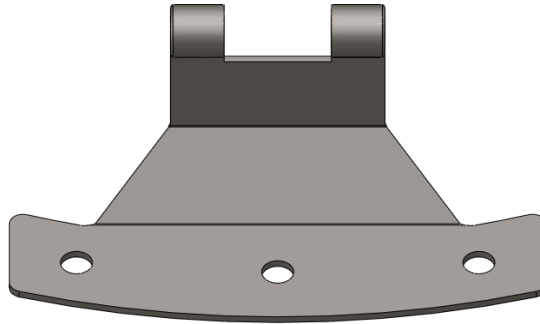


Figura 3.12. Modelo en 3D del Enganche.

- **Recipiente.**

El diseño del recipiente donde va a ser procesado la mezcla tiene un volumen de $0,0033 \text{ m}^3$ la cual fue diseñada con una profundidad 650 mm y un diámetro de 300 mm aproximadamente. El espesor de la chapa para esta pieza es de 2 mm la cual tiene que ser de un material higiénico y resistente a la corrosión acorde a su destino de servicio. Los detalles del modelo de esta pieza pueden ser observados en la figura 3.13.

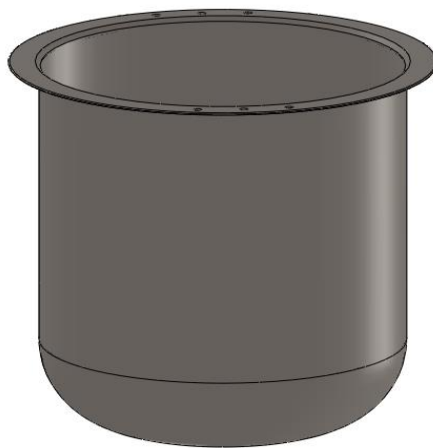


Figura 3.13. Modelo en 3D del recipiente.

- Cuchilla.

La cuchilla es la pieza encargada de batir la mezcla, esta pieza tiene una configuración un poco compleja por su destino de trabajo tal y como se puede apreciar a continuación (ver la figura 3.7). Esta pieza tiene una longitud aproximada de 270 mm con un mango de 35 mm de longitud y 20,5 mm de diámetro que es la parte encargada de acoplar en la paleta de la máquina. En el anexo 10 del informe se puede apreciar el plano pieza de este modelo.

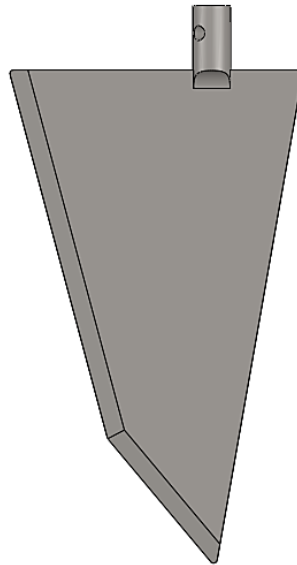


Figura 3.14. Modelo en 3D de la Cuchilla.

- Paleta.

La paleta en conjunto con las cuchillas son las encargadas de batir dentro del recipiente la mezcla, esta va directamente conectada al eje de la transmisión esta pieza fue diseñada a partir de estructuras de perfil circular con dimensiones de 26,9x3,2 mm de espesor, según como muestra la figura 3.15. Esta pieza tiene un agujero de diámetro 10 mm en la conexión con el eje de la transmisión para garantizar la sujeción mediante un pasador, mientras que donde acoplan las dos cuchillas los agujeros son de 8 mm con la misma función.

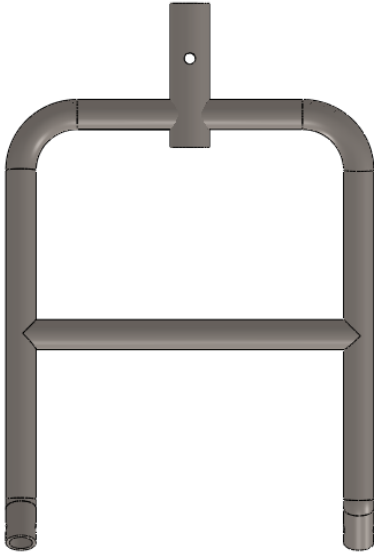


Figura 3.15. Modelo en 3D de la Paleta.

- Eje paleta.

El eje paleta es la pieza de la transmisión que por su nombre acopla con la paleta, este es un eje escalonado que consta con una longitud de 431 mm, 7 escalones, un chavetero en el escalón que acopla con la rueda de la transmisión, escalón roscado para eliminar el juego axial de la rueda dentada y un agujero para pasador de 10 mm en la zona que acopla la paleta. Esta pieza también lleva dos rodamientos de bolas de contacto angular SKF – 7207 en los escalones de diámetro 35 mm. El modelo de esta pieza puede ser visto en la figura 3.16.



Figura 3.16. Modelo en 3D del Eje

- Rueda cónica.

La transmisión de la mezcladora es mediante ruedas dentadas cónicas de dientes rectos, en el caso de la rueda esta consta de 140 dientes de módulo 4, tal y como muestra la figura 3.17.

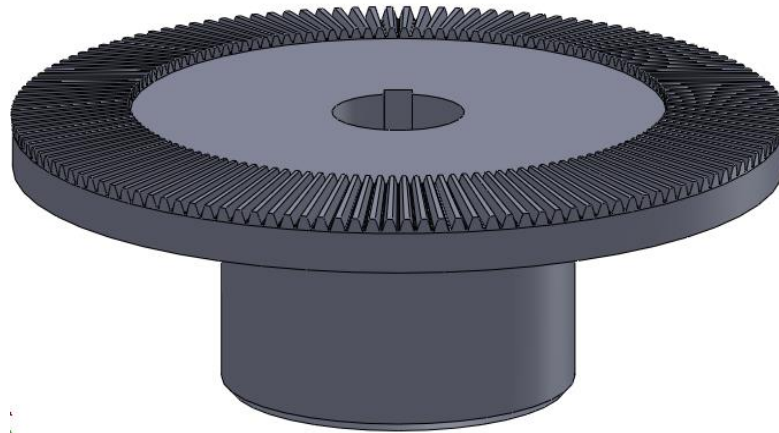


Figura 3.17. Modelo en 3D de la rueda cónica.

- Eje reductor.

El otro eje de la transmisión es el primario que acopla al motor eléctrico de la máquina, siendo este también un eje escalonado con una longitud de 143 mm, 5 escalones, dos chaveteros, uno para garantizar la unión con el piñón cónico y el otro para garantizar la unión con acoplamiento del eje del motor. Además de un escalón roscado para eliminar el juego axial del piñón. Esta pieza lleva un rodamiento de bolas rígidos de una hilera SKF – 6204.

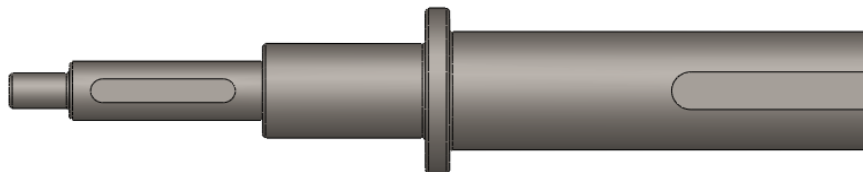


Figura 3.18. Modelo en 3D del Eje reductor.

- Piñón cónico.

El piñón de la transmisión consta de 20 dientes con el mismo módulo de la rueda, esta diferencia de dientes se debe a la necesaria relación de transmisión ya que la máquina debe de trabajar a bajas velocidades de giro para garantizar su función. Ambas piezas fueron seleccionadas en el *toolbox* del software de diseño mediante la norma AGMA. El modelo de esta pieza puede ser apreciado en la figura 3.19.

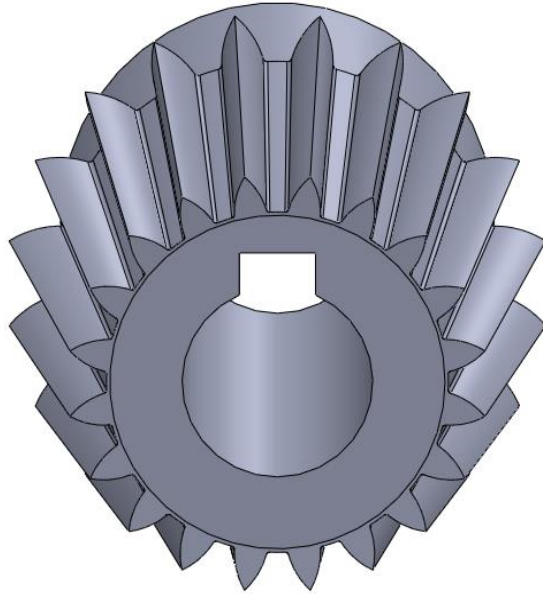


Figura 3.19. Modelo en 3D del Piñón cónico.

- Caja del reductor.

Según las exigencias de la máquina se diseñó la caja para el reductor ya que por cuestiones de higiene tiene que ser cerrado. El mismo fue diseñado a partir de chapas metálicas de 5 mm de espesor tal y como muestra la figura 3.20 y en el anexo 16 se pueden apreciar sus dimensiones. Mientras que en la figura 3.21 se puede ver la tapa para este reductor la cual se propone sea de acrílico.

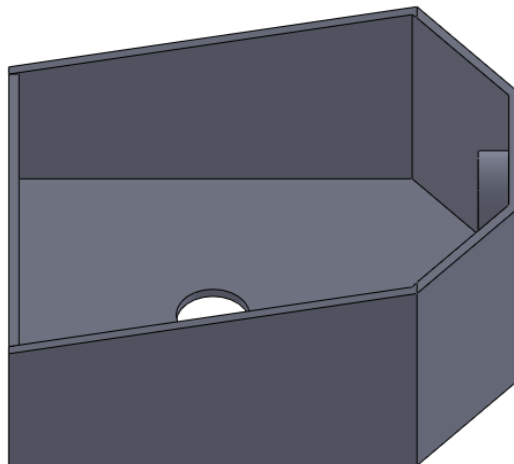


Figura 3.20. Modelo en 3D de la caja del reductor.

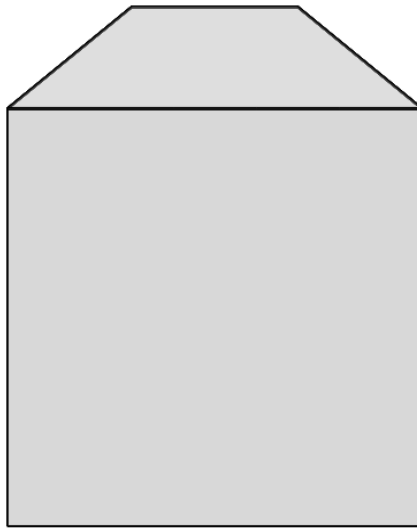


Figura 3.21. Modelo en 3D de la tapa del reductor.

- Acoplamiento A.

El acoplamiento A, es el que acopla al eje del reductor el cual tiene 4 agujeros de diámetro 8 mm para la guía de los tornillos que garantizan la sujeción de la transmisión, también tiene un chavetero en correspondencia al que tiene dicho árbol. En la figura 3.22 se puede apreciar el modelo del mismo.

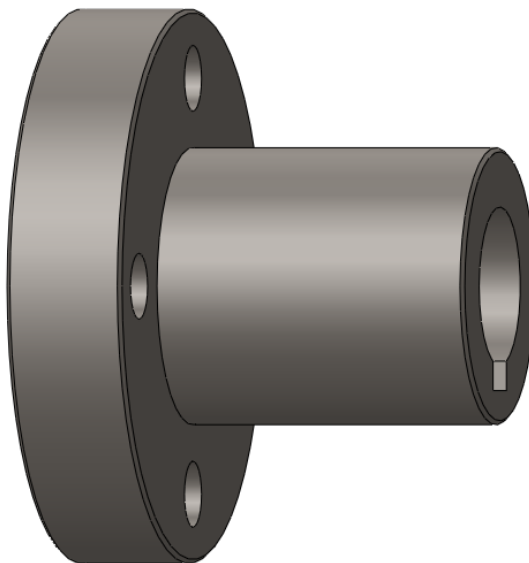


Figura 3.22. Modelo en 3D del acoplamiento A.

- **Acoplamiento B.**

El acoplamiento B es el acoplamiento que va unido al eje del motor eléctrico mediante una tuerca. En la figura 3.23 se puede apreciar el modelo.

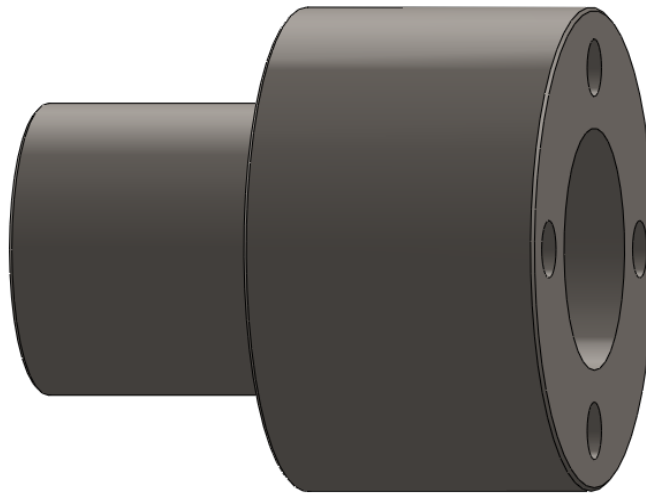


Figura 3.23. Modelo en 3D del acoplamiento B.

En el ensamble de la máquina existe otro grupo de piezas que completan el diseño de la mezcladora las cuales sus imágenes serán expuestas seguidamente al igual que su función. En la figura 3.24 pueden ser apreciados los modelos obtenidos del *toolbox* del software de las chavetas calculadas y utilizadas en la transmisión de la máquina.

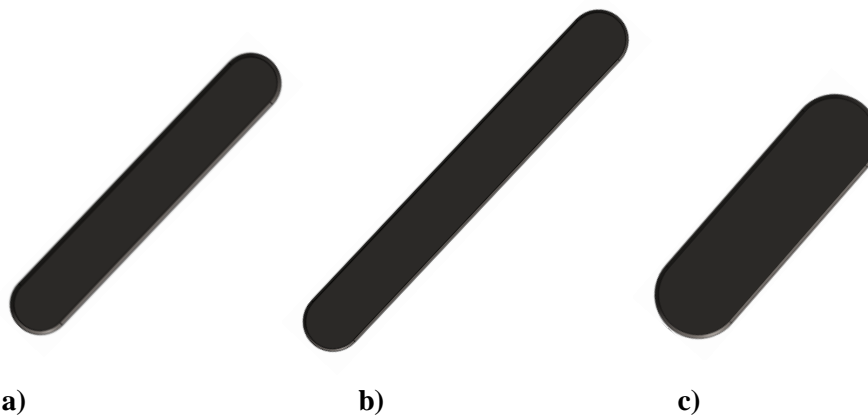


Figura 3.24. Modelo en 3D de las chavetas. a) Chaveta B6L24, b) Chaveta B6.35L46.35, c) Chaveta B6L20.

Otra pieza de la mezcladora es la caja para el interruptor y el sistema eléctrico de la máquina la cual puede estar sujeta a cambios en dependencia de la opinión de especialistas. La misma se propone de chapa metálica con un espesor de 2 mm. En la figura 3.25 se puede apreciar el modelo de esta pieza mientras que en la figura 3.26 se puede ver la tapa de esta pieza.

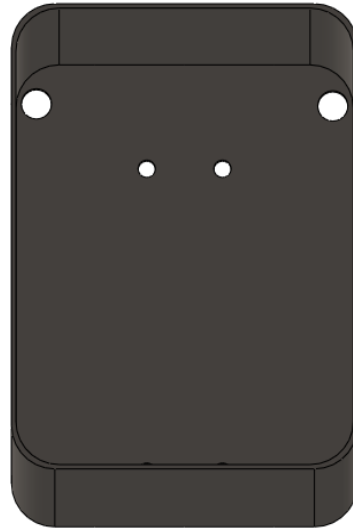


Figura 3.25. Modelo en 3D de la caja del interruptor.

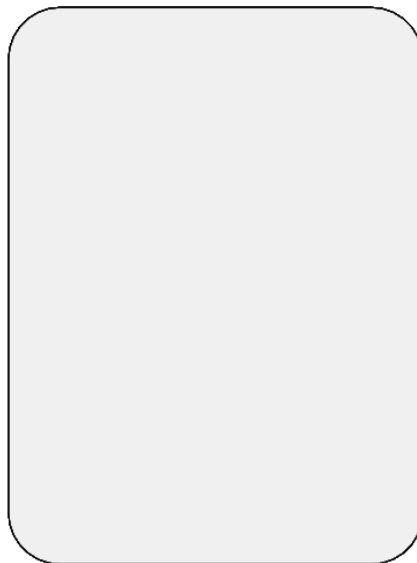
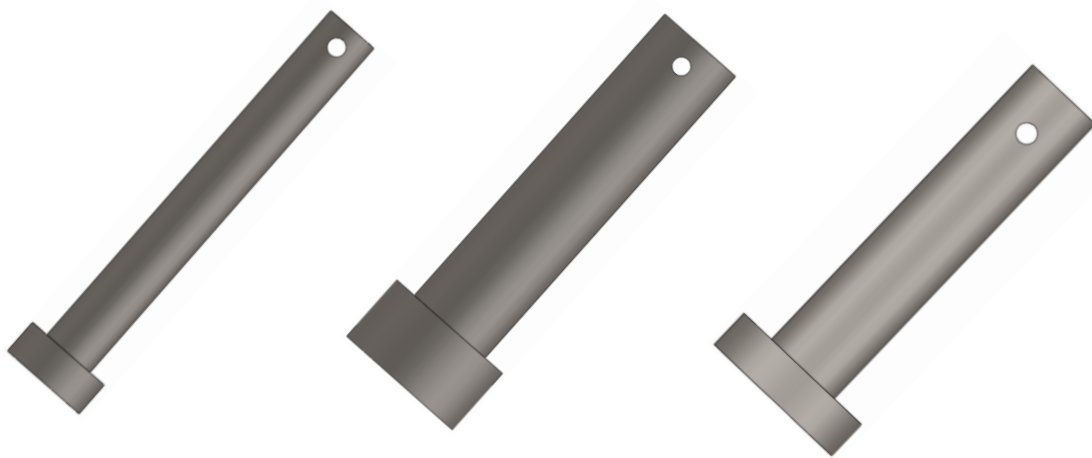


Figura 3.26. Modelo en 3D de la tapa de la caja del interruptor.



a) b) c)
Figura 3.27. Modelo en 3D de los pasadores. a) Pasador D12L90. b) pasador D10L40. c) pasador D8L35.

Finalmente en la figura 3.28 se puede apreciar el ensamble del modelo de la mezcladora de cereales con todas sus piezas diseñadas.

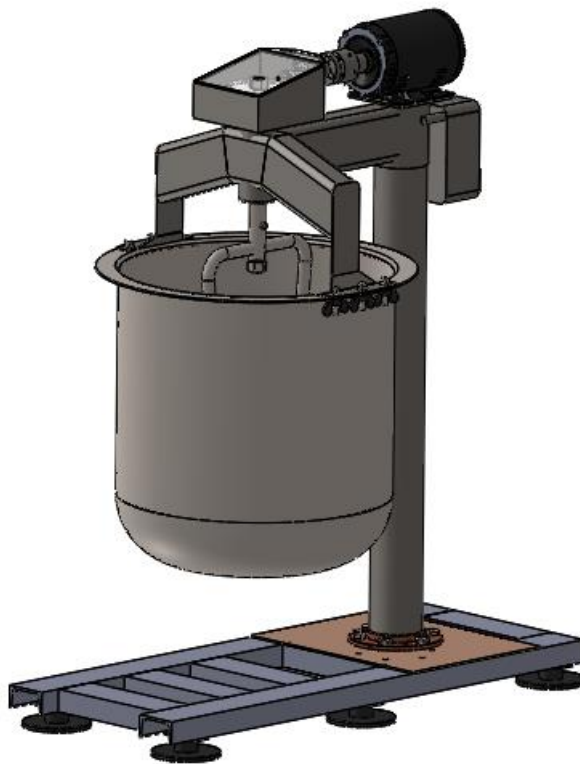


Figura 3.28. Modelo en 3D de la estructura ensamblada de la mezcladora de cereales.

3.6. Asignación de los materiales y sus propiedades mecánicas a los modelos de piezas que conforman la mezcladora de cereales.

Para las propuestas de materiales utilizados en la mezcladora de cereales se tuvieron en cuenta sus propiedades mecánicas teniendo en cuenta el módulo elástico, el coeficiente de Poisson, densidad del material, el límite a la tracción y el límite elástico. El AISI 1045 estirado en frío fue asignado al anillo base, al acoplamiento A y B, a las patas, al piñón cónico, a la rueda cónica, al eje paleta y eje reductor, las propiedades mecánicas de este material se pueden observar en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Propiedades mecánicas del acero AISI 1045 Acero estirado en frío (SolidWorks, 2014).

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	205	GPa
Coefficiente de Poisson	0,29	N/D
Densidad de masa	7850	kg/m ³
Límite de tracción	625	MPa
Límite elástico	530	MPa

En la tabla 3.5 se pueden apreciar las propiedades mecánicas del acero ASTM A36 material asignado algunas partes componentes como es el buje, la base y el asta.

Tabla 3.5. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36 (SolidWorks, 2014).

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	200	GPa
Coefficiente de Poisson	0,26	N/D
Densidad de masa	7850	kg/m ³
Límite de tracción	400	MPa
Límite elástico	250	MPa

En la tabla 3.6 se puede apreciar las propiedades mecánicas del acero AISI 1023 Chapa de acero al carbono (Iza) material asignado algunas partes componentes como es la caja del interruptor y del reductor, la chapa base, el enganche y las bisagra.

Tabla 3.6. Propiedades mecánicas del acero AISI 1023 Chapa de acero al carbono (Iza) (SolidWorks, 2014).

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	205	GPa
Coefficiente de Poisson	0,29	N/D
Densidad de masa	7858	kg/m ³
Límite de tracción	425	MPa
Límite elástico	282.69	MPa

En la tabla 3.7 se puede apreciar las propiedades mecánicas del acero inoxidable fundido material asignado a las cuchillas.

Tabla 3.7. Propiedades mecánicas del acero inoxidable fundido (SolidWorks, 2014).

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	190	GPa
Coefficiente de Poisson	0,26	N/D
Densidad de masa	7700	kg/m ³
Límite de tracción	-	MPa
Límite elástico	-	MPa

En la tabla 3.8 se puede apreciar las propiedades mecánicas del acero AISI 316 Barra de acero inoxidable recocido (Iza) material asignado a la paleta.

Tabla 3.8. Propiedades mecánicas del acero AISI 316 Barra de acero inoxidable recocido (SolidWorks, 2014).

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	193	GPa
Coefficiente de Poisson	0,3	N/D
Densidad de masa	8000	kg/m ³
Límite de tracción	550	MPa
Límite elástico	137.9	MPa

En la tabla 3.9 se puede apreciar las propiedades mecánicas del acero AISI 316 Chapa de acero inoxidable material asignado al recipiente.

Tabla 3.9. Propiedades mecánicas del acero AISI 316 Chapa de acero inoxidable (Iza; SolidWorks, 2014).

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	193	GPa
Coefficiente de Poisson	0,27	N/D
Densidad de masa	8000	kg/m ³
Límite de tracción	580	MPa
Límite elástico	172.37	MPa

En la tabla 3.10 se puede apreciar las propiedades mecánicas del Acrílico (Impacto medio-alto), material asignado a la tapa de la caja del reductor y del interruptor.

Tabla 3.10. Propiedades mecánicas del Acrílico (Impacto medio-alto) (SolidWorks, 2014).

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	3	GPa
Coefficiente de Poisson	0,35	N/D
Densidad de masa	1200	kg/m ³
Límite de tracción	73	MPa
Límite elástico	45	MPa

En la tabla 3.11 se puede apreciar las propiedades mecánicas del acero AISI 1015 Acero estirado en frío (Iza), material asignado a los tres pasadores.

Tabla 3.11. Propiedades mecánicas del acero AISI 1015 estirado en frío (SolidWorks, 2014).

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	205	GPa
Coefficiente de Poisson	0,29	N/D
Densidad de masa	7870	kg/m ³
Límite de tracción	385	MPa
Límite elástico	325	MPa

En la tabla 3.12 se puede apreciar las propiedades mecánicas del acero AISI 1020 Laminado en Caliente, material asignado a las tres chavetas.

Tabla 3.12. Propiedades mecánicas del acero AISI 1020 Laminado en Caliente (SolidWorks, 2014).

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	200	GPa
Coefficiente de Poisson	0,29	N/D
Densidad de masa	7900	kg/m ³
Límite de tracción	420.51	MPa
Límite elástico	351.57	MPa

3.7. Análisis estructural del asta de la mezcladora.

Como se explica anteriormente fue necesario realizar un análisis estructural al asta de la máquina ya que esta es la que soporta la mayor parte de las cargas a las cuales está sometida la máquina.

Para las cargas se tuvieron en cuenta los pesos de las piezas como el buje, el motor, el reductor con todos sus elementos, el recipiente, las cuchillas y la paleta además de simular aproximadamente 10 kg de mezcla, porción para la cual fue diseñada la máquina, tal y como muestra la figura 3.30. Todas estas fuerzas fueron consideradas como una carga remota a la hora del estudio para simplificar el modelo a la hora del cálculo. Vea figura 3.31.

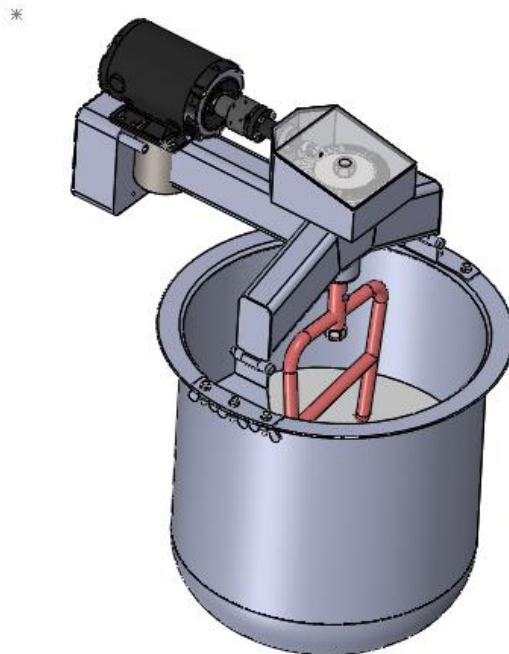


Figura 3.29. Elementos tomados en cuenta para simular la carga remota en el estudio.

La carga remota simulada en el diseño tuvo una magnitud de -1 499.05 N ubicada a una distancia de 1 044.26 mm con respecto al eje X; 12,73 mm, respecto al eje Y; y 1960.31 mm respecto al eje Z del centro de coordenadas.

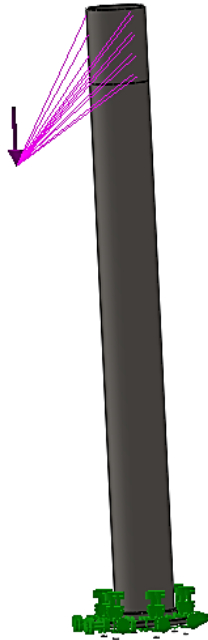


Figura 3.30. Ubicación de la carga remota en el asta de la mezcladora.

Para el mado de los modelos se tuvo en cuenta un tipo de elemento sólido estándar cuadráticos de alto orden con un tamaño de elemento de 20 mm con una tolerancia de 1.5 mm. Teniendo 7 376 elementos con 61 511 nodos.

El estudio realizado permitió conocer que las tensiones máximas se encontraron en uno de los agujeros del anillo base en la base del asta y estas tensiones tienen una magnitud máxima de 7.311 MPa, vea la figura 3.31. Lo que es conclusivo que una vez analizados los resultados del estudio estructural de análisis por elementos realizados al modelo del asta de la mezcladora de cereales se pudo apreciar que desde el punto de vista estructural resiste a los esfuerzos a los que estará sometido en su destino de servicio por lo que los materiales y las dimensiones propuestos son idóneos para su fabricación, componente fundamental de la mezcladora de cereales. El mínimo factor de seguridad para este estudio es de 34 lo que demuestra que los esfuerzos a los cuales está sometida la máquina están muy por debajo de sus valores de diseño, esto también puede considerarse como un reservorio de esfuerzo ya que este estudio se consideró solo el peso de varios

elementos estáticamente y no de manera dinámica cómo funciona la máquina en realidad (ver figura 3.32).

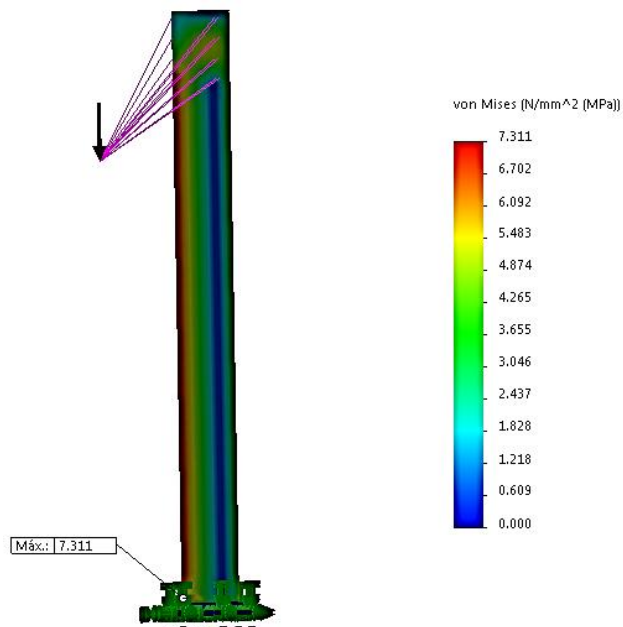


Figura 3.31. Tensiones de von Mises en el asta de la mezcladora.

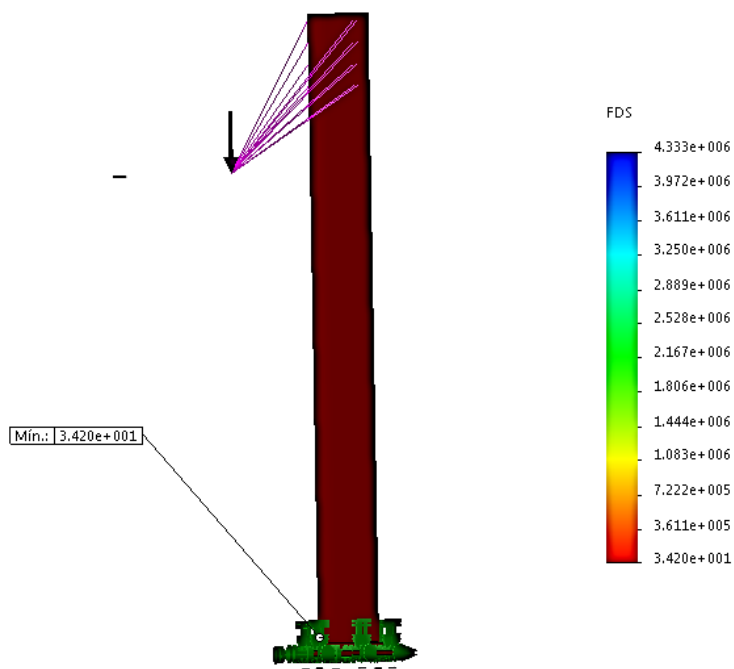


Figura 3.32. Factor de seguridad en el asta de la máquina.

Al modelo también se le realizó un estudio de pandeo estático debido a que la zona analizada es desproporcionalmente en sus dimensiones en cuanto largo y ancho, recomendándose bajo los principios de resistencia hacer estos tipos de estudios a piezas que reciban cargas y que tengan estas características. Para este segundo estudio se introdujeron los mismos valores de malla y carga que en estudio anterior teniéndose en cuenta para este estudio la base de la máquina. El desplazamiento en el eje del asta (x) tuvo un valor de 7 mm con un factor modal de 1 y un factor de carga 1.9091.

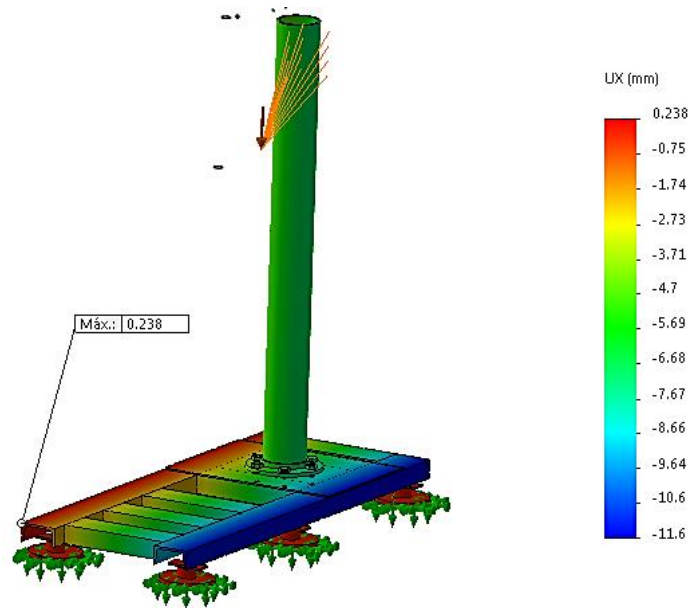


Figura 3.32. Factor de seguridad en el asta de la máquina.

CONCLUSIONES

1. Se diseñó estructuralmente la mezcladora de cereales pensando en las exigencias de pequeños negocios locales y se utilizó el software de diseño mecánico SolidWorks 2014 para la modelación y ensamble de todas sus piezas.
2. En aras de alcanzar el objetivo trazado se realizó un minucioso estudio de máquinas con funciones similares, valorando variables como precios de venta, métodos de fabricación y otros.
3. Para ratificar que la máquina diseñada funcionaría correctamente fueron analizados varios de los elementos que estaban sometidos a esfuerzo en la máquina comprobándose en todos los casos que resistían desde el punto de vista estructural.
4. Fue seleccionado un motor eléctrico acorde a las exigencias de la máquina teniendo en cuenta el procedimiento para ello y los datos aportados por el catálogo.

RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio estructural al prototipo de la mezcladora de cereales para determinar su comportamiento durante su trabajo.
- Desarrollar un diseño de detalle de todas las partes de la máquina para su posterior fabricación.
- Elaborar una guía de usuario y mantenimiento del equipo.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, D., O'Donnell, M., Williams, R., Bauman, T., & Pope, J. (2009). *Solidwork you mob are doing: Case Studies in Indigenous Dispute Resolution & Conflict Management in Australia*: National Alternative Dispute Resolution Advisory Council.
- Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (8va Edición ed. Vol. 1). México: Mc Graw-Hill.
- Carranza, A. A. G.** (2016). *Diseño de una máquina mezcladora de alimentos con diferentes frecuencias. Destinada al gremio de pequeños productores de animales en el recinto San Luis, del Catón Motcache 2015*. (Ingeniero Mecánico Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico.), Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo–Ecuador.
- Ensayos, C. (2013). Historia de la repostería.
- Flores, J. L. E., & Cuenca, B. E. F. (2009). *Repotenciación, construcción, montaje y pruebas de una planta de balanceado de la comunidad valle del anzú provincia de Pastaza* Escuela de ingeniería Mecánica
- Harper, G. E. (2003). *El ABC del control electrónico de las máquinas eléctricas*: Limusa.
- Hidalgo, A. I. B., & Lozano, E. M. (2009). *Diseño de una línea de producción de fertilizantes pulverizados usando molino de pines* Escuela Superior Politécnica del Litoral
- Iza, J. M. R. (2018). *Cración de una línea de productos de pastelería en base a la Jícama*. (Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar por el título de licenciada en gastronomía), Escuela de Gastronomía.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología* (Cuarta edición. ed.): Prentice-Hall Inc.
- Lefcovich, M. (2006). El diseño de productos y su efecto en los costes. Retrieved 21 de enero, 2014, from <http://www.gestiopolis.com/canales6/fin/el-efecto-del-costo-de-la-manufactura.htm>
- Maquinaria, E. (2016a). Amasadora cabezal fijo 62L. 2200 W. In M. d. hostelería (Ed.).
- Maquinaria, E. (2016b). Batidora Mezcladora ECO Planetaria Cuba Extraible IRGM7. In C. y. Hosteleria (Ed.).
- Maquinaria, E. (2016c). Batidora Mezcladora TebaT06 de 5 litros

- Maquinaria, E. (2016d). Batidoras Mezcladoras Planetaria Cuba Extraible IRBM10. In C. y. Hosteleria (Ed.).
- Moro, M. (2002). *Tecnologías de Fabricación* (Pearson Edition ed.). México.
- Nelson, R. (2003). *Los cereales (Grains)*: Ebsco Publishing.
- Polo, G. A. M. (2014). *Creación de una microempresa dedicada a la fabricación de todo tipo de postres saludables, en la ciudad de Quito*. (Trabajo de titulación de grado previa a la obtención del título de Ingeniera comercial), Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Pulvex. (2017). Mezcladora horizontal. In Industrias (Ed.).
- Ramírez, M. A., & Jakeline, C. O. (2010). *Proyecto de creación de una cafetería que brinda productos derivados del maíz en la ciudad de Guayaquil* Escuela Superior Politécnica del Litoral
- Ramos, Y. (2013). Empleo de elementos finitos en un estudio comparativo de dos sistemas de fijación interna para la fractura de cadera. *Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología*, 27(2), 186-198.
- Riba, C. (2006). *Ingeniería Concurrente: Una metodología integradora* (Primera edición ed.). Barcelona: Ediciones UPC.
- Robert L. Mott, P. E. (2006). *Diseño de elemento de Máquinas* (Cuarta ed.).
- Rodríguez, I. J. C. (2006). Mezclado y mezcladoras.
- SolidWorks, C. (2014). SolidWorks Premium (Version 2014) [Sistema CAD]. Suresnes, Francia: Dassault, Systemes.
- Trigo, C. N. d. I. I. M. d. (2017). Harina de Trigo.
- Valdivieso, M. B. S. (2016). *Producción orgánica de cultivos andinos* (M. B. S. Valdivieso Ed.).
- Weg. (2000). Catálogo de Motores América Latina- 50Hz.
- Weg. (2017). Selección y aplicación de motores eléctricos.
- Wikipedia. (2017). Repostería *Wikipedia*.