

DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA LA EXTRACCIÓN DE MANTECA PROCEDENTE DEL GRANO DE CACAO

Estudiante: WILDER SANCHEZ PEÑA
Director: CRISTHIAN IVAN RIAÑO JAIMES

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
2022

Dedicatoria

Esta tesis es dedicada a mi madre Julia Isabel Peña Alarcón y a mi padre Jaime Sanchez Sanchez, que gracias a ellos fue todo esto posible por su apoyo incondicional, sus motivaciones, su amor y todo el esfuerzo que realizaron para ayudarme a realizar unas de mis grandes metas a cumplir.

Agradecimientos

A Dios por haberme dado salud, fortaleza y poder encontrar en camino correcto para la realización del proyecto porque no fue nada fácil, pero fue posible gracias a él. A mis profesores especialmente a mi tutor de trabajo de grado, el profesor Cristhian Ivan Riaño Jaimes que me colaboro y me asesoro en la realización de mi tesis. También agradecerle a la universidad de Pamplona y al cuerpo de docentes por darme la oportunidad de formarme como profesional.

Índice

1. Resumen	12
1.1. Abstract	13
2. Introducción	14
2.1. Cuestiones a responder con la investigación	14
2.2. Hipótesis a comprobar	15
2.3. Contexto y condiciones del entorno de desarrollo	15
2.4. Justificación	15
2.5. Objetivos	16
2.5.1. Objetivo general	16
2.5.2. Objetivos específicos	16
3. Estructura del documento	17
4. Marco teórico y estado del arte	18
4.1. Estado del arte	18
4.1.1. Diseño y construcción de una máquina para la extracción de aceite de cacao, 2016	18
4.1.2. Desarrollo y evaluación del rendimiento de un extractor de manteca de cacao operado por UTM, 2021.	19
4.1.3. Rediseño de un Sistema Óleo Hidráulico de Extracción de Manteca de Cacao, 2015	20
4.2. Marco teórico	21
4.3. Diseño de forma de la solución	22
4.3.1. El sistema está conformado por los siguientes subsistemas.	24
4.3.2. Cámara para la extracción:	24
4.3.3. Estructura base:	24
4.3.4. Sistema hidráulico de potencia:	24
4.4. La manteca de cacao	25
4.5. metodología del diseño	26
4.6. factores a tener en cuenta para el diseño de extracción de manteca de cacao	26
4.6.1. Presión hidráulica	26
4.6.2. Temperatura adecuada de prensado	26
4.6.3. Tiempo requerido para el prensado	27
4.6.4. Cantidad de la materia prima	27
4.7. Máquinas comerciales	27
4.7.1. Prensa para manteca de cacao (CREAMY 35)	28
4.7.2. Máquina de prensado	30
4.8. Diferencias entre las máquinas comerciales	31
5. Metodología para el diseño	32
5.1. Especificaciones técnicas	32
5.2. Voz del usuario	32
5.3. Requisitos de proyecto	33
5.4. Diagrama de Mudge	34
5.5. Diagrama de Pareto	35
5.6. Aplicación despliegue de la función de calidad	36

6. Desarrollo del diseño	40
6.1. Estructura base	40
6.1.1. Análisis de estructura	43
6.2. Diseño del sistema de extracción	47
6.3. Diseño del sistema de la tolva	50
6.3.1. Elemento 12	53
6.3.2. Elemento 13	53
6.3.3. Sistema para controlar la temperatura	54
6.3.4. Elemento 24	54
6.4. Proceso de recolección	56
6.4.1. Mecanismo óptimo	58
6.4.2. Parte 1	58
6.4.3. Parte 2	58
6.5. Sistema de control	59
6.6. Normativa retie	61
6.7. Colores de los cables con la norma retie	61
6.8. Banda transportadora	62
6.9. Recipientes de recolección	67
6.10. Prototipo final	69
6.11. Sistema eléctrico	72
6.11.1. Control de motores	72
6.11.2. Variador de frecuencia	72
6.11.3. Ventajas del variador de frecuencia	74
6.11.4. Plc	74
6.11.5. Sistema de potencia del motor	76
6.11.6. Diseño con su sistema eléctrico	77
7. Ingeniería de detalle	79
7.1. Etapa 1. Justificación de diseño	79
7.1.1. Fabricación de la estructura	79
7.1.2. Materiales	79
7.1.3. Partes del ensamble que las medidas no son comerciales	81
7.1.4. Costo del diseño	83
7.1.5. Costos de los materiales del sistema hidráulico	83
7.2. Costos de otros materiales	83
7.3. Costo de mano de obra	84
7.4. Costo total del proyecto	84
8. Conclusiones	85

Índice de figuras

1.	DISEÑO DE FORMA DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN	23
2.	Diseño de la cámara de extracción	25
3.	Prensa para Manteca de Cacao CREAMY 35	28
4.	Máquina de prensado	30
5.	Diagrama de Mudge para el diseño de la máquina extractora de manteca de cacao	35
6.	Resumen de los cálculos en el análisis de Pareto.	36
7.	Estructura matriz de la casa de la calidad de QFD.	37
8.	Requisitos de producto y matriz de correlación para el diseño.	38
9.	Matriz de relacionamiento para la máquina extractora.	38
10.	Matriz de cuantificación de los requisitos de la máquina.	39
11.	estructura	41
12.	estructura	42
13.	Diseño de la base con 2200mm de largo.	43
14.	Tensión axial y de flexión	44
15.	Tensión axial y de flexión	44
16.	Desplazamiento estático	45
17.	Factor de seguridad	46
18.	Diseño de extracción	48
19.	Diseño de extracción	49
20.	Diseño de extracción renderizado	50
21.	sistema de ingreso del material	51
22.	sistema	52
23.	Resistencia tipo banda	53
24.	Sensor Temperatura Plc 3 Hilos	54
25.	Sistema de ingreso del material	55
26.	sistema	57
27.	sistema de control renderizado	59
28.	sistema de control	60
29.	Cableado	61
30.	banda transportadora renderizado	63
31.	banda transportadora	64
32.	banda transportadora de la manteca	65
33.	banda transportadora de la manteca renderizado	66
34.	recipiente para el cacao ya procesado	67
35.	recipiente para la recolección de la manteca del cacao	68
36.	diseño del proceso	69
37.	diseño de la máquina	70
38.	diseño del proceso finalizado	71
39.	Variador de frecuencia	73
40.	Tipo de conexiones.	74
41.	PLC	75
42.	Sensor de nivel	76
43.	Esquema de potencia	77
44.	Esquema	78
45.	Diseño con su sistema eléctrico	78
46.	canal U	79
47.	plano base	80
48.	Plano de banda transportadora	82

Índice de cuadros

1.	Especificaciones	29
2.	Requisitos de proyecto	33
3.	Costos materiales del sistema hidráulico	83
4.	Costos de otros materiales	83
5.	Resumen de costos del proyecto	84

1. Resumen

En las diferentes microempresas de Colombia dedicadas al proceso de manipulación del cacao, se ha requerido la obligación de realizar un mecanismo mucho más económico que permita obtener la manteca del grano de cacao y a su vez que cumpla con las exigencias de las empresas y con los mejores estándares de calidad.

La máquina explicada en este proyecto tiene como principal objetivo obtener la manteca del grano de cacao que se procesa en las diferentes microempresas de Colombia, favoreciendo a generar nuevas fuentes de ingresos ya que es un derivado del cacao muy comercializado.

Esta máquina tiene un sistema totalmente automatizado que agiliza todo el proceso y a su vez un mecanismo óptimo para conseguir la mayor cantidad de manteca del grano de cacao ya que esta es la materia prima, esta máquina cuenta con un sistema de control avanzado que le permite al operario tener información del proceso para cualquier anomalía y así tener el mejor rendimiento a la hora de realizar el proceso de extracción de la manteca del grano de cacao.

El proyecto examina un estudio de los diferentes procesos para la extracción de la manteca de cacao, los cuales serán analizados para posibles mejoras y tomar el mejor proceso para el diseño de esta máquina automatizada, a continuación se dividirá el diseño de la máquina en partes esenciales con el objetivo de explicar cada proceso y que cumpla con las exigencias de los usuarios ya que serán utilizadas a la hora del diseño de la máquina.

Obteniendo las necesidades y recomendaciones de los usuarios se determina los valores importantes a tomar, como sería el tipo de material y las dimensiones necesarias para su correcto funcionamiento, teniendo esto se lleva la creación de la máquina en donde se tendrán los planos para su construcción, finalmente se tendrá el diseño final renderizado para tener una idea realista de la máquina extractora de manteca de cacao.

1.1. Abstract

In the different micro-enterprises in Colombia dedicated to the process of handling cocoa, the obligation has been required to carry out a much cheaper mechanism that allows obtaining the butter from the cocoa bean and, in turn, that meets the demands of the companies and with the best quality standards.

The main objective of the machine explained in this project is to obtain the butter from the cocoa bean that is processed in the different micro-enterprises in Colombia, favoring the generation of new sources of income since it is a highly commercialized derivative of cocoa.

This machine has a fully automated system that speeds up the entire process and, in turn, an optimal mechanism to obtain the greatest amount of butter from the cocoa bean, since this is the raw material. This machine has an advanced control system that allows the operator to have information about the process for any anomaly and thus have the best performance when carrying out the process of extracting the butter from the cocoa bean.

The project examines a study of the different processes for the extraction of cocoa butter, which will be analyzed for possible improvements and take the best process for the design of this automated machine, then the design of the machine will be divided into essential parts. with the aim of explaining each process and that it meets the demands of the users since they will be used when designing the machine.

Obtaining the needs and recommendations of the users, the important values to be taken are determined, such as the type of material and the dimensions necessary for its correct operation, taking this into account the creation of the machine where the plans for its construction will be taken, Finally, the final design will be rendered to have a realistic idea of the cocoa butter extractor machine.

2. Introducción

Actualmente, existen muchas microempresas colombianas dedicadas al procesamiento de cacao, considerando la necesidad de extraer la manteca de este grano, surge la idea de diseñar una extractora de manteca del cacao.

Este proyecto se basa en diseñar una máquina que sea totalmente automática para extraer la manteca del grano del cacao, al ser totalmente automática solo va a necesitar que se le agregue la masa del cacao para así empezar a operar y finalmente entregar el producto deseado que sería la manteca separada de la masa del cacao. Esta máquina se diseña en un software CAD y con este se harán todas las pruebas posibles para su buen funcionamiento.

Finalmente, esto ayudara mucho a las micro-empresas a innovar y aprovechar al máximo las nuevas tecnologías y hacer más eficiente a la hora de obtener un nuevo subproducto de gran importancia en el mercado.

2.1. Cuestiones a responder con la investigación

Esta investigación está relacionada para las grandes empresas y también como las microempresas, ya que este tipo de empresas por no tener un gran musculo financiero, se ven afectadas a la hora de adquirir nuevas máquinas o nuevas tecnologías para el mejoramiento de sus procesos. Este tipo de empresas cuentan con máquinas manuales, esto quiere decir que para su funcionamiento es necesario un operario que va a estar encargado de hacer ciertas tareas que la máquina requiere para iniciar su funcionamiento, por eso se crea esta investigación de realizar una máquina extractora de manteca de cacao totalmente automática, para optimizar y mejorar el proceso de extracción ya que con esta máquina va agilizar este proceso haciendo la empresa mucho más productiva y con una tecnología al alcance de las microempresas.

2.2. Hipótesis a comprobar

Con esta máquina automatizada va a mejorar notablemente la calidad de la manteca de cacao y también la eficiencia de dicha máquina a la hora de la extracción, estos dos puntos son muy importantes ya que cumplen con las exigencias de las empresas a la hora de tener un producto de calidad.

2.3. Contexto y condiciones del entorno de desarrollo

No se cuenta con presupuesto para la realización de la máquina, pero se realiza el diseño de la máquina en un programa CAD, esto para determinar los componentes y su buen funcionamiento a la hora de construirla ya que se dejará toda la ingeniería de detalle, también los planos de cada proceso y con esto se podrá ejecutar la construcción de la máquina extractora de manteca de cacao.

2.4. Justificación

Debido a que estas pequeñas empresas de Colombia, formadas por asociaciones, tienen muy poco apoyo económico por entes gubernamentales, no tienen la suficiente maquinaria ni tecnología para llevar acabos procesos de industrialización, generando perdidas ya que este caso el grano de cacao tiene una amplia gama de subproductos y la más importante es la manteca, ya que con este derivado se pueden hacer la producción de mayor calidad de los chocolates y dulces con un sabor y olor más apetitoso.

Por esto se lleva a cabo la idea de diseñar una extractora de manteca, con el objetivo de obtener este subproducto a bajo costo, mejorando las condiciones de extracción y asegurando productos de buena calidad en el menor tiempo posible, ya que se pretende implementar una máquina escalable tecnológicamente.

2.5. Objetivos

2.5.1. Objetivo general

- Diseño de una máquina automática para la extracción de manteca del grano de cacao.

2.5.2. Objetivos específicos

- Identificar las diferentes variables involucradas en el proceso de extracción de manteca de cacao.
- Determinar los requerimientos del diseño, para llevar a cabo el desarrollo conceptual de la máquina para la extracción de la manteca del cacao.
- Diseñar conceptualmente la máquina de extracción a partir de los requerimientos de diseño.
- validar los resultados para posibles mejoras sobre el diseño y funcionalidad.

3. Estructura del documento

Capítulo 1 resumen: se da a conocer con un pequeño resumen lo que contiene el proyecto de investigación.

Capítulo 2 introducción: se da una explicación de lo que se requiere en el proyecto.

Capítulo 3 estructura del documento: se da a conocer brevemente cada capítulo para tener una idea de lo que se va a realizar

Capítulo 4 marco teórico y estado del arte: se muestra de forma general los proyectos relacionados, con el fin de saber que es lo similar a este nuevo proyecto y tomar esas consideraciones para no cometer fallas a la hora de diseñar la máquina extractora de manteca de cacao.

Capítulo 5 metodología para el diseño: se hacen diferentes estudios para saber que es lo mas importante que debe llevar la máquina y de esa forma se ahorraría presupuesto a la hora de diseñar dicha máquina.

Capítulo 6 desarrollo del diseño: se da a conocer todo el diseño en 3d y se explica parte por parte y así obtener el diseño final.

Capítulo 7 Ingeniería de detalle: se da a conocer todo acerca de los detalles para la realización de las piezas y el presupuesto que se gastaría al momento de realizar el proyecto.

4. Marco teórico y estado del arte

4.1. Estado del arte

4.1.1. Diseño y construcción de una máquina para la extracción de aceite de cacao, 2016

En este proyecto realizado por Luis Javier Manobanda, tiene uno de los objetivos principales diseñar una máquina extractora de aceite cacao, que conste de un método de control de temperatura y velocidad, para lograr extraer del aceite la mayor cantidad posible o manteca de las semillas del cacao o granos, ya que este mecanismo posibilita al operador modificar la velocidad y la temperatura del desempeño, para decidir qué criterios son los más adecuados en el proceso de sustracción del aceite del cacao.

Esto lo hizo con la finalidad de proponer diferentes alternativas y así poder tomar la decisión más eficiente para su respectivo diseño, lo cual le cumpliera con los requerimientos de los usuarios y que también estuvo en cuenta para la construcción de dicha máquina.

Predispuesto con cada una de las alternativas, procedió a realizar el dimensionamiento de cada subsistema, accediendo a escoger el material y las magnitudes correctas de la máquina para su conveniente manejo, además realizó su respectiva simulación, primordialmente de la parte mecánica, eléctrica y electrónica, de donde obtuvo los planos para la construcción [1].

Finalmente como resultado obtuvo que el aceite de cacao se solidifica a temperatura ambiente (20°C), convirtiéndose en manteca de cacao, coincidiendo el punto de fusión con la temperatura corporal (36°C), que una vez construida la máquina le llevó a cabo una serie de pruebas, para llegar a establecer que temperatura de trabajo logro encontrar entre los rangos de $100\text{-}170^{\circ}\text{C}$ definiendo así un cacao sin corteza, mientras que para cacao con corteza aplicó temperaturas entre los $70\text{-}100^{\circ}\text{C}$, logrando que el grano fluyera a lo largo del cilindro de extrusión, la misma que evitó que

el grano se pudiera quemar en el interior del cilindro provocando que el aceite obtuviera una apariencia más oscura y con un olor muy fuerte [2].

4.1.2. Desarrollo y evaluación del rendimiento de un extractor de manteca de cacao operado por UTM, 2021.

Este trabajo investigativo fue realizado por Devis Gayathri, Gopika y Ganesh, Comprendiendo las principales propiedades del grano de cacao, y con el surgiendo la de desarrollo o diseño de una máquina extractora de manteca de cacao, evaluando así el desempeño del extractor, en términos de eficiencia de extracción y tiempo de extracción, por ende, para llevar acabo su diseño se basaron en las propiedades de la ingeniería, desarrollando una máquina con las siguientes partes: Máquina de prueba universal: La máquina de ensayo universal constó principalmente de dos partes, una unidad de carga y unidad de control. La disposición de la muestra de prueba y el esfuerzo de la carga, manteniéndose en la unidad de carga, las variaciones en la aplicación de la carga y el resultado de la prueba correspondiente las obtuvieron de la unidad de control.

El pistón es una estructura cilíndrica con una superficie inferior plana. Está hecho de acero dulce con unas dimensiones de 21,7 cm y una longitud de 28,5 cm. Bolsa filtro prensa: Es una bolsa cilíndrica de color blanco hecha de nylon tejido de tamaño de poro de 2 micras como medio filtrante, la función principal de la bolsa de filtro prensa es separar de la masa del cacao la manteca. Cilindro: Es la parte principal del extractor que está hecha de acero dulce, la longitud, el diámetro y el grosor del cilindro son de 20 cm, 25 cm y 1,3 cm, aproximadamente, La extracción de mantequilla se lleva a cabo dentro del cilindro. Placa colectora: Se fijó una placa colectora ranurada en la parte inferior del cilindro para recoger la manteca de cacao extraída. Estaba hecho de acero dulce con 30,7 cm de diámetro y 1,3 cm de espesor.

Como resultado obtuvieron que la fuerza óptima requerida para que el extractor rindiera el máximo rendimiento era de 15 kN con una eficiencia

de extracción del 85,37 %. La presión aplicada sobre el pistón por la UTM fue de 132,7 kg/cm² [3].

4.1.3. Rediseño de un Sistema Óleo Hidráulico de Extracción de Manteca de Cacao, 2015

Este proyecto de investigación realizado por Alex Ricardo González Bustos y Francisco Isaac Peña Chila, consistió en plantear un método de control para que la manera de extraer la manteca del grano de cacao fuera semi-automático, Optimizando la relación robustez-volumen del sistema para disminuir costos, simultáneamente hicieron sustituciones en el sistema manual de prensado llevando acabo un técnica de control, comandando desde una pantalla para favorecer al operario de la ocupación de prensado, en el desarrollo del diseño de la máquina de extracción, consideraron una serie de parámetros de comprobación y componentes que necesitaron para la fabricación de la prensa, por lo tanto eligieron una fuerza de prensado en 50 MPa, seleccionando la temperatura de alcohol del cacao de 95°C hasta 105 °C y los materiales utilizado en todas las partes que el licor de cacao estuviesen roce y demás ingredientes a conseguir fue acero AISI 304. Al modificar las medidas de dicha cámara de extracción, se amplió la capacidad de producir el licor de cacao y así mismo agregaron herramientas de sujeción, facilitando el manejo a la hora de alinear y desmontar los materiales para dicho proceso de prensado. Por lo cual implementaron una pantalla de control, reduciendo el agotamiento físico del obrero por día de trabajo, permitiendo al operador dominar la temperatura y presión durante el transcurso del prensado.

Finalmente lograron comprobar que el rediseño de la máquina extractora aumentó en un 80 % el rendimiento de la manteca de cacao por cada hora, y así mismo incrementó el 170 % de la extracción de torta de cacao, en comparación con la máquina original, y que también al implementar una técnica de semiautomático le permitió al trabajador encargado del equipo hacer la labor de extracción con un mínimo esfuerzo [4].

4.2. Marco teórico

En la preparación de la pasta del cacao del grano en crudo, se debe llevar a cabo una cantidad de pasos, antes de llegar a la fábrica, los granos del cacao en crudos tienen que haberse fermentado y secado, después durante el proceso transbordo se realiza el primer control de calidad. Al llegar al centro de producción, el grano de cacao se somete a una observación detallada y después se limpiarán, se van agregando según se haya especificado y se rompen. Seguidamente, se separan de la corteza, dejando solo la parte interna, es decir dejando el grano sin cascara, los granos ya descortezados se les aplica un tratamiento con calor para eliminar algún tipo de bacterias, luego se tuestan y se trituran hasta conseguir la pasta de cacao líquida [5].

Los granos ya sin corteza sean alcalizan antes, durante o después del transcurso del tostado, esto establece el sabor y color de la pasta del cacao, que como resultado o semi acabado se le provee a las Industrias chocolateras y la establecen como la base, para la obtención del cacao en polvo y manteca del cacao, esta última se extrae de la pasta del cacao a través del prensado alta presión (hasta 550 kg/cm²) [6].

Posteriormente, se filtra para separarlo los residuos sólidos. La empresa o el productor proporcionan está manteca en forma líquida en cisternas o también sea de forma sólida en una caja de cartón. Este derivado del cacao es muy importante del chocolate [6].

Si el comprador lo requiere, la manteca de cacao se puede producir sin aroma mediante la utilización de vapor y extracción al vacío, por lo general las empresas solicitan una manteca de cacao con un sabor neutro, ya que esta es utilizada para la fabricación de cosméticos, artículos de tocador y otro farmacéutico [6].

La industria del cacao tiene un gran impacto social en la economía colombiana. En el año 2021 en Colombia hubieron sembradas 230.000 hectáreas de cacao, con una producción aproximada de 243.000 ton/año y mas de

153.000 empleos directos asociados. Siendo esta una de las industrias más tradicionales en Colombia, por ende, el mercado internacional, demanda grandes exportaciones del cacao y sus derivados, entre los cuales la manteca de cacao es muy apetecida. Ya que este producto es la base para la fabricación de chocolate, teniendo aplicación en la fabricación de productos farmacéuticos y cosméticos [7].

Para la extracción de manteca de cacao, la presión de licor de cacao es muy importante y se debe garantizar el proceso de separación de manteca del cacao, para esto la temperatura tiene un papel importante y se debe situarse entre 95-100°C por lo cual se debe contar con un sistema de calentamiento para el proceso [8].

4.3. Diseño de forma de la solución

La Figura 1 muestra un esquema del sistema convencional de extracción y sus componentes ensamblados, las medidas dependerán de las características finales que contenga la máquina con los componentes encontrados en el mercado local. Cuyas medidas están en milímetros [4].

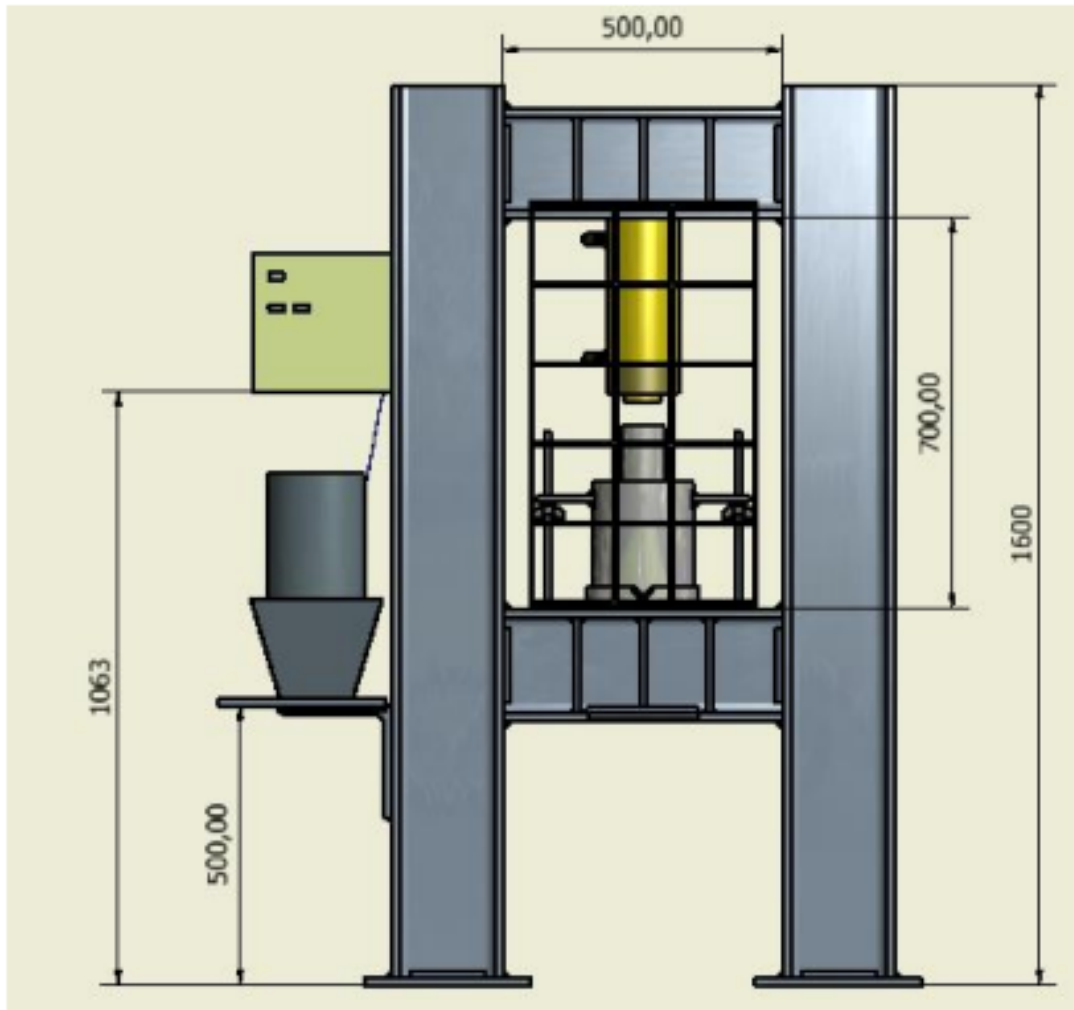


Figura 1: DISEÑO DE FORMA DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN
Fuente:[4]

Este diseño es uno de los sistemas mas utilizados en las industrias, ya que es el mejor que funciona hasta el momento, es un sistema manual que requiere de un operario para su funcionamiento, tomando este diseño como referencia para la realización de una máquina automatizada que va a mejorar este proceso, ya que no necesita de un operario para funcionar, haciendo de este máquina mucho mas productiva a la hora de extraer la manteca del cacao.

4.3.1. El sistema está conformado por los siguientes subsistemas.

- Cámara de extracción.
- Estructura base.
- Sistema hidráulico.
- Sistema eléctrico y de control.

4.3.2. Cámara para la extracción:

Es donde se realiza el proceso de la separación de la manteca de cacao.

En esta cámara el licor del cacao es prensado y llevado a través de una malla filtrante muy delgada cuyo material es acero inoxidable, ya que se trabaja con alimentos y es mucho más fácil a la hora de separar la manteca del cacao.

La Figura 2 se observa un diseño de la forma de la cámara para el proceso de extracción, la fuerza de la prensa hidráulica mueve el pistón y a su vez el cacao es comprimido hacia la base perforada, esto lleva que la grasa fluya por la malla filtrante y que pase a través de unos orificios colocados en la cámara de extracción [4].

4.3.3. Estructura base:

Es uno de los sistemas que tiene importancia, porque es soporte metálico que va a llevar todo el diseño y la prensa hidráulica, esta se debe diseñar para soportar altas cargas como lo es la prensar para la extracción [4].

4.3.4. Sistema hidráulico de potencia:

Este sistema es el encargado de generar toda la potencia mecánica para tener un prensado óptimo a la hora de extraer la manteca de cacao, este

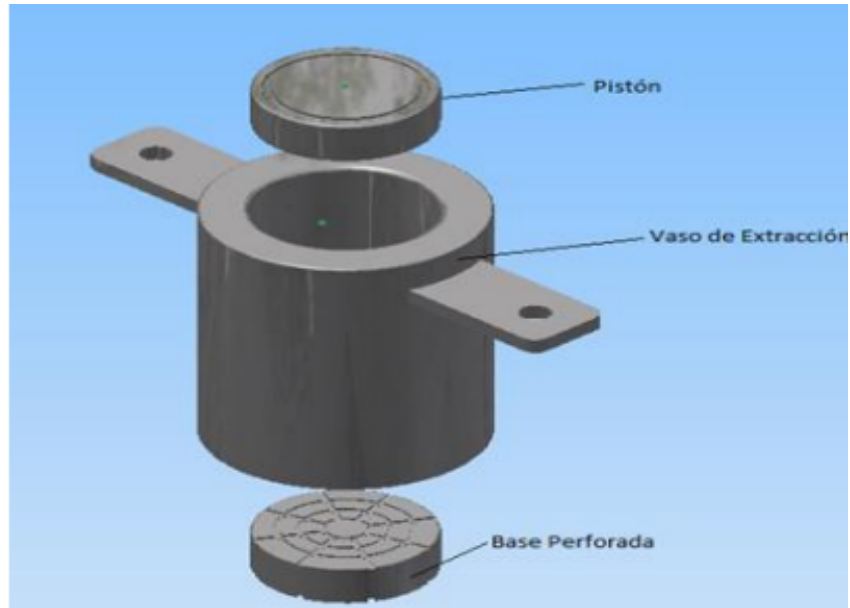


Figura 2: Diseño de la cámara de extracción
Fuente:[4]

máquina es conforma por un depósito de aceite, que con ayuda de motor bomba y los conductos de alimentación del cilindro hidráulico da la potencia apropiada [4].

4.4. La manteca de cacao

Es una sustancia natural que contiene muchas vitaminas y ácido oleico, ácido palmítico y ácidos grasos, estos son muy beneficiosos para la piel y el cuerpo [9].

Este producto natural puede utilizarse como ingrediente de las siguientes maneras:

- Tipos de alimentos.
- Recetas culinarias.
- Productos cosméticos.
- Industria farmacéutica.

- Fabricación de jabones.
- Aceites y grasas en la culinaria [9].

4.5. metodología del diseño

En este proyecto se muestra el proceso para diseñar del sistema de extracción de la manteca de cacao y se toma como base principal el diseño de un sistema manual que es la Figura 1.

Gracias a este proceso se identificarán los parámetros a tener en cuenta y de control, para luego ser acomodados en el nuevo diseño y así proceder a la realización de modelos en 3d y seleccionar los equipos más adecuados [4].

4.6. factores a tener en cuenta para el diseño de extracción de manteca de cacao

4.6.1. Presión hidráulica

El valor de la presión que se necesita es de 50 MPa, con este valor se garantiza una extracción del 85 % de grasa del cacao [10]. Igualmente, para tener una torta (con este producto se fabrica los chocolates) de buena calidad, el porcentaje mínimo de grasa que esta debe contener es del 8 al 28 % [4].

4.6.2. Temperatura adecuada de prensado

El valor de temperatura de operación será de 100°C así se facilitará para que fluir de la manteca pase por la cámara de extracción. El rango de temperatura de las prensas más comerciales es 95 y 105°C [11].

4.6.3. Tiempo requerido para el prensado

El tiempo para el proceso de extracción se estima de unos 20 minutos, ya que esto garantiza una mayor cantidad de grasa obtenida. Últimamente, se han encontrado registros de prensas que funcionan con tiempos de hasta 15 minutos [12].

4.6.4. Cantidad de la materia prima

En este proceso es dado por la cantidad de masa del cacao para procesar ya que en este caso es de 1,5 kg y con este valor se dimensiona el tamaño del vaso donde va cuya masa para el sistema de extracción [4].

4.7. Máquinas comerciales

En la industria hay diferentes máquinas para la extracción de manteca de cacao, la mayoría funciona muy similar y entre ellas podemos encontrar:

4.7.1. Prensa para manteca de cacao (CREAMY 35)

En la Figura 3 Es una de las máquinas mas comerciales que hay en el mercado [13].



Figura 3: Prensa para Manteca de Cacao CREAMY 35
Fuente:[13]

ESPECIFICACIONES	
MODELO	CREAMY 35
CAPACIDAD POR BATCH	7.5 Kg
TIEMPO POR BATCH	12 - 20 min.
% DE EXTRACCIÓN	35 - 43 %
PRESIÓN DE TRABAJO	45 MPa
POTENCIA DEL MOTOR	2.2 Kw
PESO	850 Kg
DIMENSIONES (MM)	870x780x1350

Cuadro 1: Especificaciones

Fuente[13]

4.7.2. Máquina de prensado

En la Figura 4 podemos observar una máquina de prensado mucho mas pequeña.



Figura 4: Máquina de prensado
Fuente[14]

4.8. Diferencias entre las máquinas comerciales

La mayoría de las máquinas comerciales funcionan con el mismo principio que sería con un cilindro hidráulico y el pistón, estas máquinas necesitan de un operario encargado de cargar y retirar el material en el cilindro, lo que genera un retraso al momento de la producción.

Con este nuevo diseño innovador se va a eliminar ese retraso, aumentando la producción ya que es totalmente automática y es para todo tipo de empresa, especialmente para las micro-empresas que quieren innovar y con poco presupuesto ya que es un diseño pequeño pero a la vez muy productivo.

[8]

5. Metodología para el diseño

En este capítulo se llevará a cabo diferentes parámetros para determinar y tomar las mejores decisiones para el diseño del sistema de extracción de manteca de cacao automatizado [15]. Para ello se va a desarrollar la función de calidad QFD (Quality Function Deployment) también llamado la casa de la calidad o análisis de necesidades, es un sistema muy usado en la ingeniería para la creación de productos que se acoplen a las necesidades y gustos de los usuarios finales[16].

5.1. Especificaciones técnicas

Para determinar las especificaciones técnicas, lo primero que se debe hacer es un análisis de los requerimientos del usuario para el diseño de dicha máquina.

5.2. Voz del usuario

En la casa de la calidad para la creación de productos es primordial tomar como primer paso la voz del usuario, permitiendo determinar las necesidades de los clientes para tener una idea mucho mas clara a la hora de realizar el diseño de la máquina extractora de manteca de cacao automatizada [16].

Los requerimientos del usuario son:

- Una máquina totalmente automatizada.
- Que sea una máquina fácil de operar.
- Que sea una máquina de bajo consumo de energía.
- Que sea una máquina compacta.
- Que sea una máquina fácil a la hora de hacerle mantenimiento
- Que la máquina entregue la manteca del cacao en un molde para su fácil empaclado.

- Que sea una máquina de bajo costo.

5.3. Requisitos de proyecto

Con los requerimientos realizados anteriormente para definir las necesidades del usuario es muy importante porque con ellas se analiza y se observa las necesidades más importantes para tenerlos en cuenta a la hora de realizar los requisitos de proyecto como en el cuadro 2.

En este proceso las necesidades del usuario se mejoran para los requisitos de proyecto, esto se realiza para determinar las propiedades físicas finales más relevantes del diseño de dicha máquina. La realización apropiada de estas propiedades para el diseño, asegura que dé solución a todas las necesidades y especificaciones deseadas, esto porque es un proceso de ingeniería que es usado para determinar cada uno de los requisitos del proyecto y al realizar este proceso permite que cada requisito de diseño sea agrupado a una característica técnica [17].

Requisitos de proyecto	
Funciones	Requerimientos del proyecto
1	Fabricación de bajo costo.
2	Fabricación en acero inoxidable.
3	Estructura resistente.
4	Fácil mantenimiento.
5	fácil de instalar.
6	fácil manejo.
7	Bajo consumo de energía.
8	Alto rendimiento.
9	niveles de protección.
10	controles de inicio y parada.
11	Fácil fabricación.

Cuadro 2: Requisitos de proyecto
Fuente: Propia

5.4. Diagrama de Mudge

Teniendo los requisitos de proyecto definidos en el cuadro 2, el siguiente paso es la metodología, esta se encarga de establecer el nivel de importancia o el peso de cada uno del cuadro. Los requerimientos de proyecto ya definidos anteriormente representan las necesidades más comunes a la hora de diseñar, pero algunos necesitan de una atención mucho mayor y es por eso que se requiere implementar un método a seguir para determinar el valor de mayor importancia.

El diagrama de Mudge es una gran opción porque realiza la comparación de los requerimientos de proyecto con el propósito de crear una comparación entre ellos y saber cuál es su valor de importancia más importante en el proyecto. La comparación en el diagrama de Mudge se ha realizado agregando un valor en cada evaluación de las funciones obtenidas y el procedimiento es de responder dos preguntas en el momento de cuando se hace una comparación entre las dos funciones [18].

Cuyas preguntas se muestran a continuación, 1) ¿Cuál de las dos funciones es más importante? 2) teniendo una regla ya definida ¿cuál sería el valor con más importancia? La regla a utilizar para determinar el valor de importancia contiene valores entre 1 y 5, en el cual 5 es el grado mayor y 1 el menor grado de importancia. Los valores son indicados por las siguientes letras A,B,C,D,E con valores numéricos de 5,4,3,2,1.

en la Figura 5 se puede observar el diagrama de Mudge, donde en la parte inferior izquierda se puede ver el nivel establecido de eficiencia para definir el nivel de mayor importancia. En la columna “sum” se puede observar los resultados conseguidos de la evaluación de cada requerimiento y su nivel de porcentaje [19].

Funciones	Customer Requirements	%	Acomulado	Suma
10	Estructura resistente.	14,59	14,59	27
2	controles de inicio y parada.	14,59	29,19	27
3	Alto rendimiento.	14,05	43,24	26
8	Fabricación en acero inoxidable.	12,97	56,22	24
9	niveles de protección.	12,43	68,65	23
6	Fácil fabricación.	9,19	77,84	17
1	fácil manejo.	7,57	85,41	14
11	Fabricación de bajo costo.	6,49	91,89	12
5	Fácil mantenimiento.	3,24	95,14	6
4	fácil de instalar.	3,24	98,38	6
7	Bajo consumo de energía.	1,62	100,00	3

Figura 6: Resumen de los cálculos en el análisis de Pareto.

Fuente: Propia

5.6. Aplicación despliegue de la función de calidad

Al seguir con la etapa de estudio y diseño de la máquina extractora de manteca de cacao, se utiliza el sistema de despliegue de la función de calidad QFD, como técnica para seguir con los siguientes procesos en el desarrollo de la máquina extractora y esta técnica recopila los requerimientos y necesidades del diseño, ya que las ordena en un conjunto de características técnicas y operativas convenientes a establecer un requerimiento del producto que compensa los requerimientos [20].

En la Figura 7 se muestra los resultados al general todo el esquema de QFD y las matrices agrupadas a la casa de la calidad. La creación de este proceso fue aplicada por la necesidad de agregar un método de calidad a la hora de crear los diseños y definir los tiempos para ejecutar el control de métodos [21]. Con la realización de la casa de la calidad se argumenta como son las necesidades de los clientes y se hace un análisis de proyectos similares para la detención de requisitos del equipo de fabricación y correlación entre los exigencias del proyecto, ya que son incluidos y llevado a la solución final [22].

QFD: House of Quality
 Project: DISEÑO DE UNA MAQUINA AUTOMATICA PARA LA EXTRACCION DE MANTECA
 Date: 5 de Marzo 2022

Correlación	
Positiva	+
Negativa	-
Sin Correlación	
Relationships	
Fuerte	●
Moderada	○
Debil	▽
Dirección de Mejora	
Maximiza	▲
Objetivo	◇
Minimiza	▼

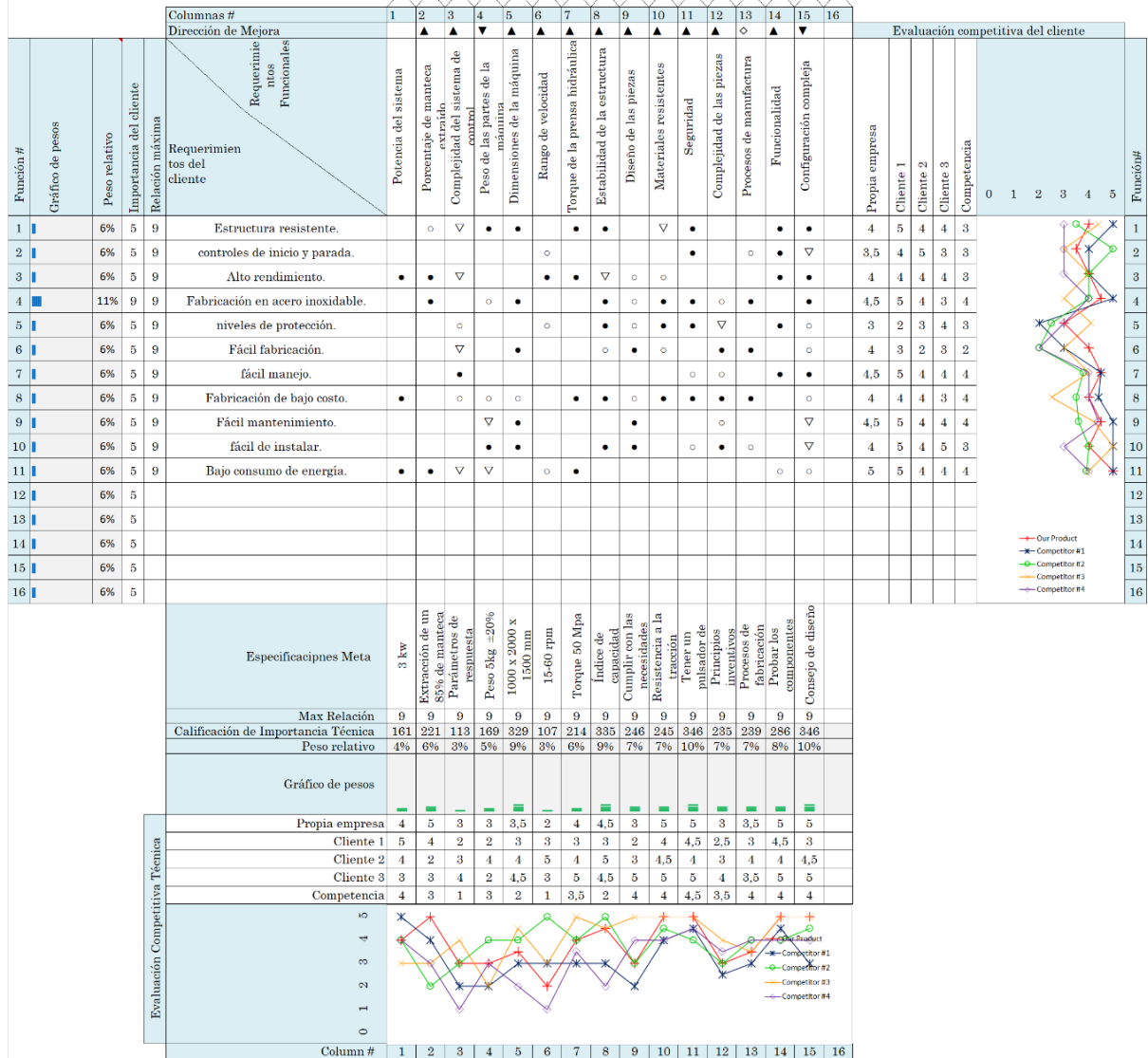


Figura 7: Estructura matriz de la casa de la calidad de QFD.
 Fuente: Propia

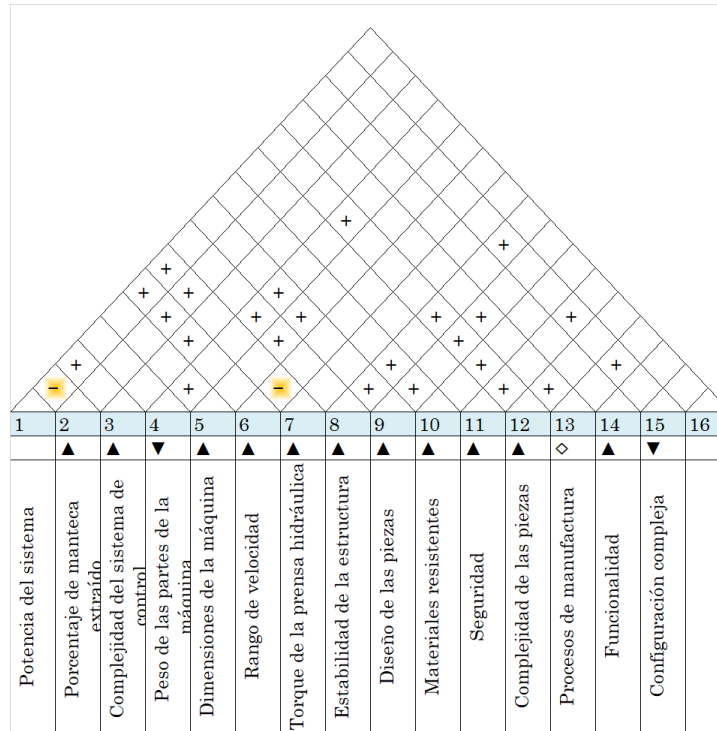


Figura 8: Requisitos de producto y matriz de correlación para el diseño.

Fuente: Propia

Columnas #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Dirección de Mejora	▲	▲	▲	▼	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▼
Requerimientos del cliente	Potencia del sistema	Porcentaje de manteca extraído.	Complejidad del sistema de control	Peso de las partes de la máquina	Dimensiones de la máquina	Rango de velocidad	Torque de la prensa hidráulica	Estabilidad de la estructura	Diseño de las piezas	Materiales resistentes	Seguridad	Complejidad de las piezas	Procesos de manufactura	Funcionalidad	Configuración compleja
Estructura resistente.		○	▼	●	●		●	●		▼	●			●	●
controles de inicio y parada.						○					●		○	●	▼
Alto rendimiento.	●	●	▼			●	●	▼	○	○				●	●
Fabricación en acero inoxidable.		●		○	●			●	○	●	●	○	●	●	●
niveles de protección.			○			○		●	○	●	●	▼		●	○
Fácil fabricación.			▼		●			○	●	○		●	●		○
fácil manejo.			●								○	○		●	●
Fabricación de bajo costo.	●		○	○	○		●	●	○	●	●	●	●		○
Fácil mantenimiento.			▼	●				●				○		▼	
fácil de instalar.			●	●				●	●		○	●	○		▼
Bajo consumo de energía.	●	●	▼	▼		○	●							○	○

Figura 9: Matriz de relacionamiento para la máquina extractora.

Fuente: Propia

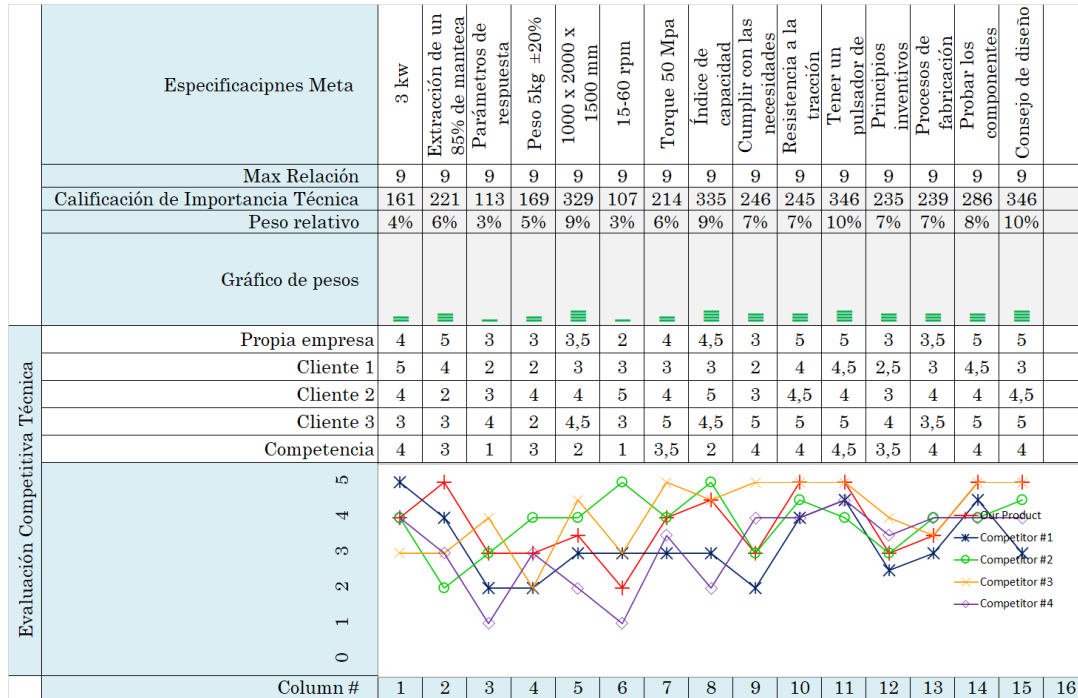


Figura 10: Matriz de cuantificación de los requisitos de la máquina.

Fuente: Propia

En las Figuras 8, 9 y 10 poder visualizar con mucha mas claridad cada etapa de la QFD de la Figura 7.

6. Desarrollo del diseño

El desarrollo del diseño se toma los resultados obtenidos de la matriz QFD de la Figura 7 que se estudian con detalle cada uno de los exigencias fundamentales, esto es con el fin de crear el diseño final que tenga toda la ingeniería requerida para cada realización [23].

Para mostrar la ingeniería de detalle de la solución se crea un prototipo con un programa de modelado CAD (diseño asistido por computadora). Se realiza los aspectos de apariencia, dimensiones y propiedades físicas para obtener el diseño con las características físicas reales que la máquina adquirirá en su fabricación [18].

6.1. Estructura base

La estructura base es lo más importante a tener en cuenta, es el soporte metálico de todo el diseño de la máquina y de la prensa, este se debe diseñar para que soporte la carga generada para el prensado del cacao.

Para la realización de la estructura se toma como referencia la figura 1 y cumpliendo con los requisitos de la casa de la calidad. El diseño de la estructura base obtenido se puede ver en la Figura 11, la Figura 12 se observa la base completa ya con la lámina de acero inoxidable y con unidades de medidas en milímetros.

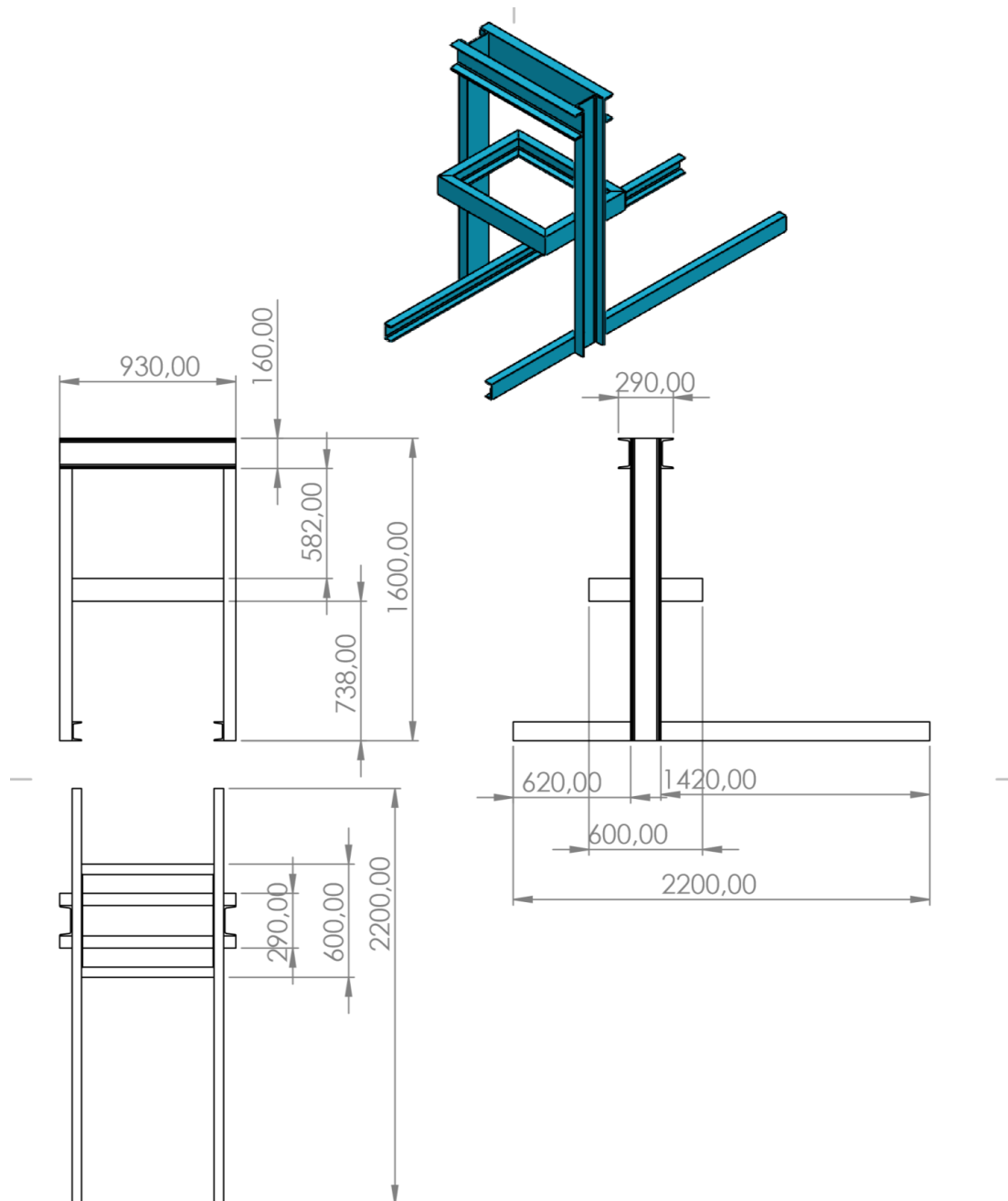


Figura 11: estructura
Fuente: Propia

PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD en mm
ESTRUCTURA		1
canal tipo u	CH 160 x 18	3460
canal tipo c	C CHANNEL 100,00 X 8	4400
canal	C CHANNEL 120,00 X 8	2800
canal	L 25,00 X 25,00 X 4,000	2364.6
lamina acero inoxidable	2,000 x7,000	14000

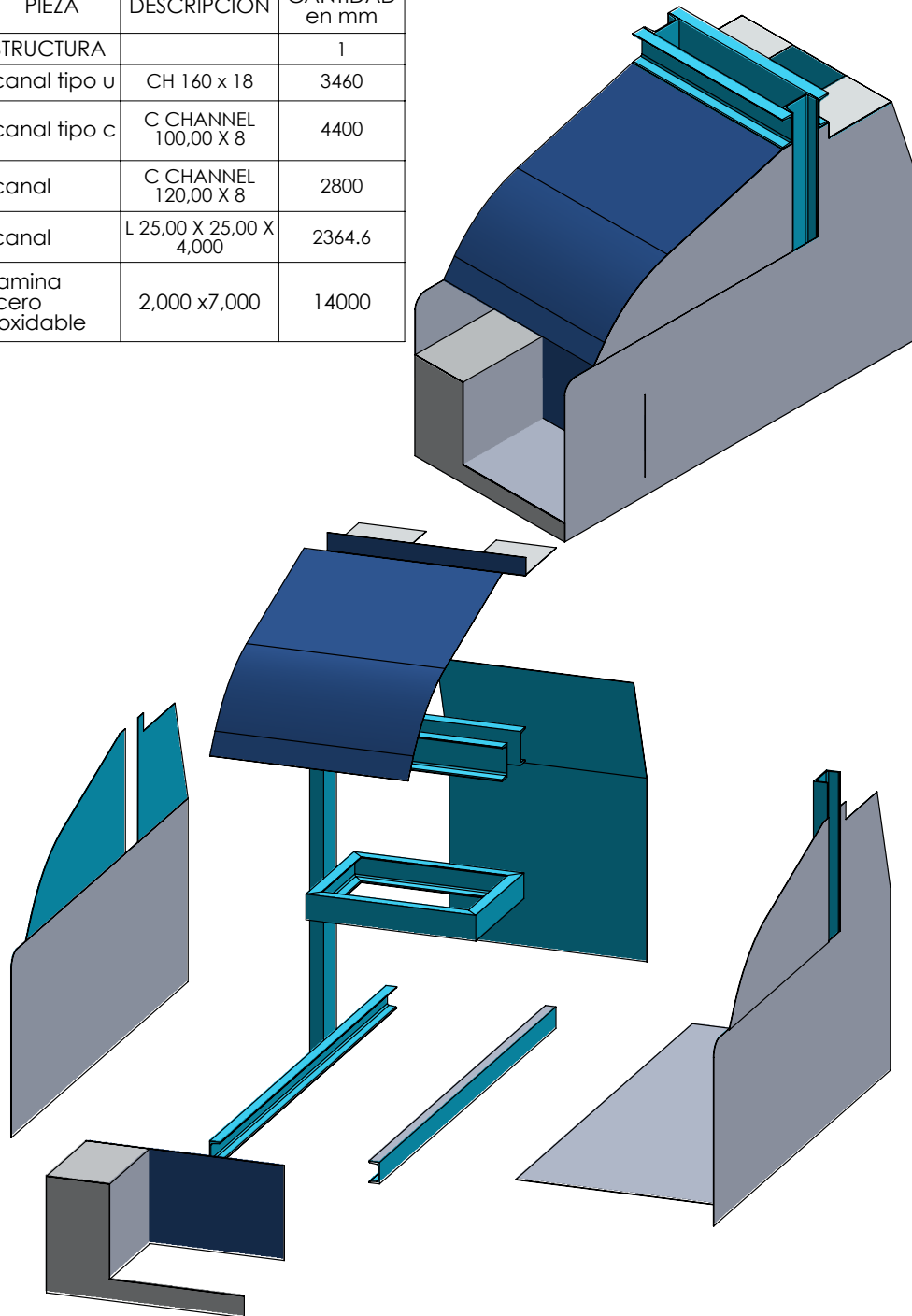


Figura 12: estructura
Fuente: Propia

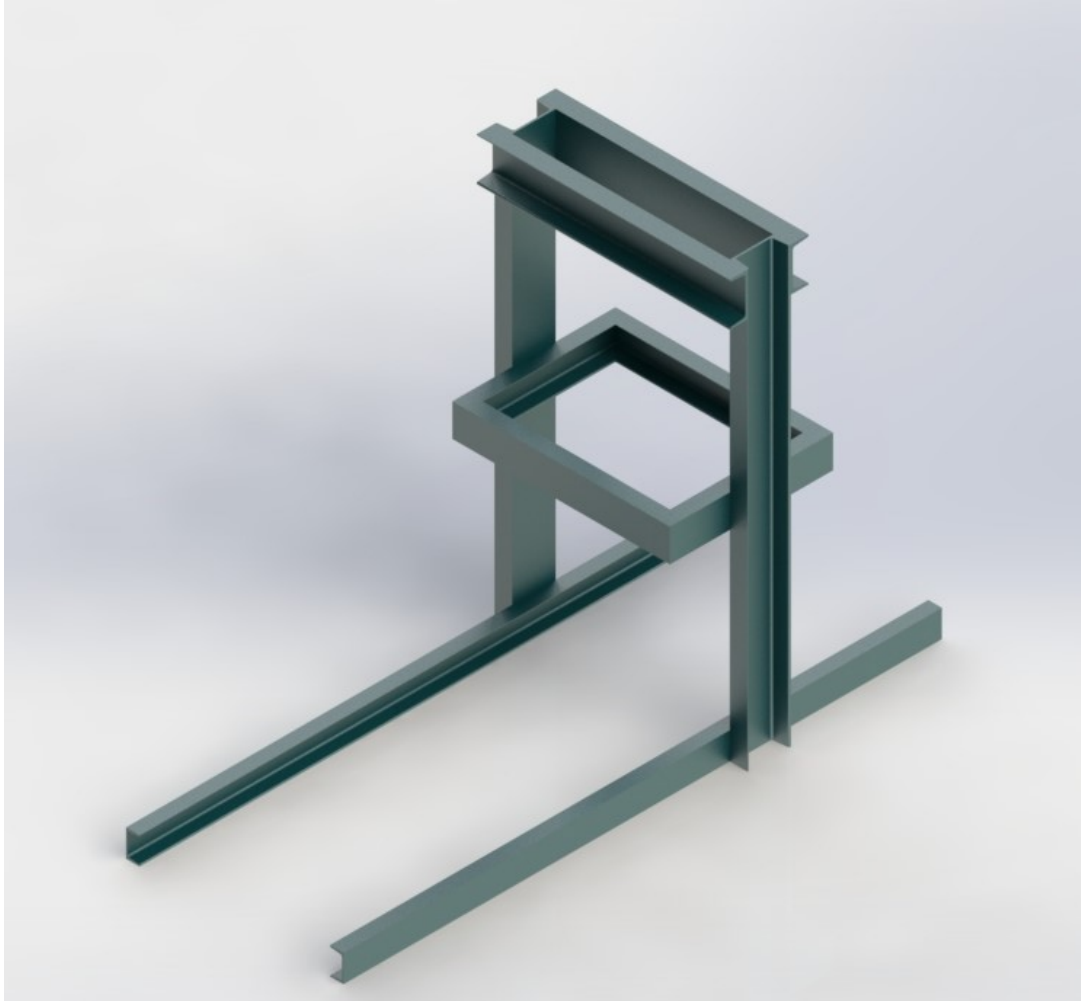


Figura 13: Diseño de la base con 2200mm de largo.
Fuente: Propia

6.1.1. Análisis de estructura

En esta etapa se analiza la estructura haciendo una simulación de toda la estructura base diseñada anteriormente, esto se hace para conocer si el diseño soporta la carga generada por la prensa hidráulica.

Esta simulación se realiza en SolidWorks igual que todo el diseño anterior. Lo primero seria definir la carga que se va aplicar para la estructura, en este caso tenemos que para un prensado óptimo se necesita una carga de 50 Mpa y para esta prueba se va aplicar una carga mayor, esto para tener

un margen de error.

En la Figura 14 y 15 se aplica una presión de 82Mpa y como resultado se obtiene la tensión y flexión de la estructura, para poder ver un poco mejor las tinciones se realiza una escala de deformación de 182.

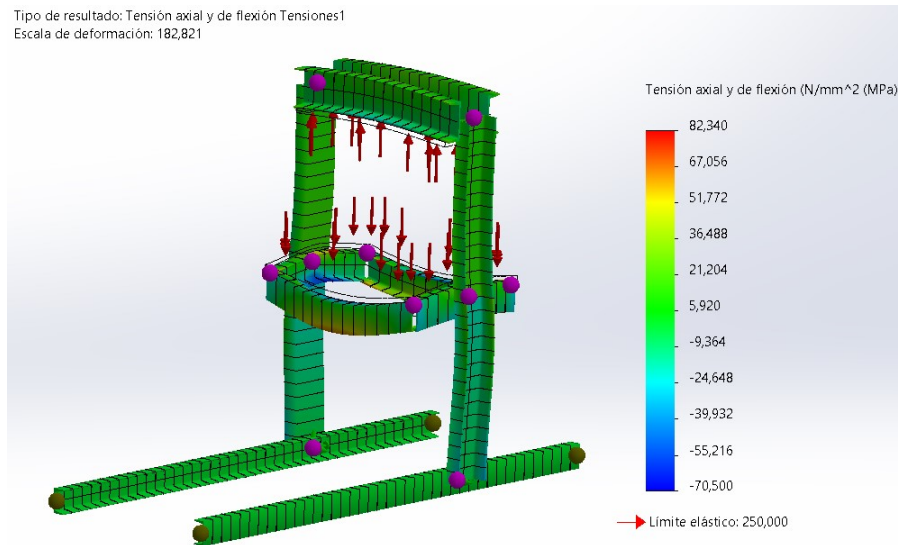


Figura 14: Tensión axial y de flexión
Fuente: Propia

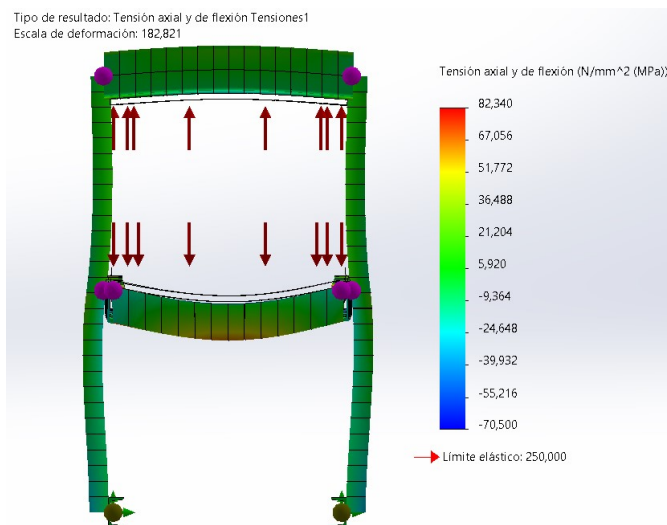


Figura 15: Tensión axial y de flexión
Fuente: Propia

Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 182,821

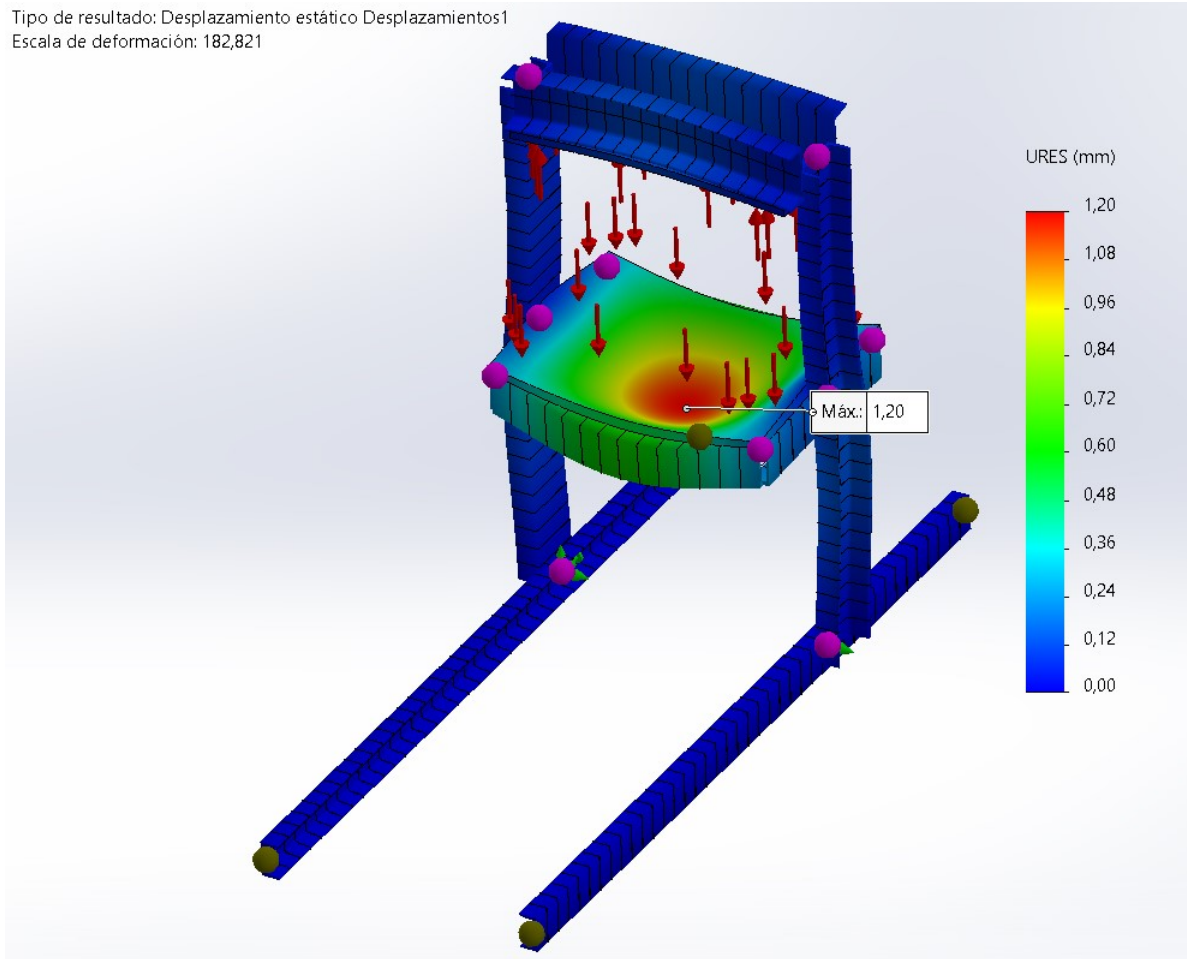


Figura 16: Desplazamiento estático
Fuente: Propia

En la Figura 16 se puede observar que al aplicarle la presión de 82 Mpa hay una pequeña deformación máxima de 1.2 milímetros.

Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2

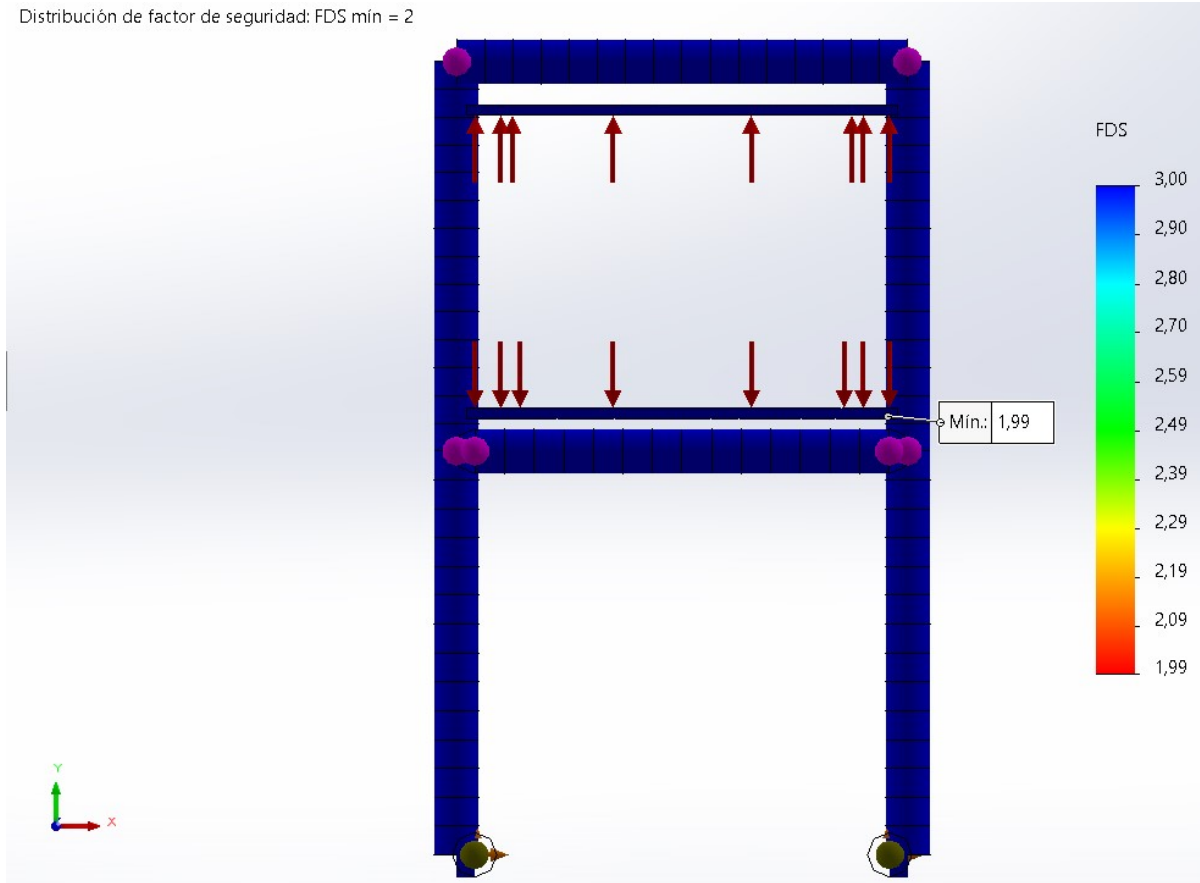


Figura 17: Factor de seguridad
Fuente: Propia

La Figura 17 es uno de los análisis importantes en el diseño, porque se conoce el factor de seguridad (FDS), este ayuda a conocer que tanto es lo que soporta la estructura y en este caso el FDS mínimo es 2, esto quiere decir que la estructura va a soportar dos veces la carga inicial que es 82 Mpa.

Con este resultado se puede decir que es un resultado optimo, porque no se está gustando material innecesario.

6.2. Diseño del sistema de extracción

En la Figura 18 y 19 se muestra el plano del diseño de extracción con sus componentes ensamblados, en esta etapa del diseño es donde se realiza el proceso de extracción de la manteca de cacao, en donde el cacao es llevado a través de una malla filtrante muy delgada y está hecho de un material en acero inoxidable y allí es prensado para realizar el proceso de extracción.

También se puede observar en la Figura 20 el mismo sistema pero renderizado para poder apreciar el sistema en una imagen mas realista.

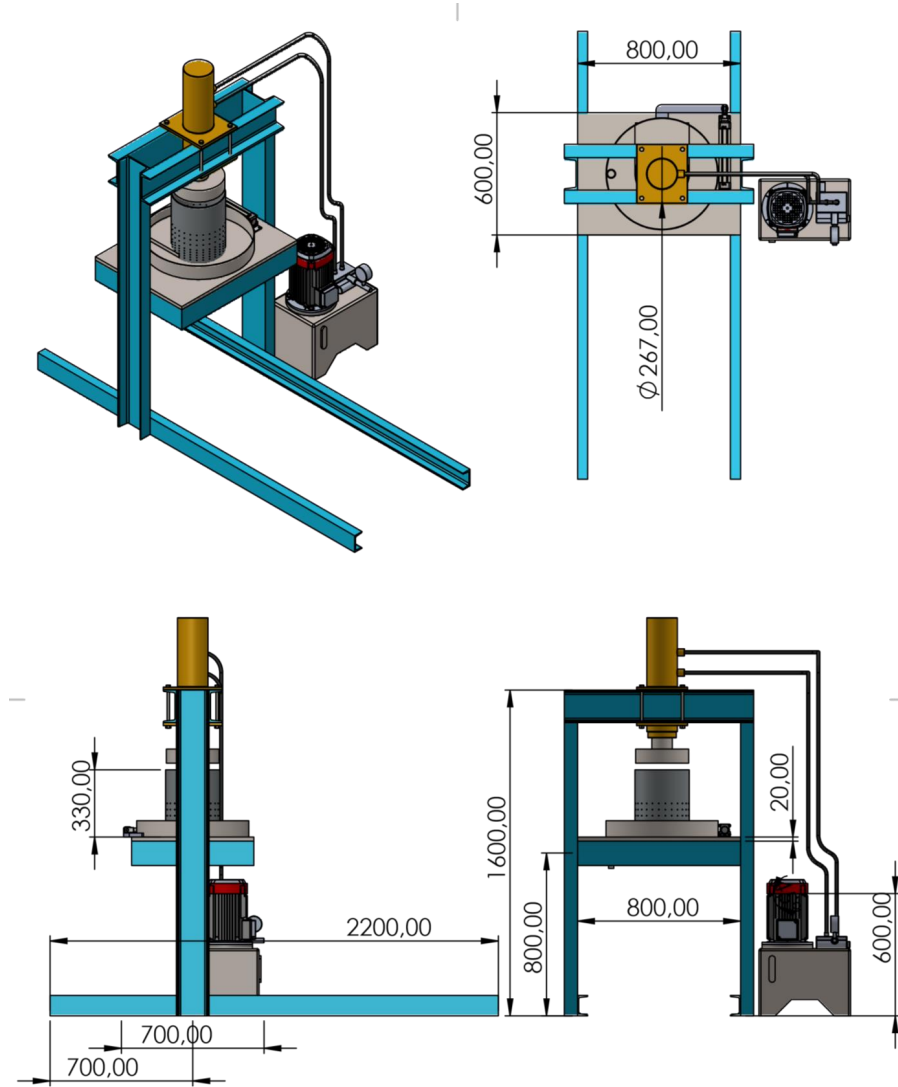


Figura 18: Diseño de extracción
Fuente: Propia

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	ESTRUCTURA	1
3	PISTON	1
4	FILTRO	1
5	PISTON PRENSA	1
6	PLACA BASE	1
7	TUBING	1
8	TUBING 2	1
9	BOMBA HIDRAULICA	1
10	HBOLT 0.5000-20x8x1.375-N	7
20	Piston 40.250	1
21	BANDEJA	1
22	soporte movable	1

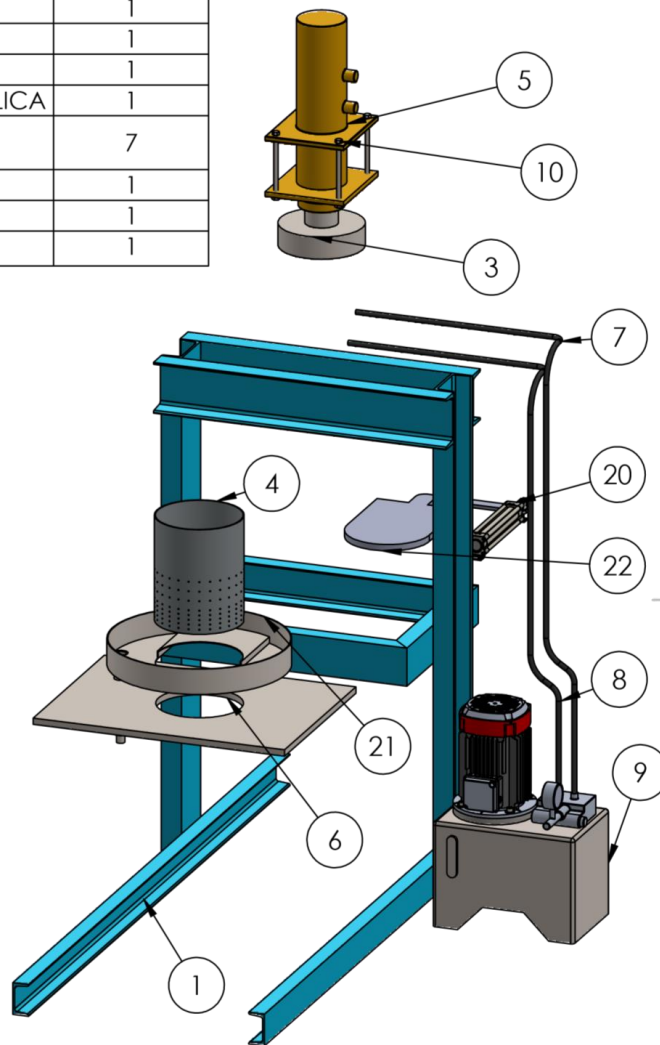


Figura 19: Diseño de extracción
Fuente: Propia

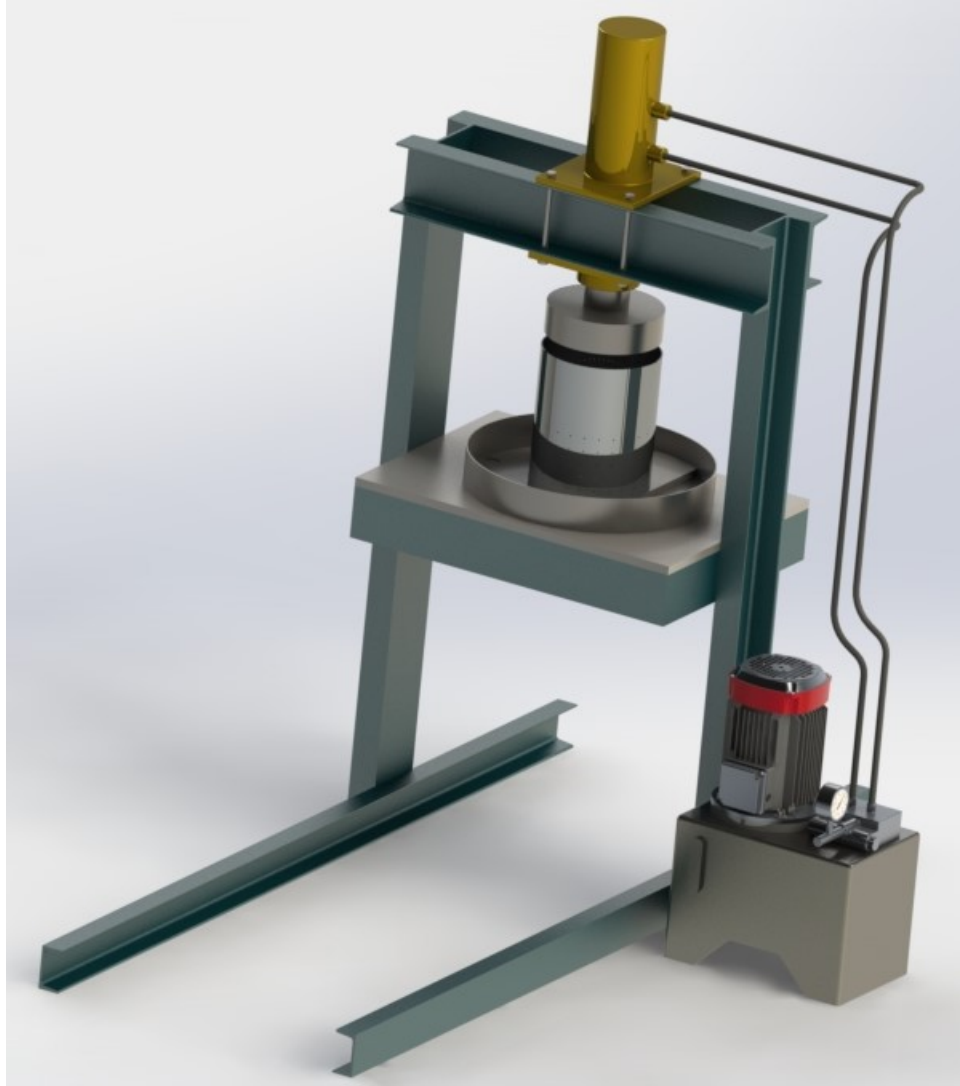


Figura 20: Diseño de extracción renderizado
Fuente: Propia

6.3. Diseño del sistema de la tolva

La tolva que se muestra en la Figura 21 tiene una parte que es rectangular y el material es en acero inoxidable, ya que es lo mas fiable para este tipo de máquina. Cuya imagen, aparte de tener la tolva, tiene una unión que va conectada a una válvula de bola neumática y esta es la encargada de dejar pasar el flujo hacia la cámara de extracción.

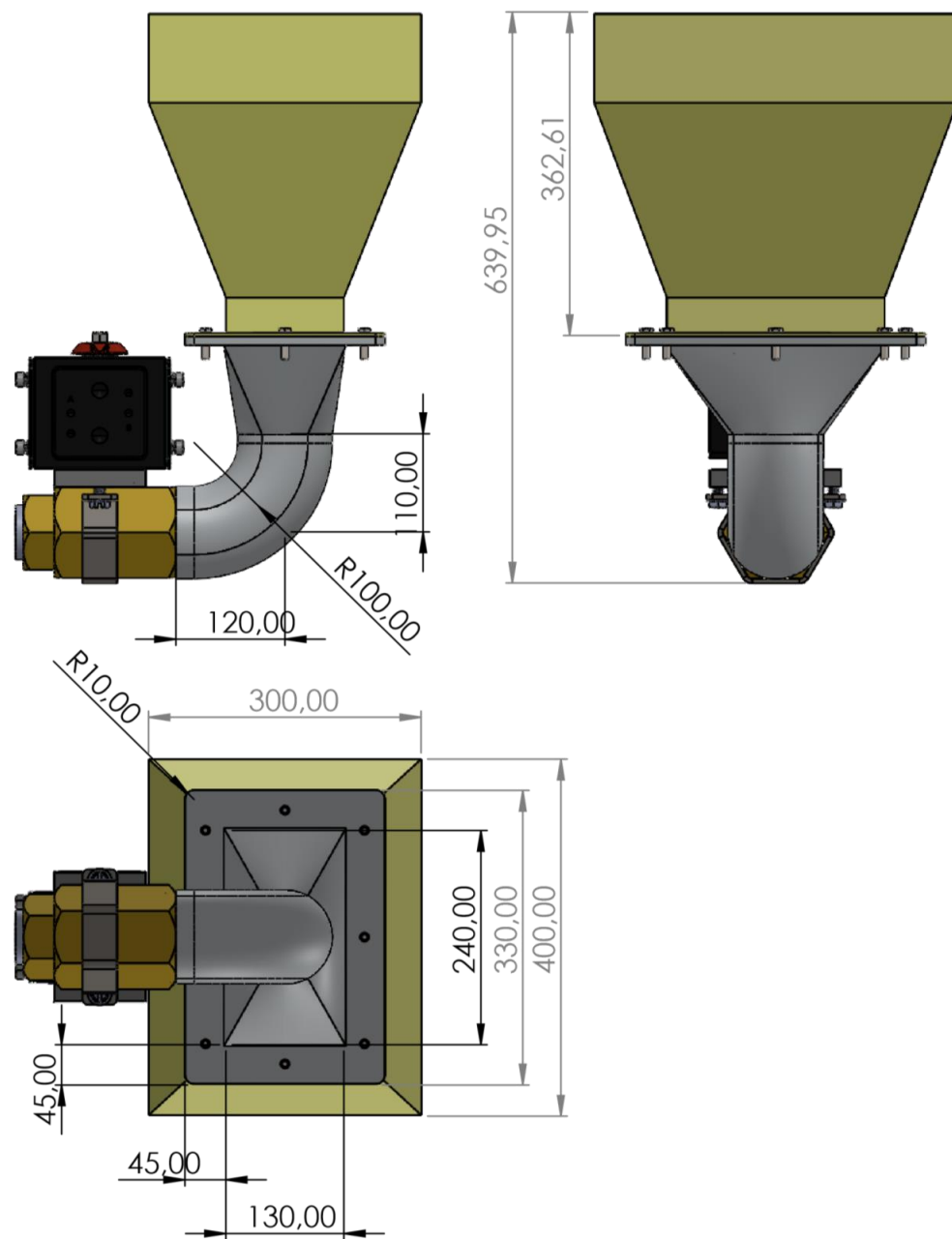
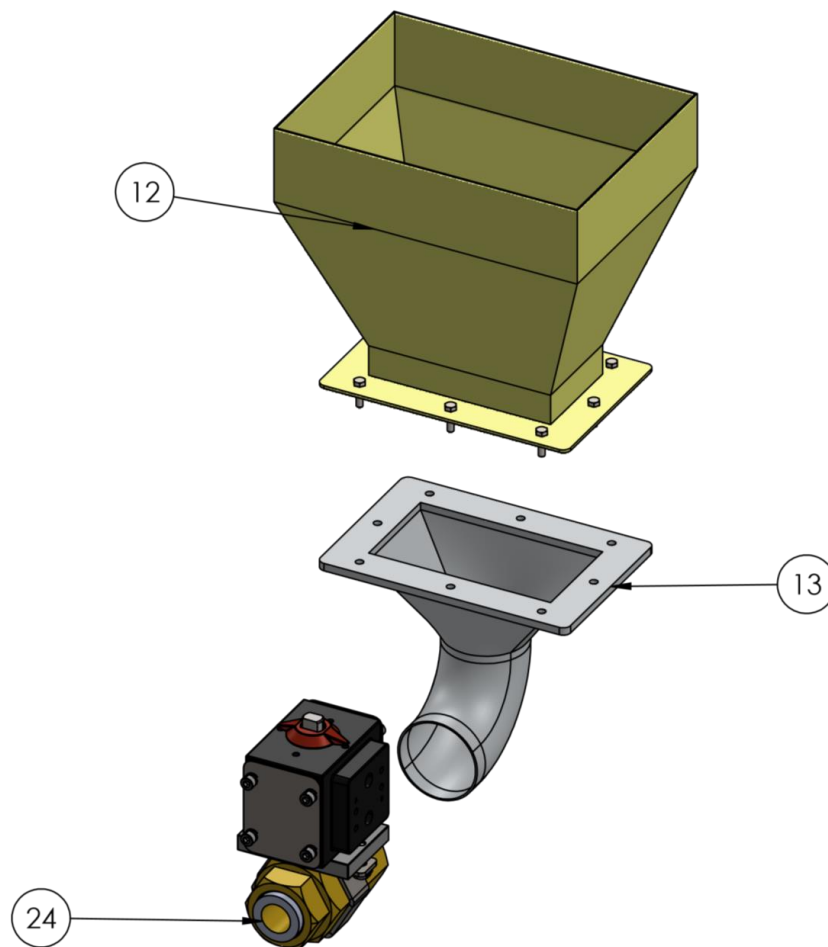


Figura 21: sistema de ingreso del material
Fuente: Propia



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
12	Tolva		1
13	unión		1
24	1GEMINI A512D	válvula de bola neumática	1

Figura 22: sistema
Fuente: Propia

En la Figura 22 Se divide el sistema de la tolva y se enumera cada parte para tener una apreciativa mucho mas clara y realizar una mejor explicación

de sus funciones.

6.3.1. Elemento 12

Se tiene el diseño de la tolva y es por donde se va a empezar todo el proceso, porque es donde se va ingresar el material a procesar.

6.3.2. Elemento 13

En este diseño que es tipo unión, es donde se va a manejar la temperatura que necesita el licor de cacao para la extracción de su manteca, toda la pieza se va a calentar y a mantener una temperatura de 100°C , esto se logra gracias a una resistencia eléctrica tipo banda, se puede ver en la Figura 23.



Figura 23: Resistencia tipo banda

Fuente: [24]

La resistencia tipo banda son elementos de calentamiento para las superficies cilíndricas y se acopla muy bien a la superficie diseñada.

Para poder tener la temperatura deseada se utiliza un sistema de control.

6.3.3. Sistema para controlar la temperatura

Este sistema permite que la temperatura sea constante a la necesitada y se logra a través de un sensor de temperatura como se muestra en la figura 24, que envía señales en tiempo real al controlador de la maquina (PLC) y esta lo que hace es desactivar o activar la resistencia tipo banda.



Figura 24: Sensor Temperatura Plc 3 Hilos
Fuente: [25]

6.3.4. Elemento 24

Esta parte se encarga de dejar pasar el licor de cacao a la prensa hidráulica, este proceso empieza cuando el pistón esta arriba la válvula de bola neumática deja pasar una cantidad del cacao, para llenar la cámara de extracción y con esta llena la válvula se vuelve a cerrar para que la prensa haga su trabajo.

Esto se realiza satisfactoriamente gracias al mecanismo anterior de la tem-

peratura, puesto que como el licor de cacao esta caliente, esto hace que fluya como un liquido haciendo este paso eficiente.

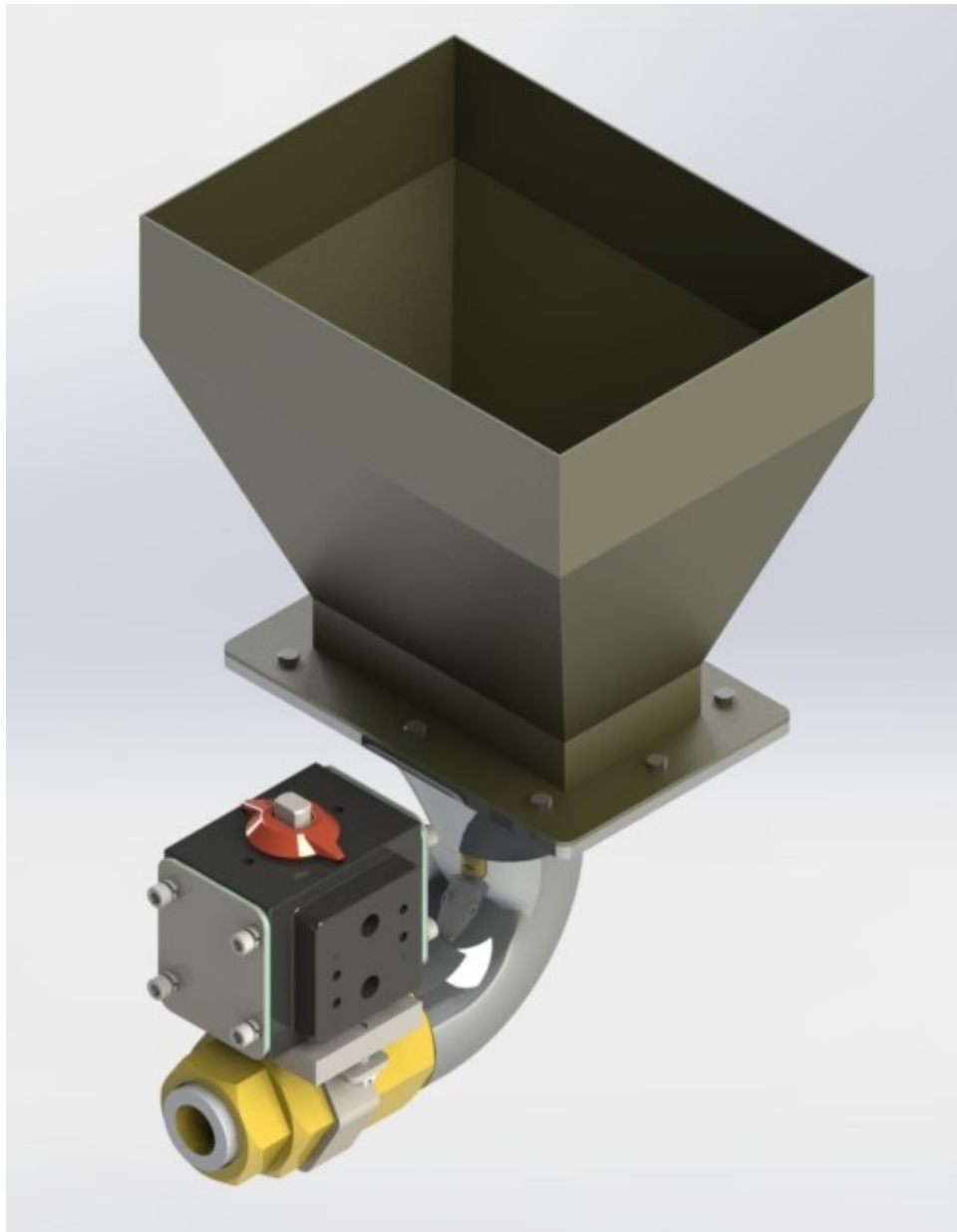


Figura 25: Sistema de ingreso del material
Fuente: Propia

en la Figura 25 se observa en diseño del sistema del la tolva y sus partes ya realista.

6.4. Proceso de recolección

Este proceso es el encargado de recoger la manteca extraída y la masa del cacao ya prensada, por medio de un recipiente que este hecho en acero inoxidable va a caer la manteca que salga del cacao, cuyo proceso está asociado con un sistema de drenaje que facilita todo, este cuando se llene el recipiente tiene una válvula para retener el líquido y así pasar a llenar otro recipiente sin pérdida de la manteca.

Siguiendo con este proceso del prendado y la recolección de la manteca, ahora hay que realizar la recolección del cacao ya procesado sin la manteca. Cuyo proceso tiene un mecanismo que funciona como una corredera porque tiene un pistón neumático que una vez accionado hace que la masa del cacao caiga a otra banda transportadora, cuyo fin es transportar la masa a una bandeja para su recolección.

En la Figura 26 podemos observar por debajo de la prensa como es el mecanismo de la válvula que esta señalada con el numero (56), por donde va a salir la manteca. La masa del cacao tiene un mecanismo que cuando ya esta lista para salir, se acciona un pisto que en la imagen esta con el numero (48) este abre la cámara donde se encuentra cuya masa y sale por el numero (6) cayendo en la banda transportadora para finalizar el proceso.

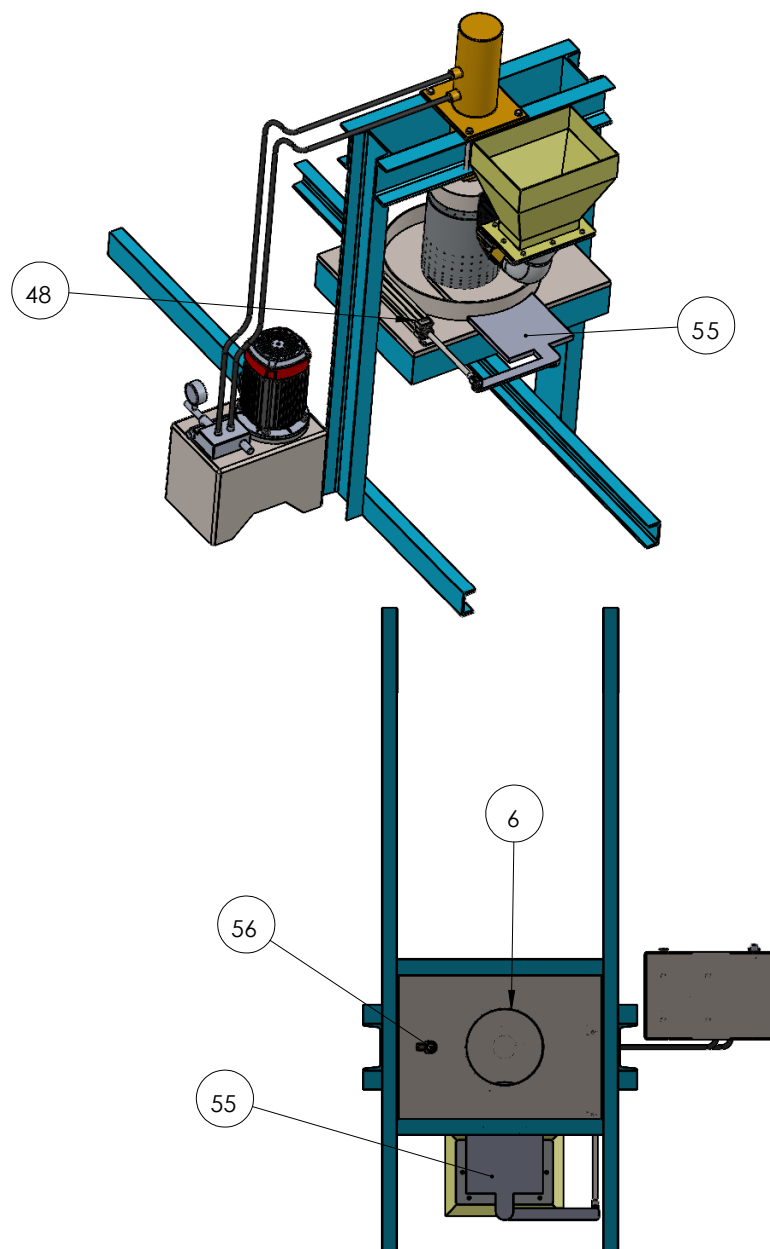


Figura 26: sistema
Fuente: Propia

6.4.1. Mecanismo óptimo

en la Figura 26 se encuentra el mecanismo óptimo y el que va agilizar todo el proceso y este proceso se divide en partes.

6.4.2. Parte 1

Cuando el licor del cacao entra a la cámara de extracción un sensor manda la señal para que la prensa empiece su función, cuando alcanza una presión de 50Mpa esta automáticamente deja de funcionar y retorna a su posición inicial.

6.4.3. Parte 2

Cuando la prensa alcanza su presión y deja de funcionar, esta a la vez activa el pistón identificado con el numero (48) moviendo el elemento (55) para la apertura de la cámara y que la manteca caiga a la banda transportadora, cuyo mecanismo hace que la maquina sea un 30 % más rápida.

6.5. Sistema de control

Con el sistema de control se puede controlar la máquina y recibir datos de la máquina por si hay algún fallo o hacer diferentes pruebas para llegar a un proceso mucho más óptimo. Este módulo de control lo podemos ver en la Figura 27 y 28.

Este sistema esta vinculado directamente con el controlador (PLC) para realizar cualquier cambio en el sistema, en la pantalla podemos ver los datos como la temperatura, la presión y el desplazamiento de todo el sistema, esto para verificar que todo marche correctamente.

El botón verde es el de dar inicio a la maquina, y el botón rojo de la parte superior es de parada de emergencia, los otros mandos que se encuentra en la parte izquierda es para calibrar todo el sistema.

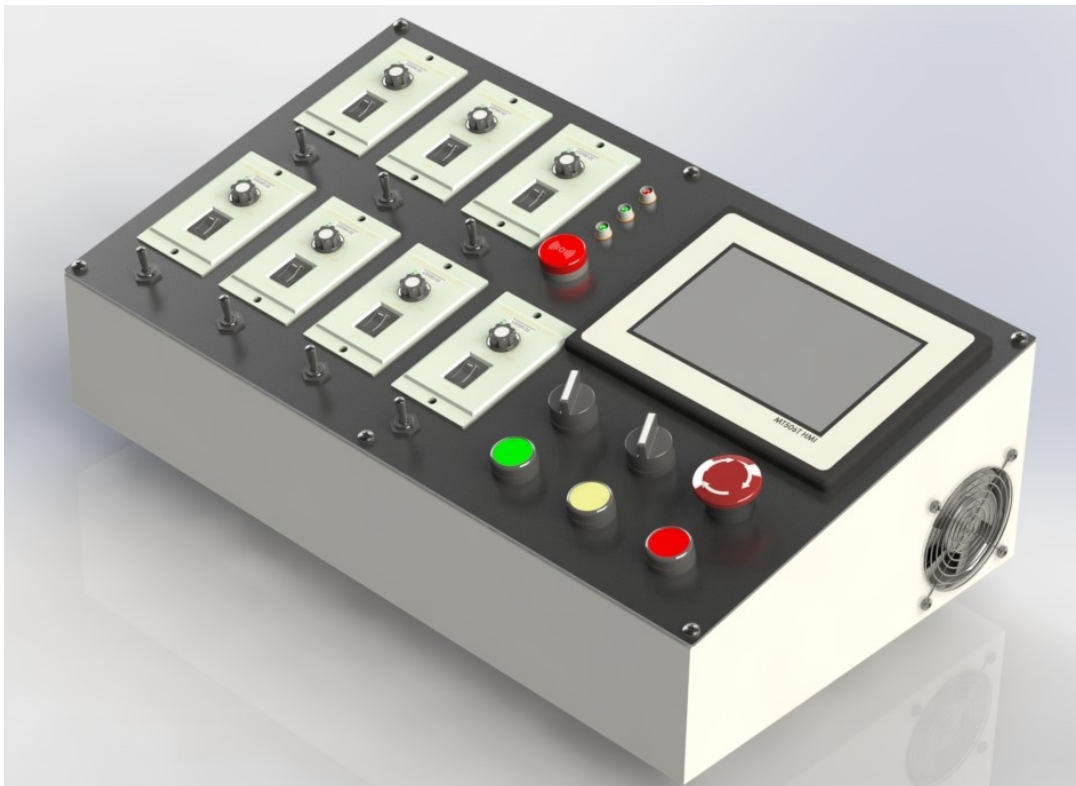


Figura 27: sistema de control renderizado
Fuente: Propia

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	TWB-220-09-004	Control Box	1
2	TWB-220-09-005	Control Panel	1
3	us590-02		7
4	E Stop Button		1
5	Switch Type 1322		7
6	Rotary Switch LAY37-11X		2
7	Illuminated Push Button Switch LA38-11D		1
8	Illuminated Push Button Switch LA38-11D		1
9	Illuminated Push Button Switch LA38-11D		1
10	Copper Shell LED Indicator Light KL0624		1
11	Copper Shell LED Indicator Light KL0624		2
12	Red Flash Buzzer 220V AD17-22SM		1
13	Touch Screen MT506T HMI	Programmable HMI touch screen	1
14	PC Fan 8025		1
15	80mm Fan Protective Cover FPC80		1
16	ISO 7045 - M5 x 6 - Z - 6N		6
17	ISO 7045 - M4 x 5 - Z - 5N		4

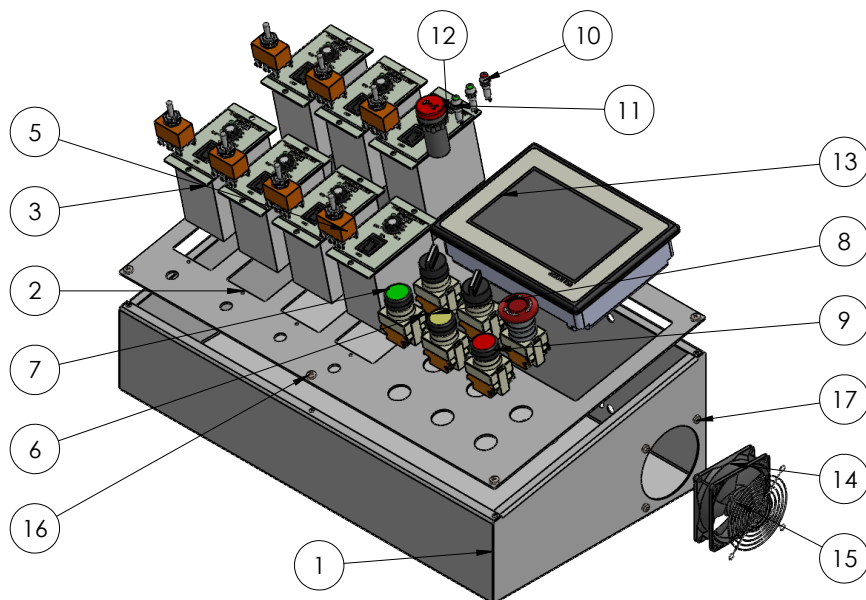


Figura 28: sistema de control

Fuente:[26]

6.6. Normativa retie

El RETIE significa (reglamento técnico de instalaciones eléctricas) este muestra los principales parámetros a tener en cuenta para que una instalación eléctrica sea lo mas segura posible, estas normas son obligatorias cumplirlas.

6.7. Colores de los cables con la norma retie

Con esta norma se van a evitar los accidentes de corriente eléctrica, porque se van a conocer el significado de los colores de cada uno de los cables y estos son.

- Cables verde y amarillo:

Es considerado el cable tierra y es de cobre, según la norma Retie la tierra de protección debe ser de color verde o marcada con franja verde.

- Blanco:

Es el cable neutro.

- Marrón o café:

Son llamados cable de fase, puede ser negro o gris y son los que llevan la carga o corriente.

- Cables de colores con rayas:

Son cables guías y también son utilizados para emparejar con un cable de color.



Figura 29: Cableado

Fuente: [27]

6.8. Banda transportadora

El funcionamiento como tal de una banda transportadora consiste en transportar con poleas en donde circulan material de forma continua o controlada a nuestras necesidades.

En este diseño se añadió dos bandas transportadoras cuya función es transportar la masa del cacao al recipiente final, esta tiene un mecanismo para ahorrar energía y funciona similar a las escaleras eléctricas, esta banda la podemos ver en la Figura 37.

Este mecanismo es de tener dos velocidades diferentes, cuando detecta la masa se activa la velocidad 1, haciendo que la banda vaya un poco rápida y cuando no detecta nada se activa velocidad 2, esta va muy lento. Este mecanismo ya a sido probado y es eficiente a la hora de ahorrar energía, esto porque el motor no se detiene, si se detuviera al arrancar el motor se eleva la corriente haciendo aumentar drásticamente la energía.

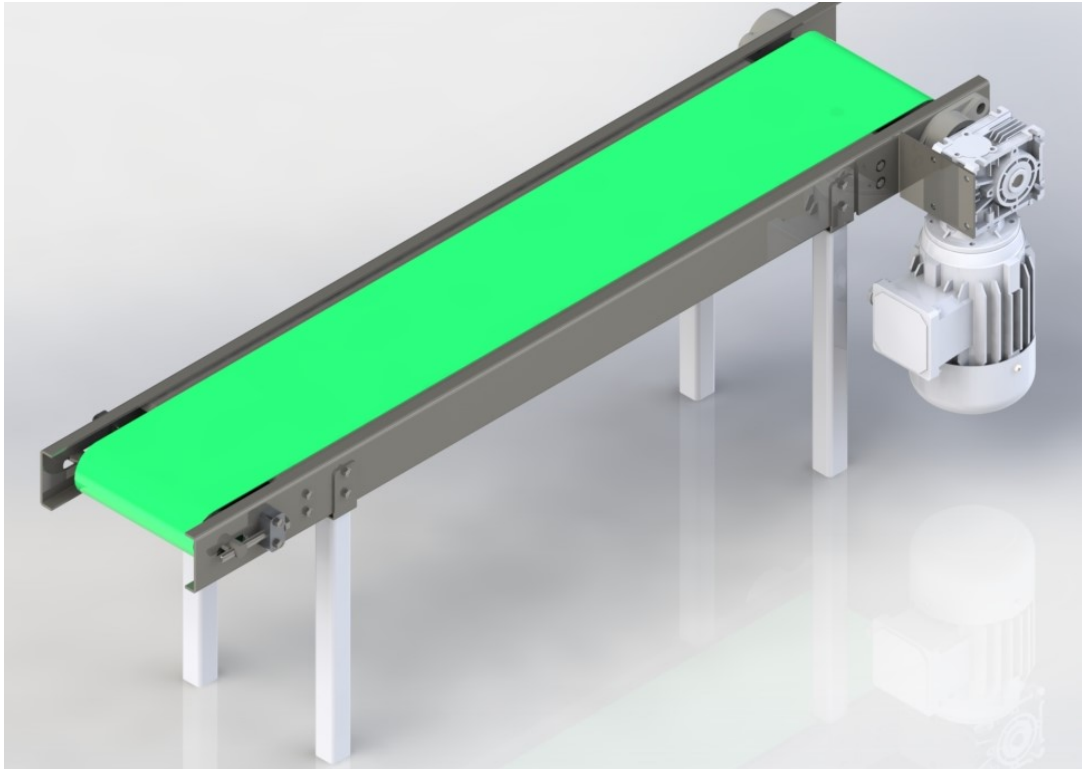


Figura 30: banda transportadora renderizado
Fuente: Propia

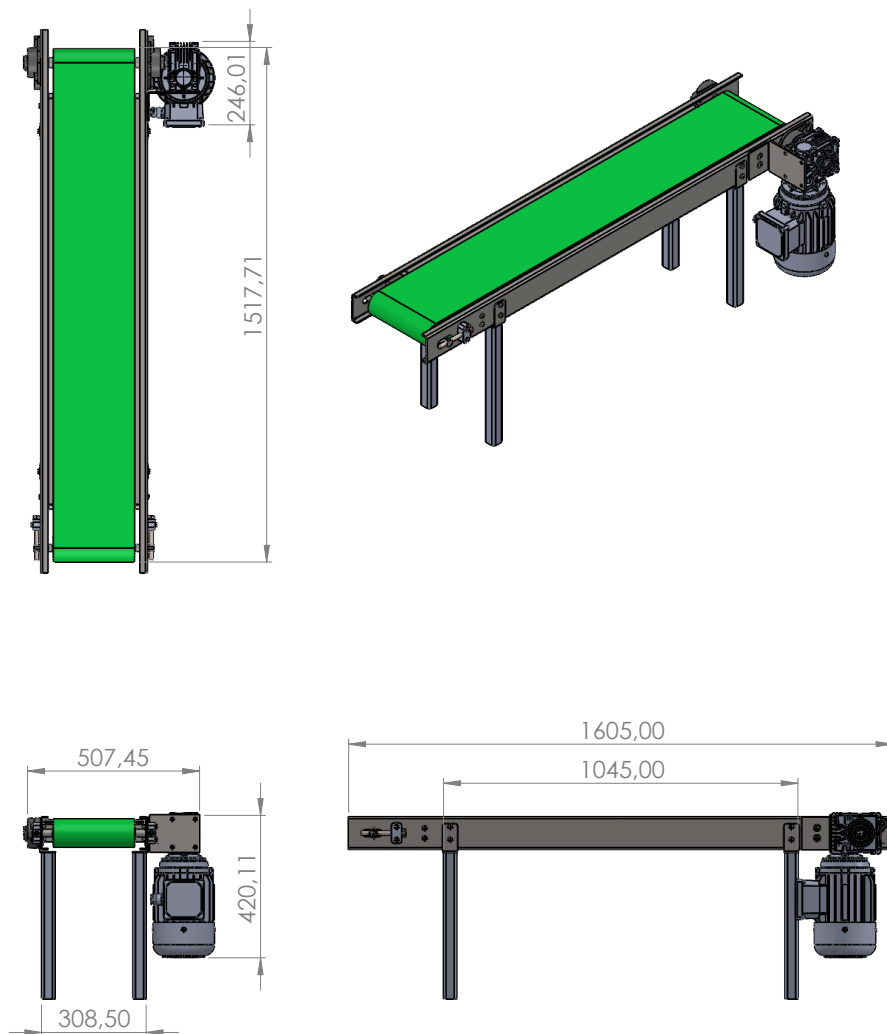


Figura 31: banda transportadora
Fuente: Propia

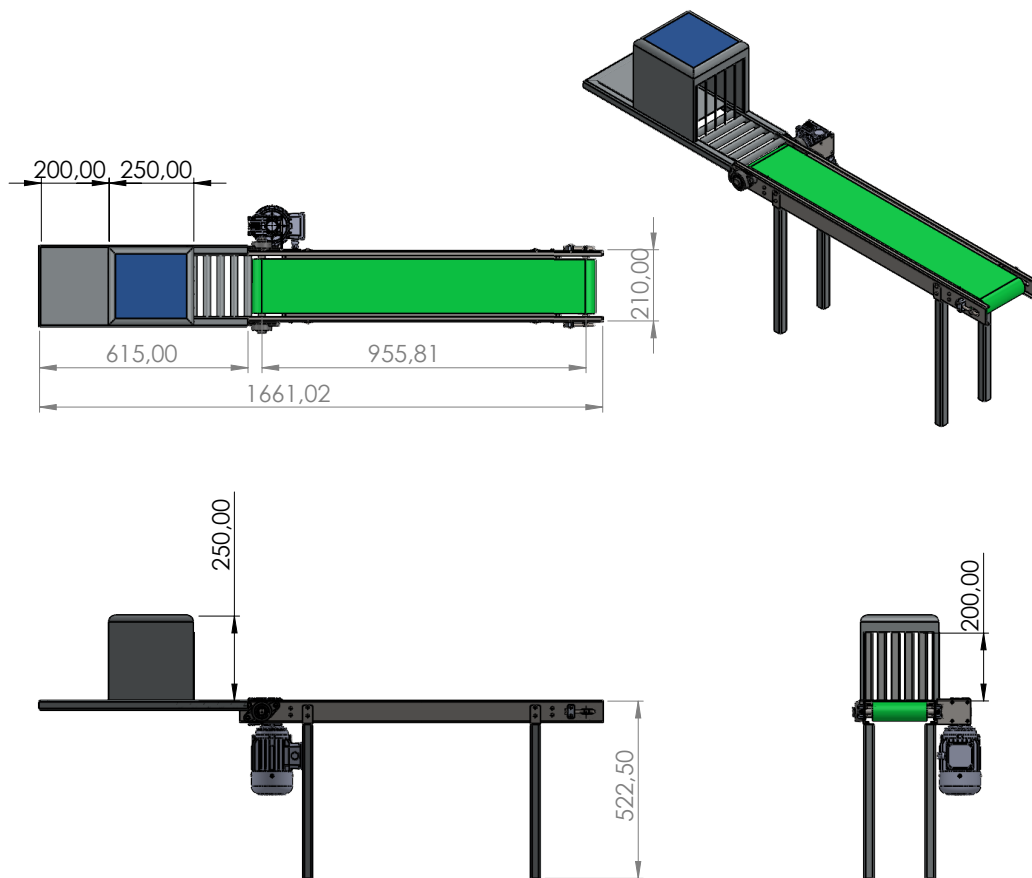


Figura 32: banda transportadora de la manteca
Fuente: Propia

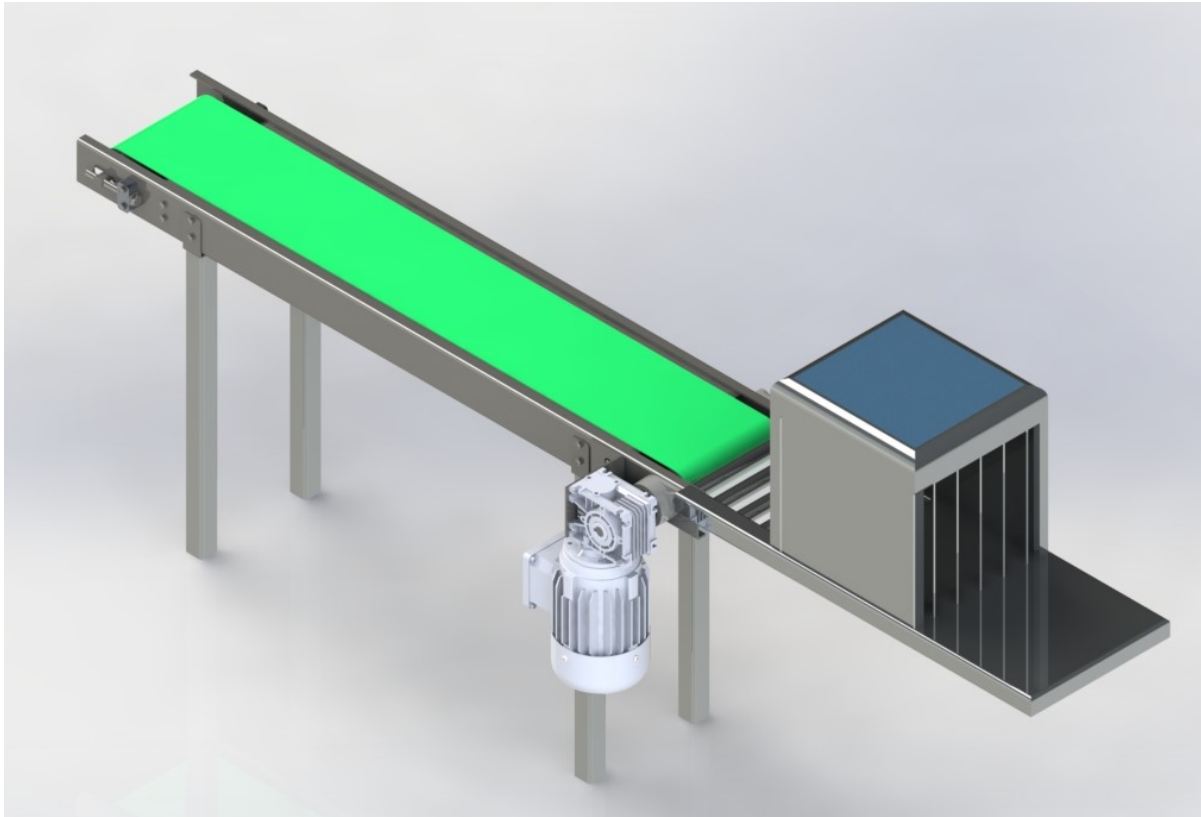


Figura 33: banda transportadora de la manteca renderizado
Fuente: Propia

La otra banda que se muestra en la Figura 32 y 33 se encarga de transportar el recipiente de la manteca extraída a una cámara y allí acelerar el proceso para que la manteca quede como una pasta dura [28].

Este mecanismo requiere que el motor se detenga para el llenado de cada recipiente y al arrancar tiene una configuración de arranque suave.

6.9. Recipientes de recolección

Es utilizado para la recolectar la manteca del cacao Figura 35 y el sobrante que seria la masa del cacao sin la manteca y lo podemos ver en la Figura 34.

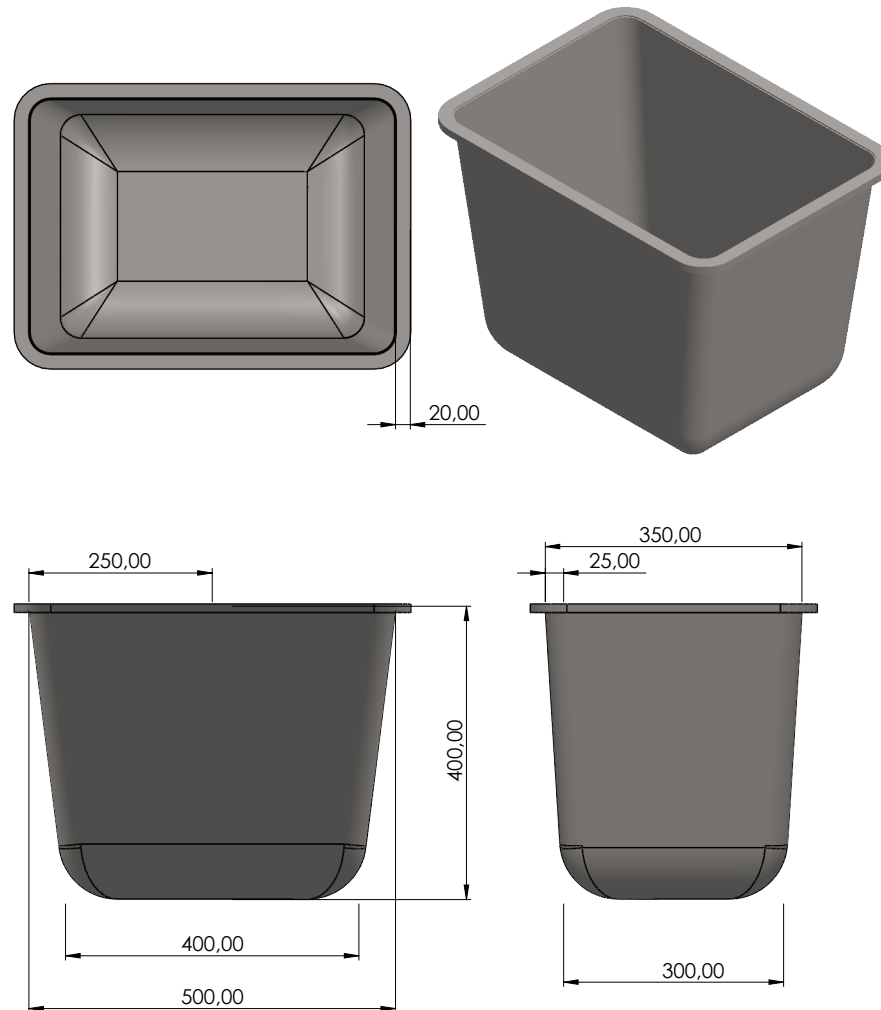


Figura 34: recipiente para el cacao ya procesado
Fuente: Propia

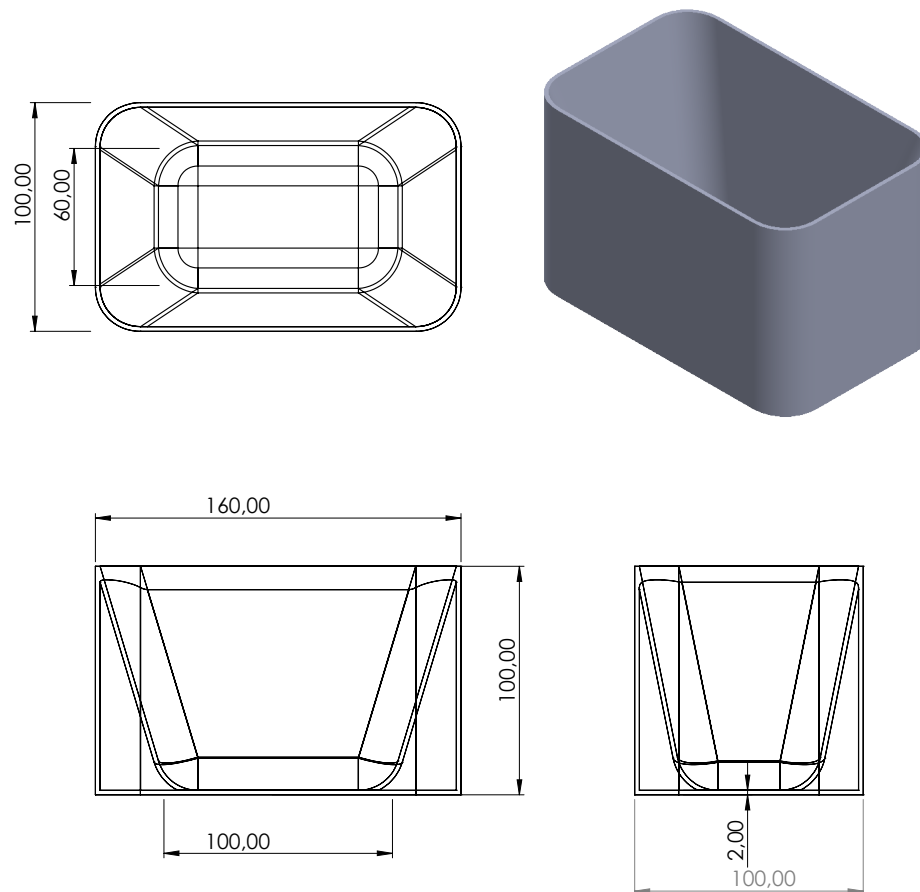


Figura 35: recipiente para la recolección de la manteca del cacao
Fuente: Propia

6.10. Prototipo final

En este apartado ya se tiene un diseño final que cumple las necesidades de este proyecto, que es una máquina extractora de manteca de cacao totalmente automática.

En la Figura 36 podemos observar el diseño final sin las laminas.

En la Figura 37 y 38 podemos observar el diseño final de este proyecto ya renderizado.

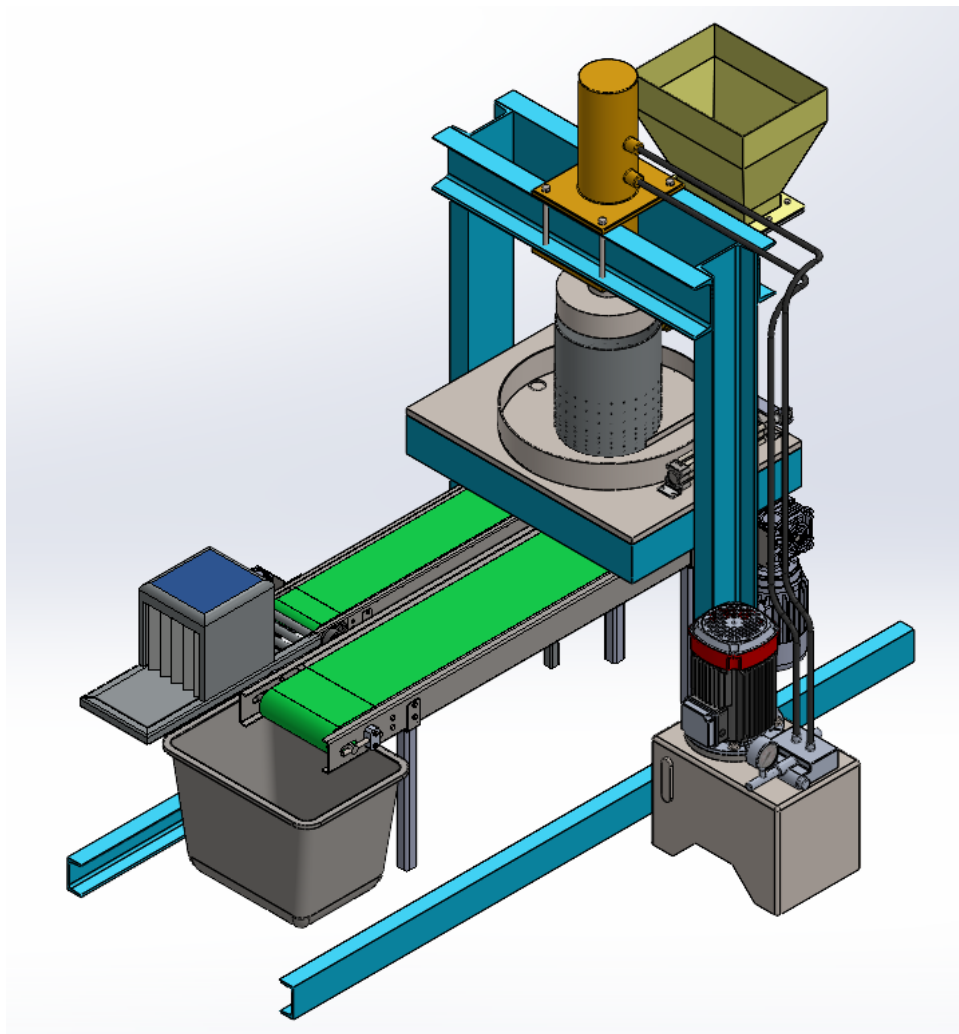


Figura 36: diseño del proceso
Fuente: Propia

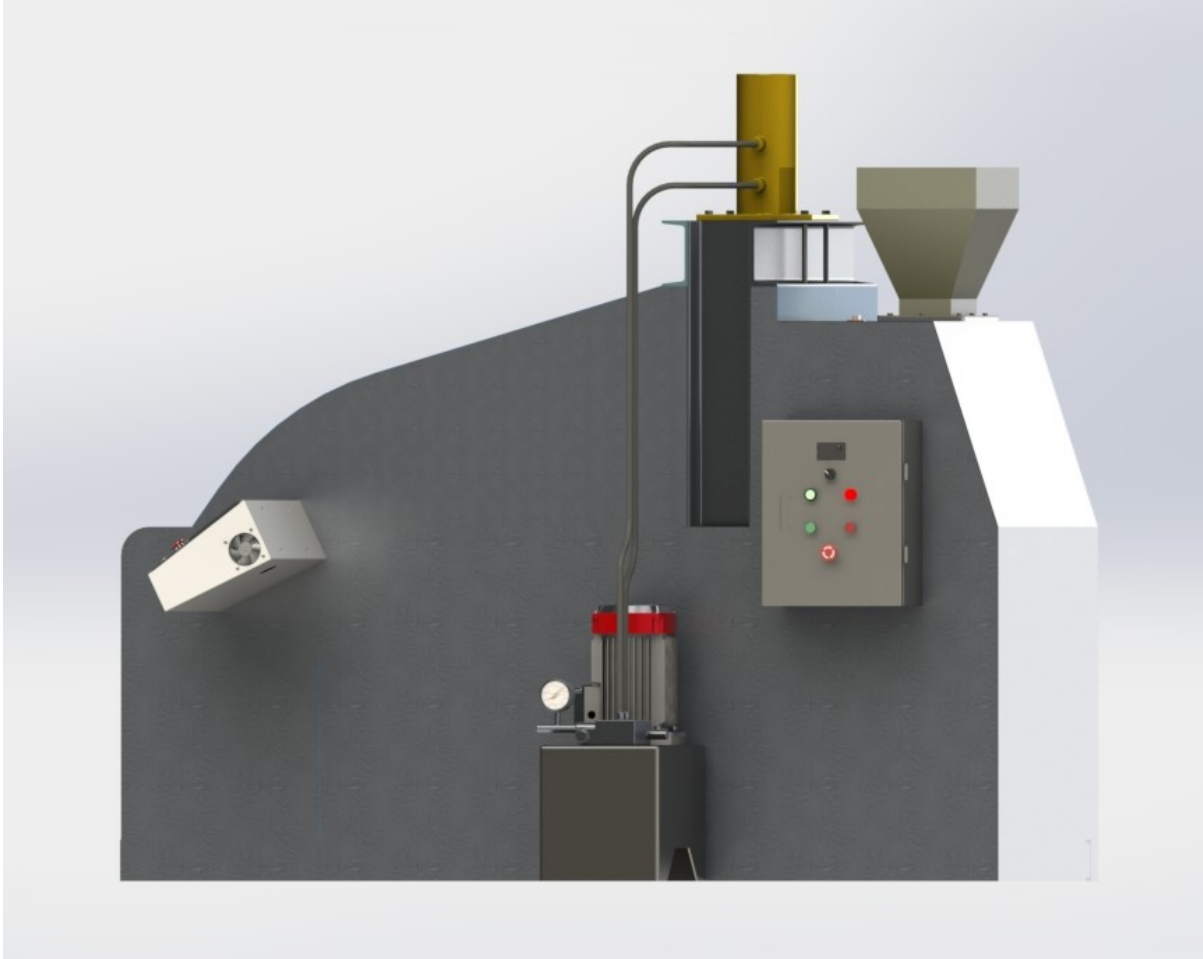


Figura 37: diseño de la máquina
Fuente: Propia

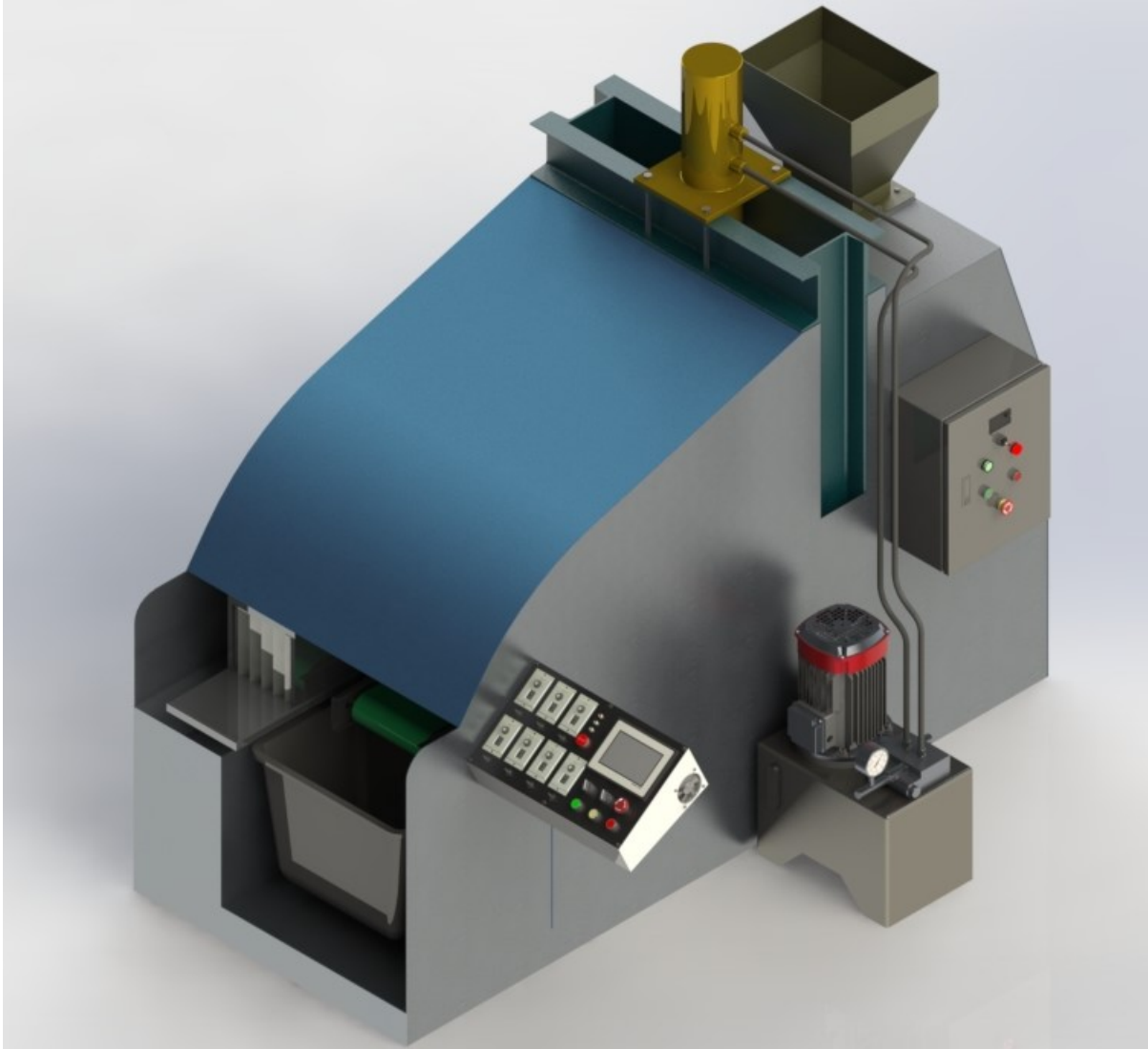


Figura 38: diseño del proceso finalizado
Fuente: Propia

6.11. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico es toda la red de componentes electrónicos que abarca esta máquina para su buen funcionamiento a la hora de hacer dicho proceso. Este proceso es uno de los más importantes de este proyecto, esto porque al tener un buen sistema eléctrico que cumpla con todos los parámetros requeridos, todo el sistema va a trabajar en óptimas condiciones.

Para diseñar todo el sistema eléctrico, lo primero que tendremos que hacer es identificar los componentes o motores a controlar y así poder encontrar el controlador que mas se adapte para su buen funcionamiento.

6.11.1. Control de motores

En este diseño se necesita tener el control de cada motor por separado y en este caso se necesita controlar la velocidad, el sentido de giro y el parado del motor.

Para estos requisitos la mejor opción sería:

6.11.2. Variador de frecuencia

En la Figura 39 se puede observar que es un dispositivo electrónico que es capaz de regular la velocidad de rotación del eje del motor, a través de la frecuencia eléctrica que le comunica al motor.

Es muy fácil para su instalación y este controlador no requiere de mantenimiento.



Figura 39: Variador de frecuencia

Fuente: [29]

Para esta máquina se va a utilizar la red monofásica de 220v (es la misma red domestica) y los motores a controlar son Trifásicos.

Para realizar una conexión adecuada del motor, se debe pasar a una conexión en triangulo como se muestra en la Figura 40, para que el motor trabaje adecuadamente a un voltaje de 220v.

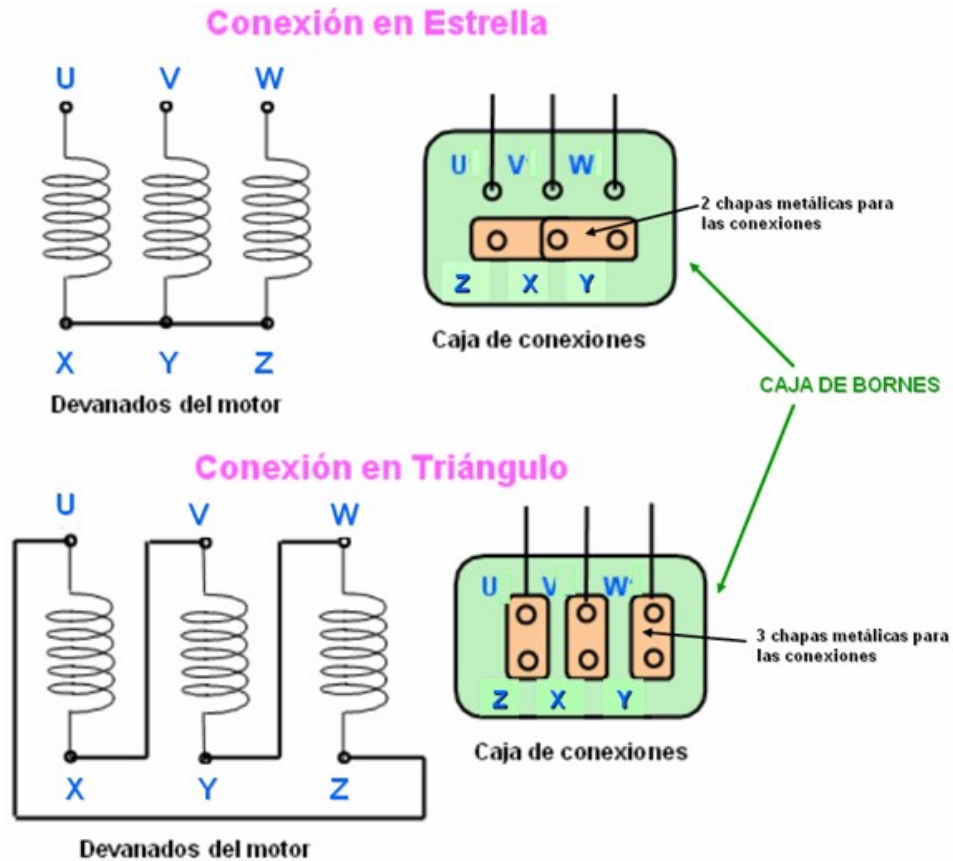


Figura 40: Tipo de conexiones.

Fuente: [30]

6.11.3. Ventajas del variador de frecuencia

- Ahorro de energía.
- Arranque suave de los motores.
- Corrección de los factores de potencia del motor.
- Protege el motor ante cualquier corto circuito.

6.11.4. Plc

El PLC (Controlador Lógico Programable) es uno de los componentes mas utilizados en las industrias para la automatización de sus procesos, dado

que es básicamente una computadora que se utiliza en la ingeniería, es decir que ayuda a realizar un control de la máquina.

El controlador lo podemos observar en la Figura 41 y también son muy reconocidos como cerebro electrónico, encargado de manipular a otros componentes de maquina para su completo funcionamiento.

Se escogió este tipo de PLC porque es el que mas se acopla a este diseño para el control de las variables digitales y análogas a controlar, en este caso se van a controlar tres tipos de sensores que seria el de la temperatura, el sensor de llenado que lo podemos ver en la Figura 42 para la cámara de extracción y con este PLC podemos controlar todas las variables necesarias.



Figura 41: PLC

Fuente: [31]



Figura 42: Sensor de nivel
Fuente: [25]

6.11.5. Sistema de potencia del motor

en la Figura 43 se presenta el esquema que van a llevar los motores para su funcionamiento y en la Figura 44 se muestra un esquema representativo, para tener una idea mas clara del esquema anterior.

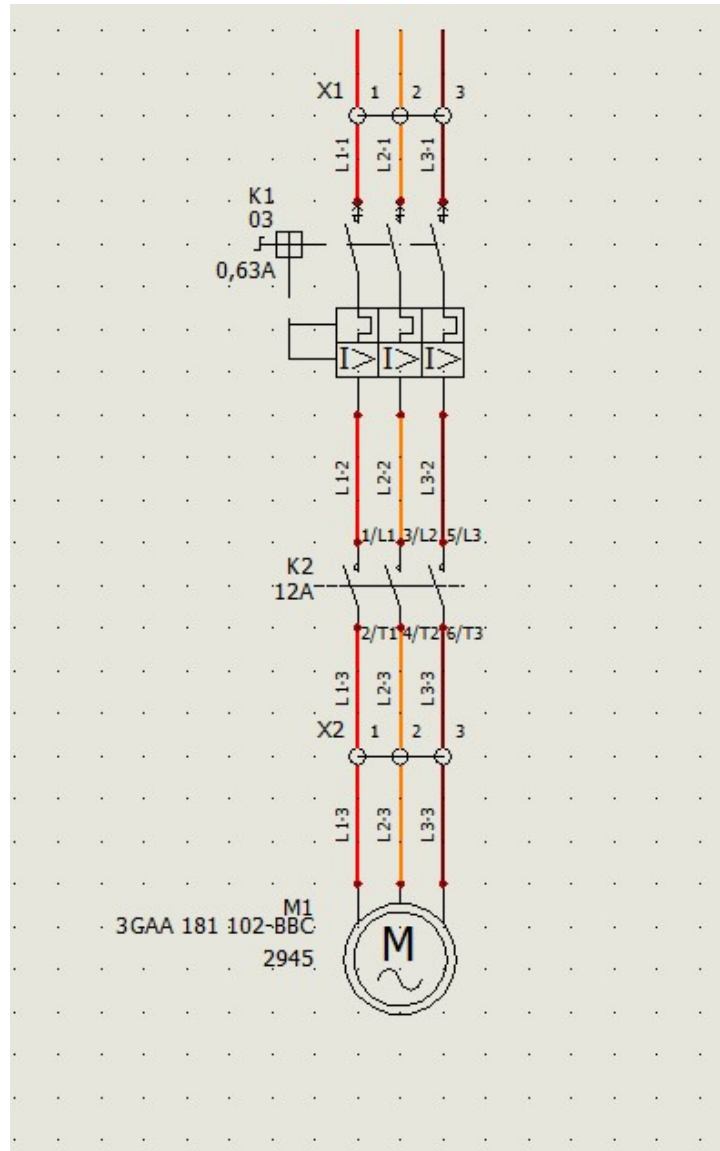


Figura 43: Esquema de potencia
Fuente: Propia

6.11.6. Diseño con su sistema eléctrico

en la Figura 45 se puede ver la maquina por fuera con su sistema eléctrico, que conecta el sistema de control y la bomba hidráulica. todo esto esta conectado a la caja de control y todo el sistema de la máquina para su óptimo funcionamiento.

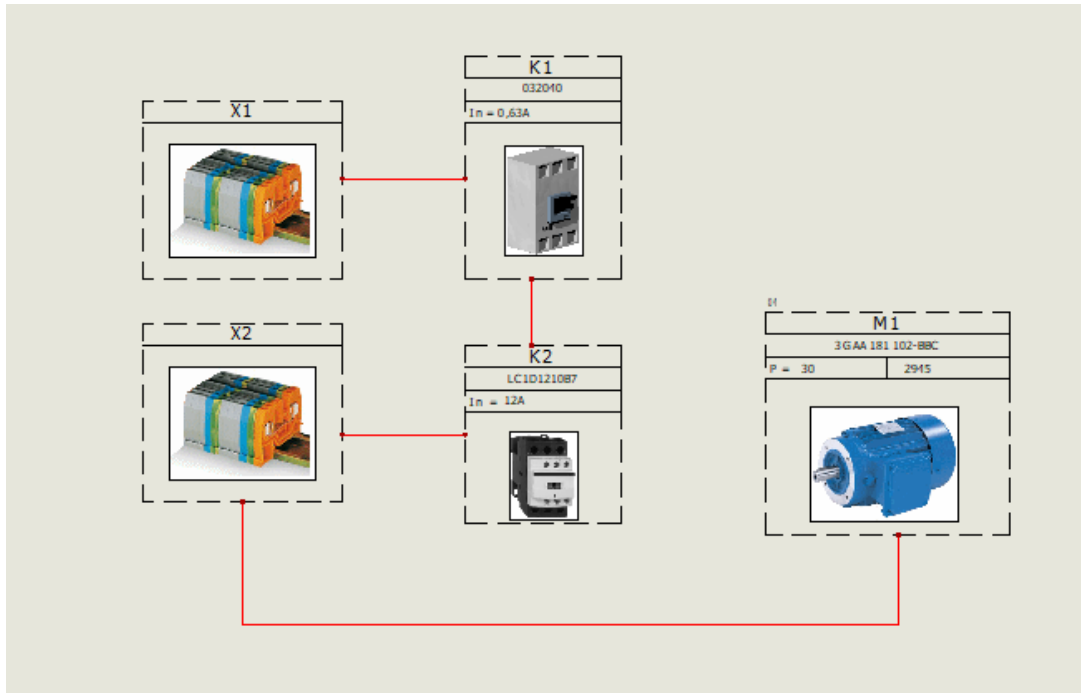


Figura 44: Esquema
Fuente: Propia

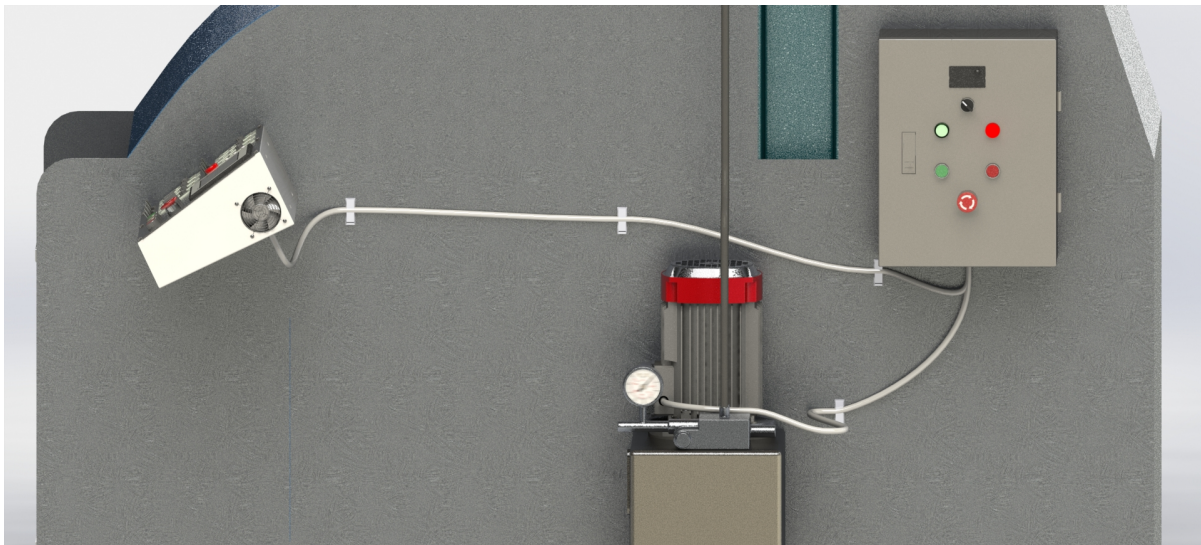


Figura 45: Diseño con su sistema eléctrico
Fuente: Propia

7. Ingeniería de detalle

En este capítulo es donde se realiza toda la ingeniería de detalle, en donde quedan definidos todas las partes o procesos de sus ensambles de este proyecto. Este capítulo del proyecto es muy importante esto porque con la ingeniería de detalle podemos definir de una manera precisa si su ejecución es posible. En este caso se realiza la ingeniería de detalle por etapas.

7.1. Etapa 1. Justificación de diseño

En esta etapa se realiza los estudios previos, en este caso se analiza cada plano del capítulo anterior y se determina los materiales y las características importantes a tener en cuenta.

Lo primero seria dividir los subsistemas en los componentes de fabricación.

7.1.1. Fabricación de la estructura

7.1.2. Materiales

Canales tipo U: Son perfiles muy utilizados para la construcción indus-



Figura 46: canal U
Fuente: Propia

triales, son muy comerciales y de alta resistencia. Este tipo de perfil es

muy fácil de adquirir y podemos encontrar las medidas requeridas para la construcción de nuestro diseño.

La idea de implementar estos canales en el diseño es por medio de soldadura, esto porque es un sistema económico y duradero

longitud comercial: 6m

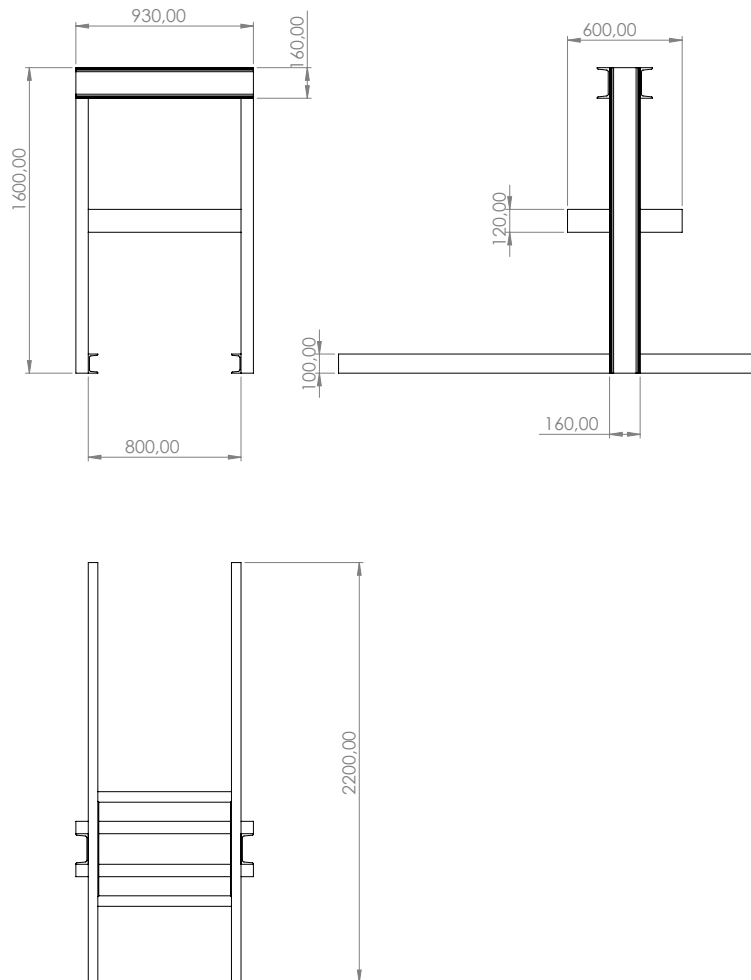


Figura 47: plano base
Fuente: Propia

Para este plano de la Figura 47 se va a utilizar 3 canales de diferente medidas, los cuales son:

- Canal de 100 m de ancho: de este solo se va a comprar una unidad, porque solo necesitamos 4400 milímetros.
- Canal de 120 m de ancho: solo una unidad, porque solo se necesita 2800 milímetros.
- Canal de 160 m de ancho: solo una unidad, porque solo se necesita 5060 milímetros.

A continuación, se presenta los costos estimados de la máquina extractora de manteca de cacao.

7.1.3. Partes del ensamble que las medidas no son comerciales

- Banda transportadora: en este diseño las medidas de la banda transportadora no son comerciales, esto quiere decir que toca mandarla hacer con la medida exacta del diseño, esto tiene un factor negativo porque el presupuesto es un poco más alto y se observa en la Figura 48.
- recipientes de recolección: estos son fabricados a las necesidades de la máquina.
- malla para la extracción: esta pieza es una de las más importante porque requiere de buen material, para que soporte altas presiones y no sufra ninguna deformación, requiere fabricación.

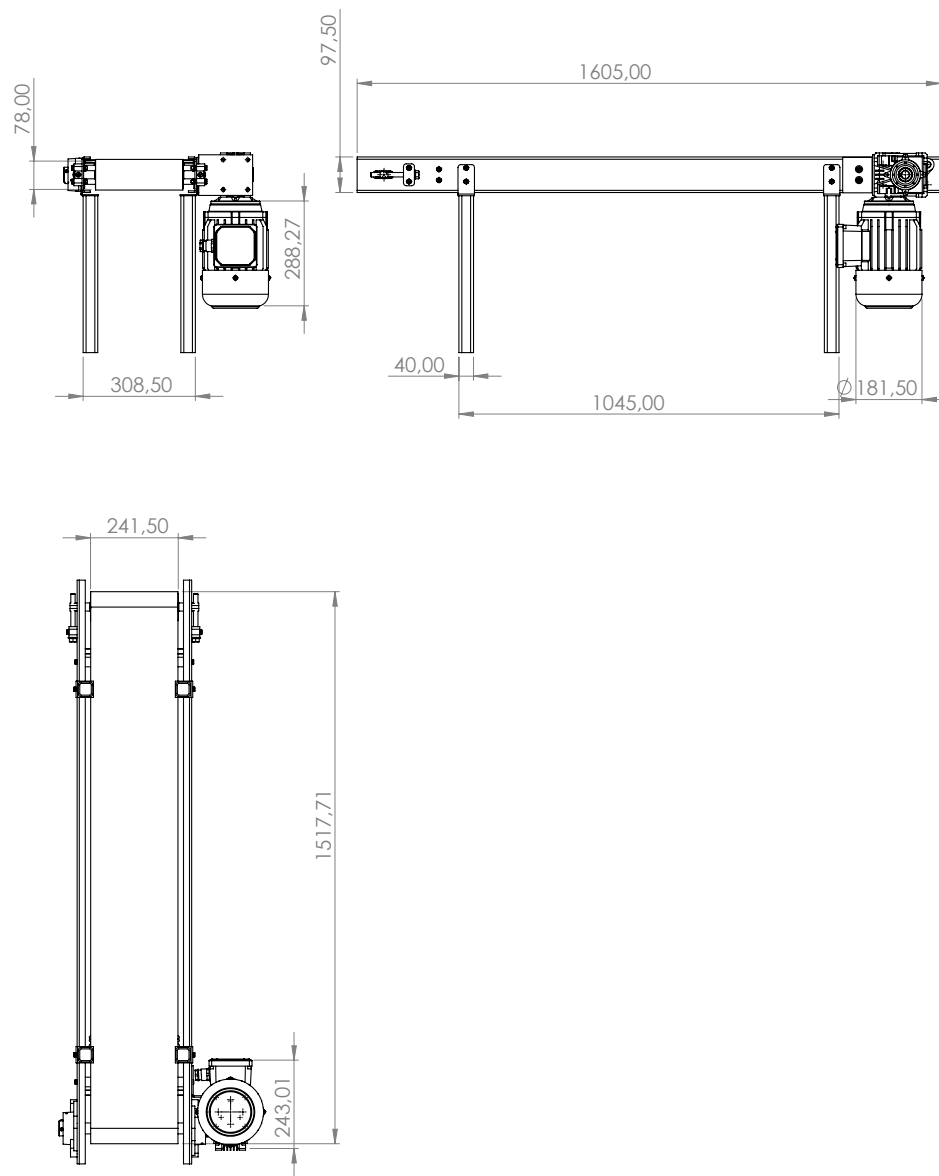


Figura 48: Plano de banda transportadora
Fuente: Propia

7.1.4. Costo del diseño

7.1.5. Costos de los materiales del sistema hidráulico

En el cuadro 3 se muestra el costo de todo el sistema hidráulico.

descripción	unidad	cantidad	costo unitario	costo total
manómetro de caratula		1	\$ 350.000	\$ 350.000
bomba hidráulica de acción doble, motor eléctrico 1/2 HP 120 V monofásico		1	\$ 7.500.000	\$ 7.500.000
Cilindro hidráulico doble efecto 55 ton		1	\$ 3.500.000	\$ 3.500.000
pistón hidráulico		1	\$ 430.000	\$ 430.000
Manguera hidráulica 1.4m 10000psi		2	\$ 470.000	\$ 940.000
			Total	\$ 12.720.000

Cuadro 3: Costos materiales del sistema hidráulico

Fuente: Propia

7.2. Costos de otros materiales

En el cuadro 4 se contempla el costo de los materiales faltantes.

descripción	unidad	cantidad	costo unitario	costo total
sistema eléctrico		1	\$ 950.000	\$ 950.000
sistema de control		1	\$ 3.200.000	\$ 3.200.000
pantalla led		1	\$ 350.000	\$ 350.000
bandas transportadoras		2	\$ 4.000.000	\$ 8.000.000
tolva		1	\$ 350.000	\$ 940.000
válvula hidráulica		1	\$ 360.000	\$ 360.000
recipientes		2	\$ 180.000	\$ 360.000
sistema enmallado		1	\$ 300.000	\$ 300.000
base resistente		1	\$ 350.000	\$ 350.000
Otros componentes		1	\$ 700.000	\$ 700.000
			Total	\$ 15.510.000

Cuadro 4: Costos de otros materiales

Fuente: Propia

7.3. Costo de mano de obra

El costo de mano de obra que costa para el ensamble del diseño, Cámara de Extracción, Tablero de Control, Instalación de Sistema hidráulico y soldadura.

Este costo tiene un valor aproximado de \$2.500.000

7.4. Costo total del proyecto

En el cuadro 5 se presenta los precios totales del diseño, incluyendo el precio de la estructura.

Descripción	Valor
costo total de los materiales	\$ 28.706.000
costo total de mano de obra	\$ 2.500.000
costo total de fabricación	\$ 31.206.000

Cuadro 5: Resumen de costos del proyecto

Fuente: Propia

8. Conclusiones

- Este proyecto ofrece una alternativa a las pequeñas y grandes empresas para aumentar sus utilidades a la hora de la producción, extrayendo un derivado importante como es la manteca del cacao utilizando esta nueva máquina.
- Se identificó que para llevar acabo el diseño una máquina extractora de cacao, se debe tener en cuenta diferentes variables que son de suma importancia para obtener una manteca de calidad, como es la velocidad ya que ayuda a obtener una mayor presión al interior del cilindro, para lograr obtener una mayor cantidad de este subproducto del grano del cacao y así disminuir el tiempo de la extracción, ahorrándole desgaste físico al operario ya que sería automatizada.
- Se determinó por medio de la literatura los materiales y requerimientos para llevar acabo el diseño de la máquina extractora, reconociendo cada parte y función de cada pieza para su respectivo ensamblaje, para así poder llegar a construir la máquina completa.
- El diseño se presenta como un avance tecnológico de suma importancia para las pequeñas empresas que no cuentan con un amplio respaldo económico, y para sus respectivos operarios por ser de fácil manejo, ya que es automatizada, así tendrían una menor participación humana y un aumento del subproducto en el menor tiempo posible, siendo muy viables para dichas micro empresas o empresas grandes, por el mayor porcentaje de ganancia.

Referencias

- [1] L. J. Manobanda Tutasi, “Diseño y construcción de una máquina para la extracción de aceite de cacao,” B.S. thesis, QUITO/UIDE/2016, 2016.
- [2] *Chocolate blanco, mitos y realidades*, Std., 2016. [Online]. Available: <https://www.divinacocoa.com/post/2016/09/28/chocolate-blanco-mitos-y-realidades>
- [3] G. SUBRAHMANYAN, G. GANESH, G. Rajesh *et al.*, “Development and performance evaluation of utm operated cocoa butter extractor,” Ph.D. dissertation, DEPARTMENT OF PROCESSING AND FOOD ENGINEERING, 2021.
- [4] A. R. Gonzalez Bustos and F. I. Peña Chila, “Rediseño de un sistema óleo hidráulico de extracción de manteca de cacao.” B.S. thesis, Espol, 2016.
- [5] E. L. Alarcón García, “Identificación del mercado potencial de los productos semielaborados de cacao en la provincia de tungurahua,” B.S. thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Administrativas. Carrera . . . , 2019.
- [6] *europa cocoa association*, Std., 2022. [Online]. Available: <https://www.eurococoa.com/es/historia-del-cacao-el-cacao-como-materia-prima/cocoa-story-el-proceso-de-produccion-desde-granos-de-cacao-hasta-productos-semi>
- [7] C. C. Cabezas Cordoba, “Extracción supercrítica de manteca de cacao a escala de planta piloto,” 2018.
- [8] L. A. Cely Torres, “Oferta productiva del cacao colombiano en el posconflicto. estrategias para el aprovechamiento de oportunidades comerciales en el marco del acuerdo comercial colombia-uniión europea,” *Equidad y Desarrollo*, vol. 1, no. 28, pp. 167–195, 2017.

- [9] *Extracción de manteca de cacao con prensa extractora Ecirtec*, Std., 2016. [Online]. Available: <https://es.ecirtec.com/ecirtec-pt/extraccion-de-manteca-de-cacao/>
- [10] F. A. Lira Morales, “Diseño, construcción y evaluación de un prototipo para desgrasar cacao (theobroma cacao l) a una escala pequeña,” 2010.
- [11] B. Minifie, *Chocolate, cocoa and confectionery: science and technology*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [12] *COCOA CHOCOLATE*, Std., 2015. [Online]. Available: <https://www.cacaochocolade.nl/main.php?p=inhoud&h=3&g=1&s=3&z=0>
- [13] *DELANI CREAMY 35*, Std., 2019. [Online]. Available: <https://delanitradings.com/producto/prensa-de-manteca-de-cacao-creamy-35/>
- [14] *Máquina de prensado en frío y en caliente*, Std., 2020. [Online]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/hydraulic-cocoa-butter-press-machine-for-60071939123.html>
- [15] J. C. Salazar Núñez, “Diseño de banco experimental de prensado óleo hidráulico para la extracción de manteca a partir de licor de cacao.” B.S. thesis, Espol, 2015.
- [16] C. E. Naranjo Izurieta, “Diseño y construcción de una máquina elaboradora de hilo pet,” B.S. thesis, Quito/UIDE/2015, 2015.
- [17] G. Büyüközkan and Ç. Berkol, “Designing a sustainable supply chain using an integrated analytic network process and goal programming approach in quality function deployment,” *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 11, pp. 13 731–13 748, 2011.
- [18] C. Riaño, C. Peña, and H. G. S. Acevedo, “Aplicación de técnicas de desenvolvimiento de producto para el desarrollo de un robot antropomórfico,” *Revista UIS Ingenierías*, vol. 17, no. 1, pp. 21–34, 2018.

- [19] H. Kume, *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Editorial Norma, 1992.
- [20] D. C. Amaral, D. H. ALLIPRANDINI, F. A. FORCELLINI, J. C. DE TOLEDO, S. L. DA SILVA, R. K. SCALICE, and H. ROZENFELD, *Gestão de desenvolvimento de produtos*. Saraiva Educação SA, 2017.
- [21] J. R. English, “Quality function deployment: Integrating customer requirements into product design,” 1993.
- [22] H. Rozenfeld and D. C. Amaral, “Gestão de projetos em desenvolvimento de produtos,” *São Paulo: Saraiva*, 2006.
- [23] L. A. B. Mascarenhas, J. d. O. Gomes, A. T. Portela, C. V. Ferreira, and L. L. N. Guarieiro, “Utilização da matriz morfológica para desenvolvimento da bancada de testes de válvulas e sedes de válvulas,” 2015.
- [24] *Resistencias tipo banda mica*, Std., 2022. [Online]. Available: <https://www.mikai.mx/resistencias-electricas-tipo-bandas/>
- [25] *Pt100 Rtd Sensor Temperatura Plc 3 Hilos Industrial*, Std., 2022. [Online]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-510208311-pt100-rtd-sensor-temperatura-plc-3-hilos-industrial-2m-inox-JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=be78c86e-759c-478f-9514-e9fde2fa64a4
- [26] *electrónica de control*, Std., 2018. [Online]. Available: <https://grabcad.com/library/electronic-control-box-1>
- [27] *sistema de colores retie*, Std., 2016. [Online]. Available: https://issuu.com/servimetersformacion/docs/normalizaci_n_de_cables_el_ctrico
- [28] *Banda transportadora*, Std., 2022. [Online]. Available: <https://grabcad.com/library/conveyor-belt-solidworks-2>

- [29] *Variador de frecuencia*, Std., 2021. [Online]. Available: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>
- [30] *empleo de motores trifásicos en redes monofásicas*, Std., 2017. [Online]. Available: <https://www.solucionesyservicios.biz/Blog/motor-trifasico-a-monofasico>
- [31] *PLC Logo*, Std., 2021. [Online]. Available: <https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/logo.html>