



**Diseño y Construcción de un sistema para moldeo de plástico reciclado de la Vereda  
Cerro Rico**

**Álvaro Javier Popayán De La Cruz**

**2113153610**

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Electromecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Buga, Colombia

2022

**Diseño y Construcción de un sistema para moldeo de plástico reciclado de la Vereda Cerro Rico**

**Álvaro Javier Popayán de la Cruz**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Electromecánico**

Director (a):

Ing. Adriana López Vargas, MSc.

Línea de Investigación:

Diseño Mecánico

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Electromecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Buga, Colombia

2022

## NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

\_\_\_\_\_.

Cumple con los requisitos para optar

Al título de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_

Firma del Tutor

\_\_\_\_\_

Firma Jurado

\_\_\_\_\_

Firma Jurado

Buga, octubre de 2022.

## Contenido

1	Introducción.....	10
1.1	Antecedentes .....	11
2	Objetivos.....	13
2.1	Objetivo General .....	13
2.2	Objetivos Específicos .....	13
3	Justificación .....	14
4	Marco teórico.....	16
4.1	Definición de Extrusión. ....	17
4.2	Maquina extrusora.....	17
	<b>4.2.1 Tornillo Extrusor.....</b>	<b>20</b>
	<b>4.2.2 Cilindro o Camisa.....</b>	<b>22</b>
	<b>4.2.3 Tolva. ....</b>	<b>22</b>
4.3	Motores eléctricos. ....	23
4.4	Resistencias eléctricas .....	23
4.5	Termocuplas.....	24
4.6	Control de Temperatura. ....	25
4.7	Interruptor.....	25
5	Diseño metodológico.....	26
6	Resultado Análisis de Resultados.....	29

6.1	Diseño del sistema de inyección. ....	29
6.2	Diseño del Sistema Eléctrico y de control del Sistema de Moldeo.....	35
6.3	Diseño De Moldes Para Las Piezas.....	45
6.4	Construcción del Sistema de Inyección. ....	48
6.4.1	Manual del usuario para la máquina de moldeo de plástico.....	48
7	Conclusiones.....	53
8	Anexos.....	55
8.1	Anexo A. Diagrama unifilar del motor electrico.....	55
8.2	Anexo B. Diagrama unifilar de las resistencias. ....	56
8.3	Anexo C. Diagrama de la termocupla tipo J. ....	57
8.4	Anexo D. Simbología eléctrica. ....	58
8.5	Anexo E. Certificado de conformidad del producto Contactores y Interruptores.	
	60	
	.....	60
8.6	Anexo F. Certificado de distribución de contactores de marca CHINT ante la normativa colombiana RETIE. ....	61
8.7	Anexo G. certificado de distribución de interruptores de marca CHINT ante la normativa colombiana RETIE. ....	62
8.8	Anexo planos generales de la máquina. ....	63
9	Referencias bibliográficas .....	64

## Lista De Figuras

<b>FIGURA 4-1.</b> CLASIFICACIÓN DE PLÁSTICO SEGÚN TRIÁNGULO DE MÖBIUS)	16
<b>FIGURA 4-2.</b> TIPOS DE EXTRUSORAS.	18
<b>FIGURA 4-3.</b> PARTES DE UNA EXTRUSORA MONO HUSILLO.	19
<b>FIGURA 4-4.</b> ZONAS DE UN HUSILLO O TORNILLO EXTRUSOR.	20
<b>FIGURA 4-5.</b> CONFIGURACIÓN DE LOS TORNILLOS.	21
<b>FIGURA 6-1.</b> MEDIDAS GENERALES DEL TORNILLO EXTRUSOR	30
<b>FIGURA 6-2.</b> TORNILLO SELECCIONADO.	30
<b>FIGURA 6-3.</b> CAMISA SELECCIONADA.	31
<b>FIGURA 6-4.</b> TOLVA SELECCIONADA.	31
<b>FIGURA 6-5.</b> MOTOR SELECCIONADO.	32
<b>FIGURA 6-6.</b> IMAGEN DE LA RESISTENCIA TIPO ABRAZADERA.	33
<b>FIGURA 6-7.</b> CAJA REDUCTORA.	34
<b>FIGURA 6-8.</b> ACOPLER FLEXIBLES.	35
<b>FIGURA 6-9.</b> TIPOS DE CALIBRE DE CONDUCTORES.	37
<b>FIGURA 6-10.</b> CONTROL DE TEMPERATURA.	38
<b>FIGURA 6-11.</b> TERMOCUPLA J.	38
<b>FIGURA 6-12.</b> MINIS BREAKERS BIFASICOS.	39
<b>FIGURA 6-13.</b> CONTACTORES.	41
<b>FIGURA 6-14.</b> PULSADOR DE MARCHA.	41
<b>FIGURA 6-15.</b> PULSADOR DE PARADA.	41
<b>FIGURA 6-16.</b> PULSADOR DE PARADA DE EMERGENCIA.	42

<b>FIGURA 6-17.</b> COFRE METALICO.....	43
<b>FIGURA 6-18.</b> BANCO MAQUINA EXTRUSORA.....	43
<b>FIGURA 6-19.</b> DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO.....	44
<b>FIGURA 6-20.</b> PROPIEDADES MECÁNICAS DE BALDOSAS DE PET EN LA UNIVERSIDAD MARIANA.....	46
<b>FIGURA 6-21.</b> FICHA CORONA DE UN TIPO DE BALDOSA.....	47

## Lista de tablas

TABLA 6-1 MEDIDAS DEL TORNILLO SELECCIONADO.....	30
TABLA 6-2 MEDIDAS DE LA CAMISA DEL TORNILLO EXTRUSOR.....	31
TABLA 6-3 MEDIDAS DE LA TOLVA. ....	32
TABLA 6-4 ESPECIFICACIONES DEL MOTOR SELECCIONADO.....	33
TABLA 6-5 ESPECIFICACIONES DE LAS RESITENCIAS TIPO ABRAZADERA SELECCIONADAS. ....	34
TABLA 6-6 ESPECIFICACIONES CAJA REDUCTORA. ....	35
TABLA 6-7 ESPECIFICACIONES DE LA PLACA DEL MOTOR. ....	36
TABLA 6-8 COMPONENTES ELÉCTRICOS SELECCIONADOS PARA LA EXTRUSORA.....	40

## *Dedicatoria*

*Primeramente, a Dios por brindarme salud y sabiduría, a mis padres por darme el apoyo moral y de compartir esas grandiosas palabras "tú puedes hacerlo no te rindas" mi esposa e hijo por estar en todo este proceso que es dedicación y tiempo y a la coordinadora que ha sido esa persona que me ha ayudado en toda esta culminación, no hubiese sido posible este logro sin estas personas.*

## **Agradecimientos**

Primeramente, a Dios, a mis padres, a mis hermanas, a mi esposa a mi hijo por estar en todo este proceso, a la Ing. Adriana López por motivarme por darme el apoyo incondicional para terminar la tesis, al Ing. Walter Montoya por su gran conocimiento en la parte técnica que ha sido de gran enseñanza en todo este tiempo recorrido, a la empresa Plásticos Montaña que ha sido parte fundamental para la terminación del proyecto.

## Resumen

El manejo de residuos sólidos es un problema logístico y ambiental, que afecta mucho más a los lugares en los que no hay un servicio de recolección y/o tratamiento, como es el caso de la Vereda Cerro Rico de Buga (valle), la cual no cuenta con estos servicios. La UAN sede Buga, a través de proyección social, conoció este caso, inicio el proyecto de reciclaje de plástico, realizando charlas para enseñar sobre la correcta clasificación como el PET, HDPE, LDPE, PP y así poder ayudar al medio ambiente con la clasificación de estos plásticos se procesen en un molino donde quedan triturados para luego ser transformados. Con la finalidad de darle continuidad al proyecto social mencionado, en este trabajo se planteó el diseño y fabricación de una máquina de moldeo de plástico para la vereda Cerro Rico, cuya función es fundir el plástico triturado y así convertirlo en baldosas de plástico.

Se obtuvo entonces, una máquina de moldeo por inyección de plástico con una base hecha de tubería estructural con medidas de 73cm de altura y 69cm de ancho y un largo de 100cm. El conjunto camisa y tornillo se seleccionó con un diámetro de dos pulgadas y longitud de 1 metro, manejado por un motor de 5HP, con una velocidad final es de 40rpm. Se diseñó el sistema eléctrico para alimentar el motor y las resistencias térmicas que funden el plástico, donde todo es alimentado por un diferencial de potencial de 110V, lo cual permite conectarse en la vereda, que no cuenta con red trifásica. Todo esto se maneja desde el cofre eléctrico donde están todas las conexiones eléctricas, los elementos y botones de manejo, proyectando que la máquina trabaje ocho horas diarias y que procese aproximadamente 8,2 kg/h. Finalmente, se realizó un manual de operaciones para su manejo.

Palabras clave: extrusora de plástico, reciclaje de plástico, fundición de plástico reciclado.

## Abstract

Solid waste management is a logistic and environmental problem, that affects in high proportion some smalltown and places where there is no collection or treatment waste service. This is the case of Cerro Rico smalltown, which does not have collection waste service, sanitary landfill or other waste management alternative. Antonio Nariño University campus Buga, through social work service, met this case and began a project about plastic recycling, offering to the community small talks about correct plastic classification in order to help the environment. The classified plastic, they are processed in a mil where they are crushed and easy usable. In order to continue the social project, the design and manufacture of a plastic molding machine for the Cerro Rico village was proposed, whose function is to melt the crushed plastic and thus convert it into plastic tiles.

Therefore, in this Project, a plastic injection-molding machine was designed and builded with a base made of structural tubing with measurements of 73cm in height and 69cm in width and a length of 100cm. The sleeve and screw assembly was selected with a diameter of two inches and a length of 1 meter, driven by a 5HP motor, with a final speed of 40rpm. The electrical system was designed to power the motor and the thermal resistances that melt the plastic, where everything is powered by 110V, which allows connection to the Cerro Rico small town, which does not have a three-phase electric network. The machine is managed from the electrical chest where all the electrical connections, elements and operating buttons are located; expecting works eight hours a day and processes approximately 8.2 kg/h. Finally, an operations manual was made for its management.

Keywords: extrude machine, plastic recycling, plastic recycling melting.

## Introducción

Uno de los problemas que enfrenta el medio ambiente a nivel mundial, son los residuos sólidos que se producen diariamente, cuyo inapropiado manejo genera grandes contaminaciones según la revista *Universidad y Sociedad* [1]. Por ejemplo, en América Latina y el Caribe se produce 0,63 kg/Hab/día como residuos sólidos domiciliarios y como residuos sólidos urbanos un 0,93kg/Hab/día; situación que ha llevado a los gobiernos a realizar campañas para que las comunidades hagan uso del reciclaje.

En Colombia, el proceso de reciclaje de residuos ha tenido un impacto positivo, ayudando a la descontaminación de cauces, lagos, y zonas verdes. En las ciudades, la recolección de basura se hace de manera periódica en cada casa, donde la empresa prestadora de servicio se encarga de la disposición final de los residuos. Pasa lo contrario en poblaciones remotas, donde no hay un servicio o sistema que se encargue de la recolección y disposición final de las basuras, y por ello se dificulta efectuar un proceso de disposición final adecuada de los residuos.

Uno de los impactos negativos en el medio ambiente son los residuos sólidos, los cuales son de naturaleza muy diversa y algunos no se descomponen fácilmente, llegando a tardar más de 500 años para su degradación [2].

Un estudio reciente [3]determinó que, para el caso de Colombia, el número de toneladas de residuos sólidos asciende a más de 11,7 millones de toneladas anuales de las cuales aproximadamente 2 son recicladas y se reutilizan (cartón, papel, chatarra y plástico), lo cual deja aproximadamente 9,7 millones de toneladas que deben ser dispuestas responsablemente por los medios regulados gubernamentales. El mismo estudio, permite identificar las oportunidades no solo en el cartón y papel, sino también en el mercado de los plásticos. Además, en Colombia se

están desaprovechando estos últimos, los cuales podrían servir como materias primas para la construcción de otros elementos de uso cotidiano.

Diferentes métodos se emplean para la clasificación y aprovechamiento del plástico como materia prima, uno de ellos es el reciclado mecánico [4] que incluye varias etapas donde se realiza: la separación manual, el triturado en partículas, clasificación de partículas por aire, lavado, inmersión en agua y separación electrostática. Una vez triturado el plástico, se convierte en un material más homogéneo para transformarlo a otro elemento en máquinas que usualmente utilizan energía térmica para derretir y darle una nueva forma al material. Algunos de los principales usos del plástico reciclado son: materas, cubos de basura, cajas, baldosas, entre otros. Estos elementos requieren de un nuevo proceso de transformación, utilizando tecnologías que ya se han empleado extensamente, como lo es la fundición del plástico para moldearlo.

En la industria, es frecuente utilizar hornos para procesos industriales que permiten alcanzar temperaturas superiores a 100°C [5]. Los hornos industriales son equipos que calientan, a temperaturas muy superiores a la del ambiente, materiales o piezas situadas dentro de un espacio cerrado, siendo capaces de mantener el calor en su interior y minimizar las pérdidas energéticas. Estos se constituyen de una serie de resistencias, las más utilizadas para procesos de baja temperatura son de tipo tubular, soportando temperaturas entre 650°C y 800°C, apropiadas para la fundición de algunos tipos del plástico.

## **1.1 Antecedentes**

La máquina extrusora diseñada por estudiantes de la Universidad de Pereira [6], consiste en el prensado, fusión y empuje del plástico llegando a temperaturas superiores de 300°C, que permite la fusión del plástico. Esta consiste en una tolva donde se deposita el plástico triturado,

luego pasa a un cilindro y este material es llevado por un tornillo sin fin y calentado por unas resistencias que permiten fundir el plástico según lo requerido.

El termoformado para la optimización de procesos diseñado en la Universidad de los Andes [7], requiere una lámina de plástico previamente fundida, la cual es sujeta, calentada y conformada sobre un molde dando la forma deseada.

El diseño de la máquina inyectora de termoplásticos diseñada en la Universidad de América [7], consta de una tolva, cilindro hidráulico, tornillo sin fin, resistencias de banda y boquilla, cuyo funcionamiento es mediante el empuje del material; el giro y movimiento axial del tornillo, alejando o acercando la boquilla al bebedero del molde y las cavidades.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Diseñar y construir un sistema de moldeo por inyección de plástico reciclado para la vereda Cerro Rico de Buga (Valle).

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Diseñar el sistema de inyección para el reciclaje de plástico (fundición y moldeo)
- Diseñar y seleccionar el sistema eléctrico y de control del sistema de moldeo para la inyección.
- Diseñar moldes de las nuevas piezas.
- Construir el sistema de inyección de plástico.

### 3 Justificación

En las zonas rurales remotas hay alternativas para el reciclaje de material orgánico como el compostaje. Pero en el caso de los residuos plásticos, no se dispone de alternativas asequibles.

En el caso de la Vereda de Cerro Rico, debido a que ya se iniciaron acciones por parte de la Universidad para la solución del problema anteriormente descrito, se plantea el diseño y construcción de un sistema de moldeo por inyección para el aprovechamiento de plástico, con la finalidad de reciclar este residuo. La realización de este proyecto permitirá la transferencia de tecnología a los habitantes del sector.

Los materiales plásticos que se van a utilizar para reciclaje son los clasificados en 1, 2, 4 y 5; debido a que son desechos de la comunidad por el tipo de uso. Éstos se seleccionan manualmente por la comunidad y se procede a la trituración; se continua con el proceso de enjuague que será elaborado por la comunidad de acuerdo a la capacitación en el marco de Proyección Social de la Universidad realizada en la vereda.

La tecnología para la fundición de los plásticos es accesible y puede ser implementada mediante sistemas de calentamiento por medio de resistencias eléctricas, ya que se cuenta con el servicio de energía por red interconectada. Esto puede beneficiar a 200 personas de la vereda que no cuentan con los recursos económicos para la adquisición de baldosas para piso, que fue una de las ideas de reciclaje que la misma comunidad expresó.

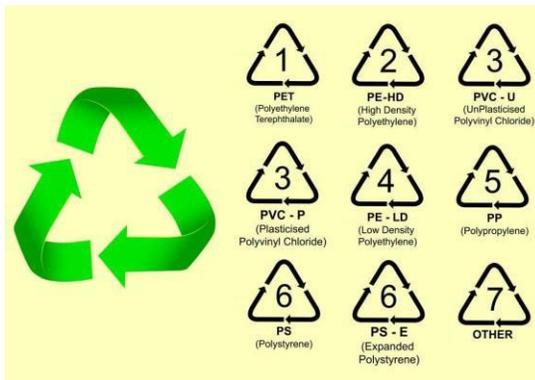
Para la fabricación de las piezas, se utilizará el plástico molido seleccionado y limpio, se llevará la máquina de inyección para ser fundido y transformado teniendo en cuenta que sólo se usará un tipo de plástico a la vez, es decir, se debe seleccionar un solo plástico para la fundición y

aprovechamiento, nunca mezclar diferentes tipos de plástico (por ejemplo, piezas sólo moldeadas con PET). No se preverá utilizar plástico virgen (nuevo) en las nuevas piezas obtenidas, debido a las condiciones propias de la vereda (acceso a la vereda y consecución de este tipo de material).

## 4 Marco teórico

Los plásticos se catalogan en dos categorías: blandos y duros. El plástico es un material que es propicio para la realización de baldosas y materas, entre un sinnúmero de aplicaciones. Para lo anterior, el plástico debe ser sometido a cargas de  $100 \text{ N/mm}^2$  (plástico blando) y  $150 \text{ N/mm}^2$  (plástico duro). La clasificación del plástico se puede hacer según el triángulo de Möbius, como se muestra en la Figura 4-1.

**Figura 4-1.** Clasificación de plástico según Triángulo de Möbius)



Fuente: [8]

Los plásticos aprovechables para su reciclaje son los tipos 1, 2, 4 y 5. El uso de estos plásticos es, por ejemplo del el tipo 1 son botellas PET (*Polyethylene Terephthalate*) utilizadas para envasar agua, jugo, aceites, etc.; el tipo 2 son plásticos rígidos HDPE (*High-density polyethylene*) para productos de aseo personal, detergentes, yogurt, entre otros; los tipos 4 son plásticos flexibles LDPE (*Low-density polyethylene*) que se usan en bolsas, y empaques de comida, etc., y los plásticos tipo 5 son PP (*polyethylene*) los cuales son resistentes al calor y se encuentran en empaques de salsas, tapas, y otros envases.

Las temperaturas de fusión cristalina (temperatura que permite moldearlo) en grados Celsius, de acuerdo con el triángulo de Möbius para las clasificaciones 1, 2, 4 y 5 son:

- *PET* (clasificación 1): 245°C a 265°C
- *HDPE* (Clasificación 2): 130°C a 137°C
- *LDPE* (Clasificación 4): 98°C a 115°C
- *PP* (Clasificación 5): 168°C a 175°C

#### **4.1 Definición de Extrusión.**

La extrusión consiste en forzar un material (en este caso el plástico) y hacerlo pasar por un orificio bajo presión. Este material al pasar a través de dicho orificio toma la forma del dado y continúa adquiriendo una sección trasversal igual al de la forma del orificio. Así como los plásticos también se procesan otros materiales como los metales, cerámicos o alimentos.

#### **4.2 Maquina extrusora**

Es una máquina que aplica presión a un sólido fundido o viscoso para forzar su paso a través de una boquilla, la cual se compone de un conjunto de elementos que permiten llevar a cabo su labor Algunos tipos de máquinas extrusoras se pueden observar en la figura 4-2.

En general la extrusión de los plásticos se conforma de seis pasos principales en una monohusillo:

- Transporte del sólido “plástico” a la zona de fusión
- Plastificación del material
- Compresión del termoplástico
- Mezclado
- Desgasificado

- Conformado

**Figura 4-2.** Tipos de extrusoras.



Doble husillo



Mono husillo



Rápida



Helibar



Conex

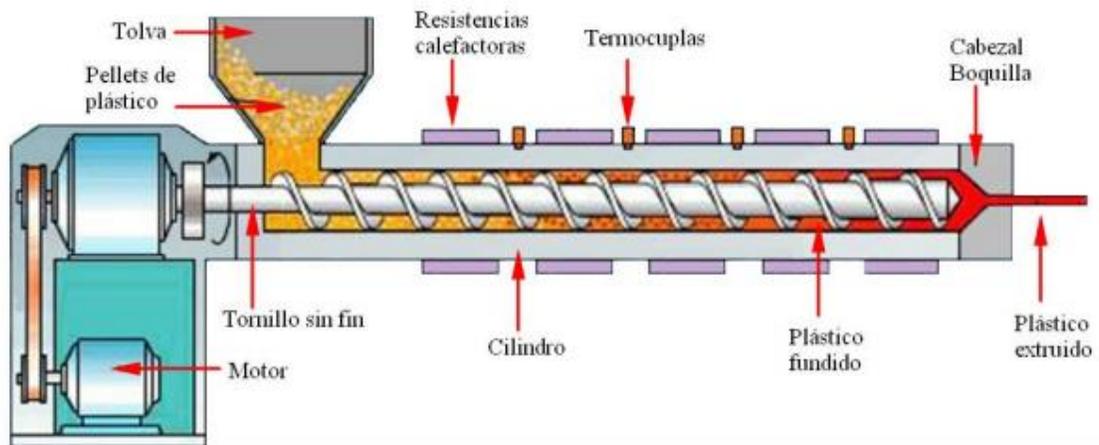
Fuente:[9]

No todas las funciones nombradas tienen lugar en el proceso de extrusión, en el caso de desgasificación hay unas máquinas que están diseñadas para esta operación.

Entre las funciones que debe tener una extrusora, debe tener una dosificación o alimentación del material, un sistema de fusión o plastificación, sistema de compresión que a su vez genera el efecto de mezclado y por último el conformado del termoplástico.

Las partes de una extrusora Mono husillo, se muestran en la figura 4-3, donde se puede observar un sistema de alimentación por tolva, en la que el material se adiciona en forma de polvo o fragmentos; la máquina de plastificación mezcla y extrusión que se compone por un tornillo sinfín que gira en el interior de un cilindro que es calentado por unas resistencias eléctricas. En el final del cilindro se acopla un cabezal cuya boquilla tiene un diseño para dar la forma final el material en el proceso del conformado del plástico.

**Figura 4-3.** Partes de una extrusora Mono husillo.



Fuente:[10]

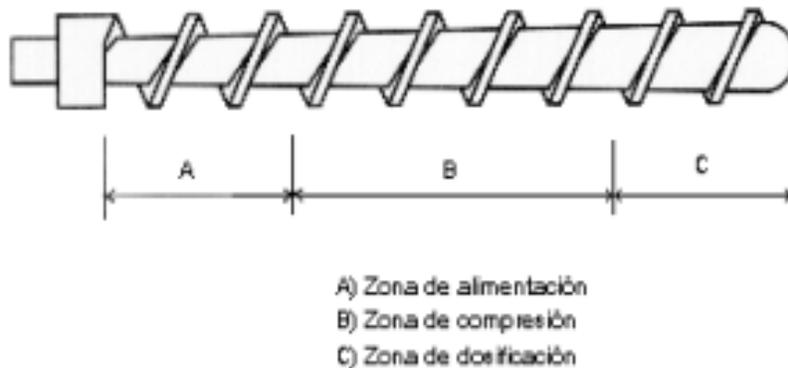
Las máquinas extrusoras se pueden dividir en tres zonas que son: el tornillo extrusor el cual ejerce una presión a lo largo de la camisa; la zona de alimentación se encuentra ubicada en la tolva, donde la profundidad del canal del tornillo es la máxima. La principal función es transportar el material de forma compacta y sólida a la siguiente zona, que es la de compresión esta zona intermedia donde se reduce un promedio la profundidad del canal. Acorde el material se va compactando, el aire que está atrapado es expulsado vía tolva de alimentación. En esta zona se lleva el proceso de fusión del material convirtiéndolo en una mezcla. La zona final que es la de

dosificado, es la parte más cercana a la boquilla y su profundidad es la mínima, el material fundido se presuriza para hacerlo pasar por el orificio de la boquilla.

#### 4.2.1 Tornillo Extrusor.

La configuración geométrica del tornillo como se muestra en la figura 4-4, consiste en un cilindro largo, se compone de unos alabes o filetes rodeándolo desde el inicio hasta el final depende mucho a el material a transformar; realizan la función de trasportar y mezclar el material; las dimensiones geométricas como longitud, Angulo de alabe, paso, y diámetro de penden mucho de su calidad de mezclado y su producto final.

**Figura 4-4.** Zonas de un husillo o Tornillo extrusor.

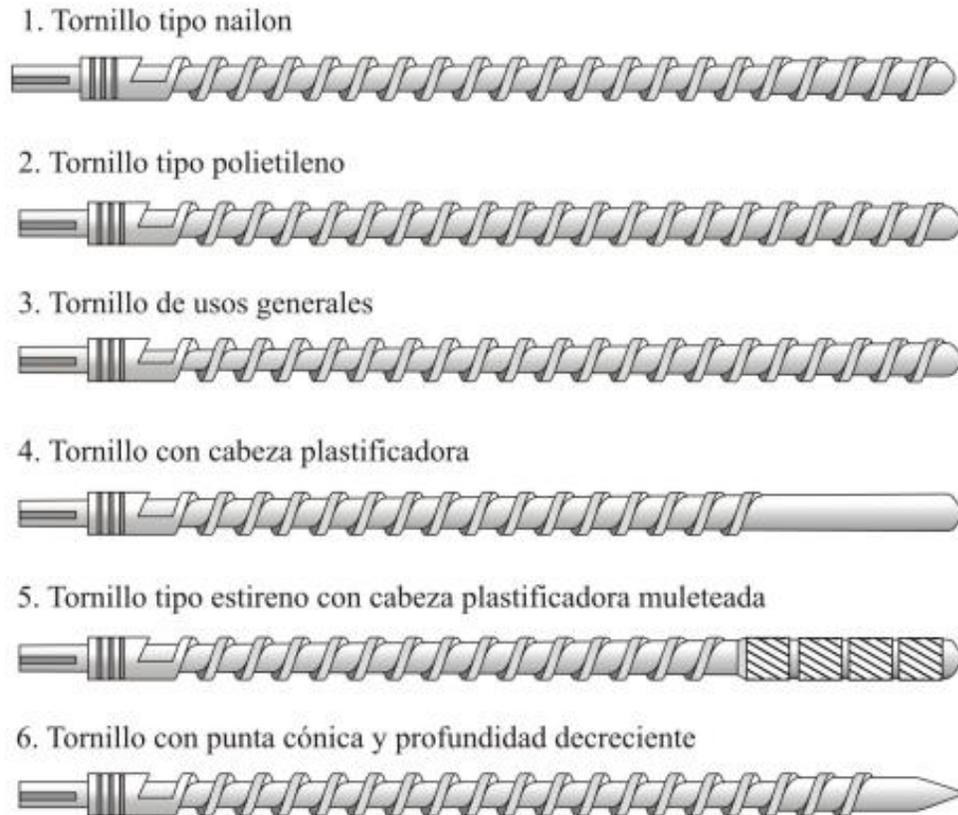


Fuente:[9]

La selección del tornillo depende de su número y diseño geométrico de las zonas de los alabes diseño de la boquilla y las velocidades de extrusión, como también depende de las características de fusión del polímero. Un tornillo Mono husillo de tres zonas se define por número

de vueltas zonas de alimentación, compresión y material a fundir. En la figura 4-5 se muestran los diferentes tipos de tornillos según su configuración.

**Figura 4-5.** Configuración de los tornillos



Fuente:[11]

En la figura anterior, se puede observar los tornillos y configuraciones geométricas para diferentes usos. Para hallar el volumen que hay entre el tornillo y la camisa, se halla mediante la ecuación 4.1 y para saber su masa se halla mediante la ecuación 4.2.

$$v = \pi * 1(r^2 - r^1) \quad (4.1).$$

Donde,

*V: volumen. (m<sup>3</sup>)*

*r 1: radio 1. (r)*

*r 2: radio 2. (r)*

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (4.2).$$

Donde,

*P: densidad. (Kg/m<sup>3</sup>)*

*m: masa. (kg)*

*v: volumen. (m<sup>3</sup>)*

#### **4.2.2 Cilindro o Camisa.**

El cilindro o camisa, tiene características de un tubo grueso, es decir, hueco y de gran espesor de pared, el cual puede soportar grandes esfuerzos generados usualmente por el husillo y puede soportar diferentes temperaturas de las resistencias que están diseñadas para fundir el plástico. El material utilizado es acero y en algunos casos tiene un revestimiento bimetálico el cual le transfiere una elevada resistencia.

#### **4.2.3 Tolva.**

La tolva es un lugar donde se deposita el plástico que va a ser utilizado (fundido y extruido), el cual se provee en forma granular para la alimentación continua de la máquina. El diseño de la tolva es de sección rectangular pero prismática (la sección tiene un ángulo de inclinación para que el material deslice fácilmente en ella). En la parte superior se deposita la materia prima y esta se comunica en la parte inferior con el tornillo extrusor. Este punto de conexión se conoce como zona de alimentación.

### 4.3 Motores eléctricos.

Un motor eléctrico transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos magnéticos que se encuentran en las bobinas, estos motores se pueden clasificar según la alimentación en motores de corriente continua y motores de corriente alterna.

Los motores de corriente continua se clasifican como: De imán permanente (PMDC), de Excitación separada, de Excitación compuesta y de Excitación en serie.

Por su parte, los motores de corriente alterna se clasifican como: Motores sincrónicos, Motores asincrónicos y Motores monofásicos. Para obtener la potencia de un motor eléctrico se calcula mediante la siguiente ecuación 4.3.

$$Pot = \frac{N \cdot \pi \cdot D^3}{f_p^2} \quad (4.3)$$

Donde,

*N*: número de revoluciones (RPM).

*D*: diámetro del husillo. (Θ)

*F<sub>p</sub>*: factor de proporcionalidad.

### 4.4 Resistencias eléctricas

Una resistencia eléctrica sirve para impedir el flujo de electrones libremente, lo que hace es oponerse a que circulen, de esta manera al oponerse desencadena una liberación de energía en forma de calor.

Las resistencias se utilizan para transferir calor ya sea por conducción, convección y radiación, en la industria se pueden encontrar diferentes tipos de resistencias para diferentes aplicaciones, las cuales son: Resistencia eléctrica plana, Bandas flexibles calefactoras en silicona, Resistencia tubulares con aletas, Resistencias tubulares para líquido, Resistencia de banda abrazadera extrusora de plástico y Resistencia en espiral de alambre para secadores industriales. Para la selección de las resistencias, se utiliza la siguiente ecuación 4.4.

$$Q = (m \div t)Cp(Ts - Ti). \quad (4.4).$$

Donde,

*Q*: calor. (W)

*m*: masa. (kg)

*t*: tiempo. (seg)

*Cp*: calor específico a presión constante. (J/Kg.K)

*Ts*: temperatura final. (°C)

*Ti*: temperatura inicial. (°C)

#### **4.5 Termocuplas.**

Las termocuplas son sensores de temperatura que se utilizan en la industria, el cual es un sensor para medir temperatura. El diseño de la termocupla consta de dos alambres de diferente material unidos en un extremo, al aplicar temperatura en la unión genera voltaje muy pequeño, aumentando con la temperatura.

Los diferentes tipos de termocuplas están denominadas con letras como J,K,L,N,R,S,B. El tipo de termocupla J se utiliza principalmente en la industria del plástico.

#### **4.6 Control de Temperatura.**

El control de temperatura o "pirómetro" controla las resistencias evaluándolas por medio de unos sensores, se puede aumentar o bajar su temperatura de acuerdo con la necesidad requerida; en la industria existen diferentes controladores.

Para la elección del controlador debe tener en cuenta la temperatura deseada, tipo de salida requerida, control proporcional y número o tipo de salidas.

#### **4.7 Interruptor.**

El interruptor o breaker opera automáticamente cerrando el flujo de corriente a través del circuito que se instaló, protegiendo la instalación, equipos y personas que puedan generar una sobrecarga.

## 5 Diseño metodológico.

Para la realización de este trabajo, se dividió la metodología en cinco fases, las cuales se describen a continuación, junto con las actividades desarrolladas:

### **Fase 1. Diseñar el sistema de inyección para el reciclaje de plástico (fundición y moldeo).**

- Selección de los parámetros para el diseño, como el tamaño general de la máquina, con el fin de obtener las piezas del tamaño requerido, facilitar el transporte final al lugar.
- Revisión en la literatura sobre cómo seleccionar la tasa de fundición de plástico de acuerdo con el tipo, con el fin de dimensionar los elementos de la máquina, como el husillo, tolva, motor, etc.
- Parametrización de los materiales de acuerdo con temperaturas que va a manejar,
- Selección de motor, diseño o selección del husillo como otras partes mecánicas (rodamientos, etc);
- Realización de los planos generales que serán usados para la construcción.

### **Fase 2. Diseñar el sistema eléctrico y de control del sistema de moldeo por inyección.**

La selección de la máquina diseñada fundirá cada tipo de plástico (clasificados según Möbius en 1, 2, 4 y 5) uno cada vez, por tanto, según lo descrito en la introducción, cada plástico tiene diferentes temperaturas de fusión. Basado en el estudio documental previo, se estudiarán los

valores requeridos para las resistencias eléctricas, con el fin de alcanzar las diferentes temperaturas.

Diseño del sistema de control de temperatura que deberá ser de fácil manejo para la comunidad. Este control permitirá llegar a la temperatura adecuada para la fundición de acuerdo al material (tipo de plástico reciclado según el triángulo de Möbius).

El diseño del sistema eléctrico, que contemplará las conexiones para las resistencias eléctricas y motor.

Obtención de listado de materiales y planos generales que serán usados en la construcción.

### **Fase 3. Diseño de molde de las nuevas piezas**

Investigación documental de las características geométricas de una baldosa para soportar los esfuerzos del peso a soportar.

Investigación documental sobre la resistencia mecánica de los plásticos PET, PP, HLDP Y SLDP.

Selección del material con el cual se realizarán las baldosas.

Diseñar la baldosa para obtener las dimensiones finales de acuerdo al material con mejores propiedades mecánicas

Diseño del molde de baldosa de acuerdo a las propiedades mecánicas de las partes a obtener y del material base de fundición (PET, PP, HLDP, SLDP)

Diseño del molde de la materia, que permita desmoldar fácilmente.

#### **Fase 4. Construcción del sistema de inyección de plástico.**

Construcción del sistema de inyección con los planos e informaciones obtenidas en fases anteriores, como son: Adquisición del tornillo y camisa. Tolva, construcción de la base, instalación del sistema eléctrico, montaje del motor y ensamble general.

Se evaluará el funcionamiento del sistema, de acuerdo al diseño realizado, con el fin de garantizar su operación, en pruebas de encendido y alcance de temperaturas requeridas.

Realización de un manual práctico de uso.

## **6 Análisis de Resultados.**

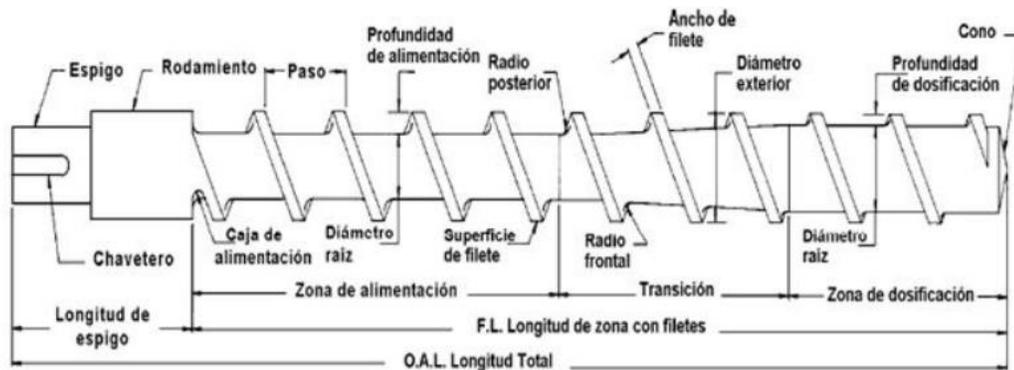
### **6.1 Diseño del sistema de inyección.**

Para el diseño de la maquina extrusora y realizando los estudios en cada uno de los elementos que lo conforman, se seleccionó un tornillo con su respectiva camisa y tolva de alimentacion de acuerdo a lo mostrado en la sección 4.4 de tornillos para extrusión en este documento. El tornillo entonces, es del tipo que se usa para extrusión de polietileno. La adquisición de este tornillo de extrusión se realizó en un centro de chatarrización junto con la camisa. Al tornillo se le realizo una rectificación a los alabes y se maquino para su correcto funcionamiento. Cabe resaltar que estos equipos cumplen con las especificaciones requeridas y los estandares adecuados para la inyeccion de plastico.

Los elementos del tornillo camisa y tolva, se escogieron de acuerdo al tipo del material a trabajar. Según el estado del arte realizado y al marco teorico planteado, el tornillo extrusor es de tipo Polietileno [11] el cual es el adecuado para este tipo de plastico. En la busqueda de abaratar costos se buscaron tornillos en centros de chatarrizacion encontrando solamente dos tamaños, uno de tamaño industrial (6m de longitud), y el otro tamaño 1,14m de longitud. Por tanto se selecciono el segundo mencionado que se describe a continuacion

Las especificaciones de este tipo de tornillo ya fabricado corresponden a las medidas mostradas en la figura 6-1. En las figura 6-2 se muestra el tornillo seleccionado y en la tabla 6-1 las medidas del mismo.

**Figura 6-1.** Medidas generales del tornillo extrusor



Fuente: [10]

**Figura 6-2.** Tornillo seleccionado.



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6-1.** Medidas del tornillo seleccionado.

Medidas del extrusor		
Longitud total:	1140	Mm
Espigo:	40	Mm
Rodamiento:	50	Mm
Paso:	37	mm
Profundidad de alimentación:	6	mm
Ancho del filete:	7	mm
Diámetro exterior	50	mm
Profundidad de dosificación:	3	mm
Longitud de espigo:	140	mm
Longitud de zona con filetes:	1000	mm
Diámetro de alimentación de raíz:	36	mm
Diámetros de transición de raíz:	40	mm
Diámetro de zona de dosificación:	42	mm
Angulo	13	°
Peso del extrusor	11.8	kg

Fuente: Elaboración propia.

La camisa o cilindro seleccionado ya fabricado, el cual es acorde para la maquina de inyeccion de plastico, se muestran las medidas de la misma en la tabla 6-2.

En el caso de la tolva, ésta ya venía en la camisa seleccionada. Las medidas de la misma se muestran en la tabla 6-3.

**Figura 6-3.** Camisa seleccionada.



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6-2.** Medidas de la Camisa del Tornillo Extrusor.

Camisa		
Longitud total:	960	mm
Diámetro interior:	51	mm
Diámetro exterior	84	mm
Espesor:	33	mm
Peso	63,25	kg

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6-4.** Tolva seleccionada.



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6-3.** Medidas de la Tolva.

Tolva		
Altura mayor	650	mm
Altura	610	mm
Ancho superior	530	mm
Ancho inferior	130	mm
Díámetro de dosificación	40	mm
Ángulo inclinación	69,79	Grados
Peso	13.5	kg

Fuente: Elaboración propia.

Para la selección de este tipo de motor se selecciona de acuerdo a la ecuación motor (4.3) presentada en la sección anterior y mostrada aquí ya con los valores del caso analizado.

$$Pot = \frac{35rpm \cdot \pi \cdot 50^3}{66.7^2} = 3089.1W$$

Si se tiene que 1 W = 0.00134 HP, entonces 3,089kW = 4,1HP y asumiendo un factor de seguridad es de 1.25 [12] entonces la potencia requerida es de 5,1 HP.

El motor eléctrico seleccionado para el requerimiento de la máquina de extrusión se muestra en la figura 6-5 y sus especificaciones en la tabla 6-4.

**Figura 6-5.** Motor seleccionado.



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6-4.** Especificaciones del motor seleccionado.

Motor eléctrico	
Voltaje (V)	110-220
Hp	5
Marca	Siemens
Eje diámetro (mm)	28mm
Rpm	1700
Amperaje	28

Fuente: Elaboración propia.

Para la selección de las resistencias, las cuales estarán ensamblada en la camisa del tornillo extrusor con el fin de calentar el plástico hasta fundirlo, se realiza mediante la ecuación (4.4) de transferencia de calor donde se halla la potencia requerida. Para esto, se tiene en cuenta el tiempo requerido, el calor específico a presión constante del plástico (1250 kJ/kg.K) y la diferencia de temperatura en Kelvin, asumiendo que el plástico ingresa a una temperatura ambiente de 299K y sale a la temperatura de fundición de PET que es 543K

$$Q = (0.15811 \div 68) \times 1250(543 - 299) = 709W.$$

Las resistencia seleccionada según el requerimiento de la maquina para la fundición del plástico es del tipo abrazadera se muestran en la figura 6-6 y sus especificaciones en la tabla 6-5.

**Figura 6-6.** Imagen de la resistencia tipo abrazadera.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-5 Especificaciones de las resistencias tipo abrazadera seleccionadas.

Resistencias eléctricas	
Voltaje (V)	110
Diámetro (mm)	80
Ancho (mm)	100
Potencia W	700
Cubierta	Ferroníquel

Fuente: Elaboración propia.

La caja reductora seleccionada de acuerdo a los requerimientos de la maquina es sinfín corona, con el fin de mover el material y mantenerlo en contacto con las resistencias para el cambio de fase, tiene una relacion de 40 a 1 un aproximado de 40 rpm. Ésta se muestra en la figura 6-7 y las especificaciones en la Tabla 6-6.

**Figura 6-7.** Caja reductora.



Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de acoplar el motor y la caja reductora, se seleccionan los acoples flexibles de torsion (tipo araña) con referencia L100, L150 para la union motor caja reductora y tornillo extrusor. En la figura 6-8 se observan los acoples mencionados.

**Tabla 6-6.** Especificaciones Caja reductora.

Caja reductora	
Eje de entrada (mm)	24
Eje de salida (mm)	38
Rpm	40

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6-8.** Acoples flexibles.



Fuente: Elaboración propia.

## 6.2 Diseño del Sistema Eléctrico y de control del Sistema de Moldeo.

En esta sección, se determinan los componentes del sistema eléctrico de la máquina, de acuerdo a las necesidades que se tienen de la misma, como por ejemplo alimentar el motor seleccionado, las resistencias, como también la parte de control.

Para determinar el calibre del conductor del motor monofasico se debe tener en cuenta la siguiente ecuacion (6.1):

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi} \quad (6.1)$$

Donde,

*P*: potencia

*V*: voltaje

*N*: eficiencia

*Fp*: factor de potencia

*Fs*: factor de servicio

Las especificaciones del motor seleccionado para el diseño tiene las características mostradas en la Tabla 6-7.

**Tabla 6-7.** Especificaciones de la placa del motor.

Especificaciones de la placa del motor	
Potencia (HP)	5
Tensión (V)	120
Eficiencia (n)	96%
Factor de servicio (fs.)	1,15
Factor de potencia (fp.)	0,86

Fuente: Elaboracion propia.

Para determinar la corriente teniendo se utiliza la ecuación 6.2 que se muestra a continuación, teniendo en cuenta que 1 caballo de fuerza = 745.6 W = 746W

$$I = \frac{5 \times (746W)}{\sqrt{3} \times 120 \times 0.86 \times 0.9} = 23.1A \quad (6.2)$$

Se reemplaza la ecuacion y se obtiene que la corriente es de **23.1A**

Con la información anterior, se procede a la selección del conductor, la cual se realiza de acuerdo a la información mostrada en la tabla de la figura 6-9.

De acuerdo a la ecuacion 4-5 el resultado es de 23.1 A; por lo tanto se selecciona el calibre 14 AWG el cual soporta 25 A.

Para el control de temperatura, se selecciona de acuerdo al sistema de control planteado para l a de la maquina extrusora, el control EBCHQ de referencia 58008 el cual maneja diferentes termocuplas como J,K,E,S entre otros. La imagen del controlador descrito se puede observar en la figura 6-10.

Se selecciona la termocupla J de acuerdo a los valores de temperatura, que va desde los 0 hasta los 760 grados celsius, la cual es apropiada para los plasticos según la figura 4-1 (Triángulo de Möbius). La termocupla seleccionada se muestra en la figura 6-11.

**Figura 6-9.** Tipos de calibre de conductores

CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)			
Calibre AWG o kcmil	TW 60° C	THW 75° C	THHN/THWN 90° C
14	20	20	25
12	25	25	30
10	30	35	40
8	40	50	55
6	55	65	75
4	70	85	95
2	95	115	130
1	110	130	150
1/0	125	150	170
2/0	145	175	195
3/0	165	200	225
4/0	195	230	260
250	215	255	290
350	260	310	350
500	320	380	430

Hasta tres conductores transportando corriente, en una canalización, cable o en enterramiento directo a una temperatura ambiente de 30°C

**Tabla 3. Tabla 310-16 NTC 2050 y NEC. Capacidad de corriente para conductores TW, THW y THHN/THWN 90° C.**

Fuente [13].

**Figura 6-10.** Control de temperatura.



Fuente: Elaboracion propia

**Figura 6-11.** Termocupla J



Fuente: Elaboracion propia

Para la selección del conductor de la resistencias seleccionadas, teniendo en cuenta que su potencia es de 700W y su Voltaje es de 110V, se realiza el cálculo de amperaje mediante la ecuación 6-3, como sigue:

$$I = \frac{w}{v} \quad (6-3)$$

$$I = \frac{700w}{110} = 5.8A$$

Por lo tanto, se selecciona el calibre numero 14 de acuerdo a la Figura 6-9 (Tipos de calibre de conductores). De acuerdo al RETIE y según la norma 20.16 de Equipos de corte y seccionamiento de baja y media tension (pagina 113), se seleccionan los interruptores, los cuales se pueden apreciar en la figura 6-12. El interruptor seleccionado es de referencia CHINT NXB63, el cual se seleccionan de acuerdo a los calculos obtenidos en las resistencias y motor electrico. La hoja técnica del producto se encuentra en Anexos.

. **Figura 6-12.** Minis Breakers Bifasicos.



Fuente [14]

Finamente, en la Tabla 6-8 se resumen los componentes eléctricos seleccionados para la máquina.

**Tabla 6-8.** Componentes eléctricos seleccionados para la extrusora.

COMPONENTES ELECTRICOS SELECCIONADOS	
Conductor	AWG N 14
Control de temperatura	Ref. EBCHQ 58008
Termocupla	Tipo J
Interrupctor CHINT	Ref. NXB63 30
Contactador CHINT	Ref. NC1-18
Pulsador de marcha	Ref.ICE/EN 60947-5-1
Pulsador de parada	Ref. EBCHQ 18800
Pulsador de parada de emergencia	Ref. CHNT-NP2 BE102
Conductor encauchetado	AWG N 14
Conmutador 2 posiciones	Ref. CHNT-NP2 BE101
Cofre metalico	Ref.075C07 50x30x20

Fuente: elaboración propia.

Para el caso de los contactores, la seleccion de estos contactores se realiza de acuerdo a los calculos obtenidos en el motor electrico y en las resistencias. Éste se selecciona de acuerdo a la figura (6-13), los cuales cumplen con el RETIE y es de referencia CHINT NC1-18, cuya ficha técnica se encuentra en los anexos.

El pulsador de marcha de referencia IEC/EN 60947-5-1 110V permite el arranque del motor, el cual se puede ver en la figura (6-14). Para el caso del pulsador de parada, se seleccionó uno de referencia EBCHQ 18800 110V, el cual permite la parada del motor y se puede ver en la figura (6-15).

**Figura 6-13.** Contactores.



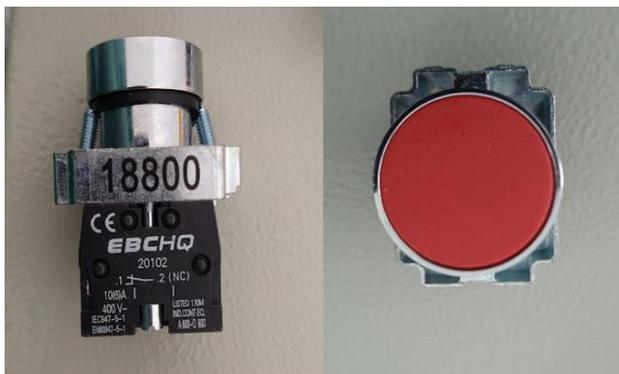
Fuente: Elaboración propia

**Figura 6-14.** Pulsador de marcha.



Fuente: Elaboracion propia.

**Figura 6-15.** Pulsador de parada.



Fuente: Elaboracion propia.

Para el pulsador de parada de emergencia, se seleccionó uno de referencia CHNT-NP2 BE102 110V, cuya función es ser un mecanismo de protección en caso que haya una anomalía en el funcionamiento de la máquina; protegiendo a la máquina y al operario. Ver en la figura (6-16).

**Figura 6-16.** Pulsador de parada de emergencia.



Fuente: Elaboración propia.

El cofre metálico seleccionado que alberga los elementos como contactores, controladores de temperatura, pulsadores arranque y parada, riel, breakers, es de referencia 075C07 y de medidas 500 x 300 x 200 mm, el cual cumple con la certificación del RETIE, además de tener un certificado QCERTN 2485/2469. El cofre se observa en la figura (6-17).

Con respecto a la estructura que soporta los elementos de la máquina, es un banco construido con perfiles tubulares soldados de calibre 16 de 2 pulgadas de diámetro, con una altura de 73cm, 69cm de ancho y un largo de 100cm. El largo máximo cuando se incluye la camisa del tornillo extrusor es de 154cm y la altura máxima incluyendo el motor es de 100cm. Los elementos que están ensamblados en el banco se pueden desinstalar ya que están atornillados, lo que hace que sea fácil la manipulación para realizar mantenimientos o acciones correctivas. La tolva se

puede instalar o desinstalar facilmente. En la figura (6-18) se aprecia la maquina de moldeo de plastico con todos sus elementos ensamblados.

**Figura 6-17.** Cofre metalico.



Fuente: Elaboracion propia.

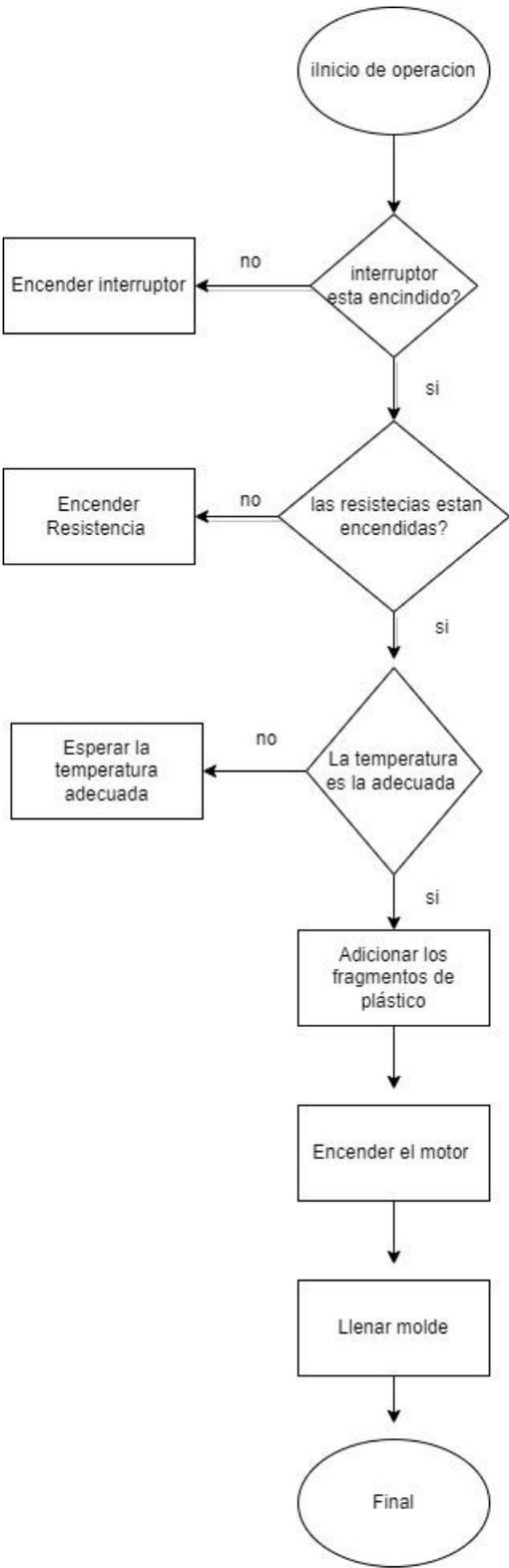
**Figura 6-18.** Banco maquina extrusora.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se muestra un diagrama general del funcionamiento de la máquina en la figura 6-19.

Figura 6-19. Diagrama de funcionamiento.



### **6.3 Diseño De Moldes Para Las Piezas.**

Uno de los objetos a fabricar con el plástico reciclado, son baldosas para uso residencial. Para esto, se consultaron la normatividad vigente como también otros trabajos realizados en el área.

Los pisos cerámicos se fabrican para todo tipo de tráfico. La normativa ISO 13006:2012 [15] rige las definiciones, clasificación, características y marcado de las baldosas cerámicas; las normas ISO 10545.6 e ISO 10545.7 establecen los métodos de ensayo para determinar la resistencia a la abrasión de las baldosas cerámicas. El Instituto Porcelain Enamel Institute (PEI) determina el tipo de tráfico requerido según la necesidad de los esmaltadores y/o empresas que sean afines; el “PEI I” (Tránsito muy ligero) es utilizado en ambientes sin acceso directo desde el exterior, como son: salas, dormitorios y baños [16].

Se realiza una investigación acerca de la norma NTC 4321[17] en los recursos electrónicos de la UAN, encontrando que ésta habla sobre los métodos para determinar el módulo de rotura y la resistencia a la flexión; normativas, principio, equipos y cálculos; también trata sobre cómo realizar las pruebas mecánicas que deben soportar las baldosas y sus ensayos, medidas a tener en cuenta para las pruebas de laboratorio, donde debe de aplicarse la fuerza para hacer un distribución adecuada en el área para determinar su rotura, entreo otros. Sin embargo, se concluye que la norma NTC 4321 se refiere a ensayos y métodos para probar las baldosas construidas, mas no a rangos requeridos mínimos que deben soportar las baldosas de cerámicas.

En la Universidad Mariana Pasto [18] se realizó una investigación en laboratorio para determinar los ensayos mecánicos de las baldosas cerámicas comparadas con las fabricadas en plástico reciclado y así poder determinar su carga máxima, resistencia máxima y otras para

caracterizar las piezas. En la figura 6-20 se muestra el resumen en una tabla sobre las propiedades medidas en estas baldosas en PET.

Se consulta también las fichas técnicas de baldosas de marca Corona [19], la cual trae entre otros datos, las medidas nominales de baldosas y su resistencia. En la figura 6-21 se muestra una parte de la ficha técnica de una de sus baldosas.

De acuerdo con estas informaciones, se determina que las baldosas de plástico reciclado a fabricar en el molde serán 30 x 30cm y 7mm de espesor, de acuerdo con los ensayos realizados en la Universidad Mariana [18] y los tamaños estándar de baldosas comerciales como el de Corona, para que así cumpla con los requerimientos necesarios para su tráfico y concuerdan con la investigación. Cabe aclarar, que el sistema realizado no es una máquina de inyección de plástico, por lo que la boquilla final no tiene cómo ensamblarse a un molde como tal. De acuerdo con la investigación citada de la Universidad Mariana, también se proponen los moldes en madera cuya propuesta se puede observar en la figura 6-22.

**Figura 6-20.** Propiedades mecánicas de baldosas de PET en la Universidad Mariana.

Nombre	Peso (gr)	Carga de Rotura (kN)	Espesor (mm)	Resistencia MPa
Baldosa Convencional	486,460	0,445	6,5	79,530
Muestra Prototipo	394,970	0,438	7,0	79,560
Muestra 1.	390,700	0,445	7,0	79,911
Muestra 2	393,900	0,490	7,0	88,713
Muestra 10	394,800	0,437	7,0	79,298

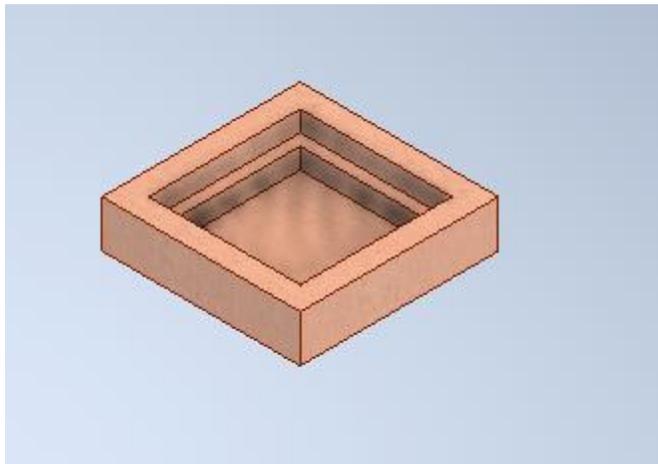
Fuente: [18]

**Figura 6-21.** Ficha Corona de un tipo de baldosa.

<b>PISO MANCORA ARD® CAFÉ CD</b>			
<b>Referencia:</b>	336474761		
<b>Formato cm:</b>	33.8X33.8		
<b>Color:</b>	Verde / Green		
 TRÁFICO   TRAFFIC	COMERCIAL MODERADO / MODERATE COMMERCIAL		
 ESPESOR NOMINAL NOMINAL THICKNESS	7.1 ± 0.3		
<b>RESISTENCIA A LA ROTURA</b> BREAKING STRENGTH	NTC 4321 - 3 ISO 10545 - 3	Mínimo 500 N / Minimum 500 N	Mínimo 750 N / Minimum 750 N
<b>MÓDULO DE ROTURA</b> MODULUS OF RUPTURE	NTC 4321 - 4 ISO 10545 - 4	Mínimo 18 N/mm <sup>2</sup> , Mínimo Individual 16 N/mm <sup>2</sup> , Minimum 18 N/mm <sup>2</sup>	Mínimo 26 N/mm <sup>2</sup> / Minimum 26 N/mm <sup>2</sup>

Fuente: [19]

**Figura 6-22.** Moldes propuestos para las baldosas.



Fuente: Elaboración propia.

## 6.4 Construcción del Sistema de Inyección.

Luego de la selección de los elementos, se tiene una máquina extrusora con un tornillo de 2 pulgadas de diámetro, un metro de longitud, el cual es movido por un motor de 5HP a una velocidad de 40rpm gracias a una caja de reducción, con un cofre metálico el cual contiene todas las partes eléctricas seleccionadas y el acceso al usuario para encendido y manejo de la misma. En la figura 6-18 se mostró como queda la máquina con todos los elementos y en los anexos, se encuentran los planos generales.

Para facilitar el manejo de la máquina, se plantea el siguiente manual de usuario.

### 6.4.1 Manual del usuario para la máquina de moldeo de plástico.

**Primer paso:** verificar la conexión en la fase al interruptor, que está ubicado en el cofre de control de la máquina de moldeo de plástico y luego verificar si el interruptor está en la posición ON / OFF.



**Segundo paso:** posicionar a "ON" los conmutadores para encender los controladores de temperatura.



**Tercer paso:** verificar si los controladores de temperatura están encendidos.



Estos controladores de temperatura se encuentran ya programados para ser utilizados con el PET, la temperatura de fusión de este polímero es de 250 grados Celsius.

Cada control de temperatura en la pantalla muestra unos números de color rojo (deseado) otro verde (referencia), el rojo gradualmente empieza a subir la temperatura hasta llegar a lo deseado.

Los números de color verde están en 210 hasta llegar a 250 grados celsius, desde el inicio el extrusor no puede estar con una temperatura muy alta debido a que las partículas del plástico estarían muy maleables y no se puede extruir.

**Cuarto paso:** las resistencias comienzan a transferir calor a la camisa y al extrusor.



Pasado una hora aproximadamente la temperatura es ideal para extruir. **Importante: no arrancar el motor estando las resistencias a temperatura ambiente ya que puede ocasionar daños internos al extrusor.**

**Quinto paso:** adicionar el PET a la tolva.



**Sexto paso:** arrancar el motor eléctrico para extruir el PET y así poder realizar el moldeo de plástico. Para el arranque, pulsar el botón verde que está en el cofre; para parar, pulsar el botón rojo que se encuentra en el cofre.



**Séptimo paso:** si se presenta una anomalía en el sistema, se pulsa el botón parado de emergencia, deshabilitando el suministro de energía en el cofre de automatización, quedando en un estado de seguridad para su manipulación.



Después de hacer una verificación del sistema, se procede a dar un giro para deshabilitar la opción, quedando nuevamente para continuar con el proceso.



## 7 Conclusiones.

Una vez terminado el diseño y la construcción de la máquina de moldeo por inyección de plástico para la vereda Cerro Rico se llegan a las siguientes conclusiones

Se opto por el conjunto del tornillo extrusor; camisa y tolva en el mercado, debido a que la construcción y maquinado de estos elementos son muy costosos, Para esta selección se tuvo en cuenta las características técnicas investigadas en el estado del arte, se estimó que trabajaría unas 8 horas diarias procesando 8,2 kg/h aproximadamente y para esto se dimensiono el motor el cual es de 5HP y una reducción para que gire a una velocidad de 40 Rpm. Esta velocidad es necesaria para la correcta transferencia de calor para la fundición de plástico.

Se realizaron los cálculos pertinentes para las resistencias eléctricas, de acuerdo con lo requerido para el diseño (temperatura de fundición del plástico); en total 6 resistencias tipo abrazadera de 700W a 110V cada una que están por fuera de la camisa conectadas 2 por cada controlador de temperatura. Estos controladores de temperatura se utilizaron 3 en la pantalla led que están ubicados en la puerta del gabinete permiten visualizar la temperatura requerida y se pueden configurar. Se seleccionaron los elementos eléctricos como contactores que se utilizó 3 para las resistencias de 18A y 1 para el motor eléctrico de 30A. Los interruptores se utilizaron 5 en total 3 para las resistencias de 20A, 1 para el motor eléctrico de 32A y un totalizador de 65A y los conductores que se utilizaron AWG N° 14 siliconado, resistente al calor para las resistencias AWG N° 12 encauchetado para el motor, 3 conmutadores para el encendido de los controladores, un pulsador de arranque de color verde, un pulsador de parada de color rojo y otro pulsador de color rojo tipo hongo para la parada de emergencia estos elementos cumplen con la normativa técnica colombiana. La instalación de todos estos componentes debe cumplir con la necesidad para

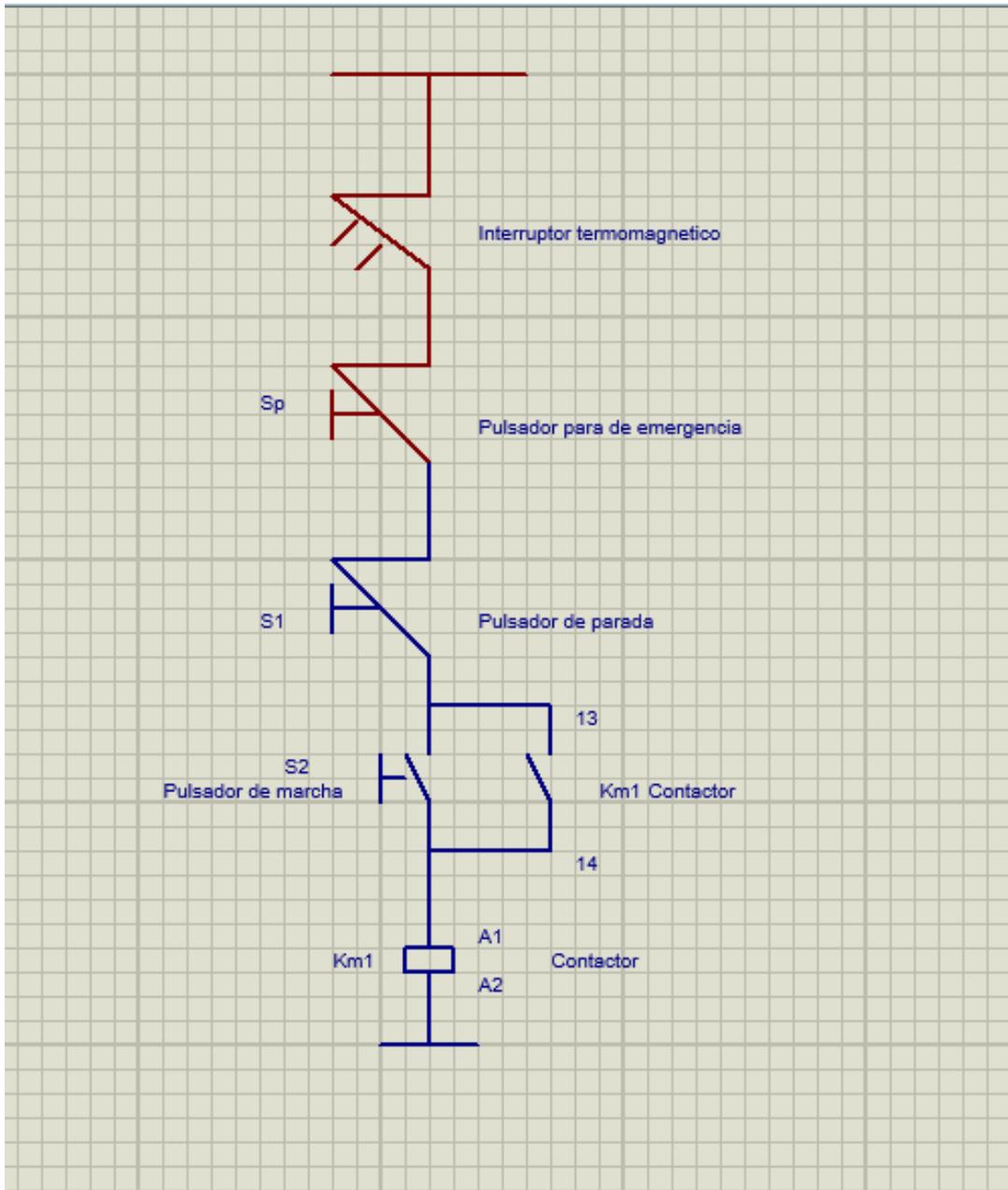
la vereda Cerro Rico, que es acometida para la caja a 110V ya que no cuentan con 220V y esto a su vez, se tuvo en cuenta para el diseño eléctrico.

El diseño del molde se realizó con base en la investigación de la Universidad Mariana, ubicada en Pasto; ellos realizaron baldosas de residuos de PET y las compararon con una baldosa convencional, obteniendo que las baldosas de material reciclado mostraban unas resistencias mayores o iguales. Los moldes que se realizaron fueron como los que se usaron en los experimentos de la Universidad Mariana, en madera con un espesor de 7mm. De acuerdo con esto el diseño del molde se escoge un tamaño de 35x 35cm con una altura de 7mm y la pestaña o escalón sea de 3.5mm para facilitar el ensamble entre sí.

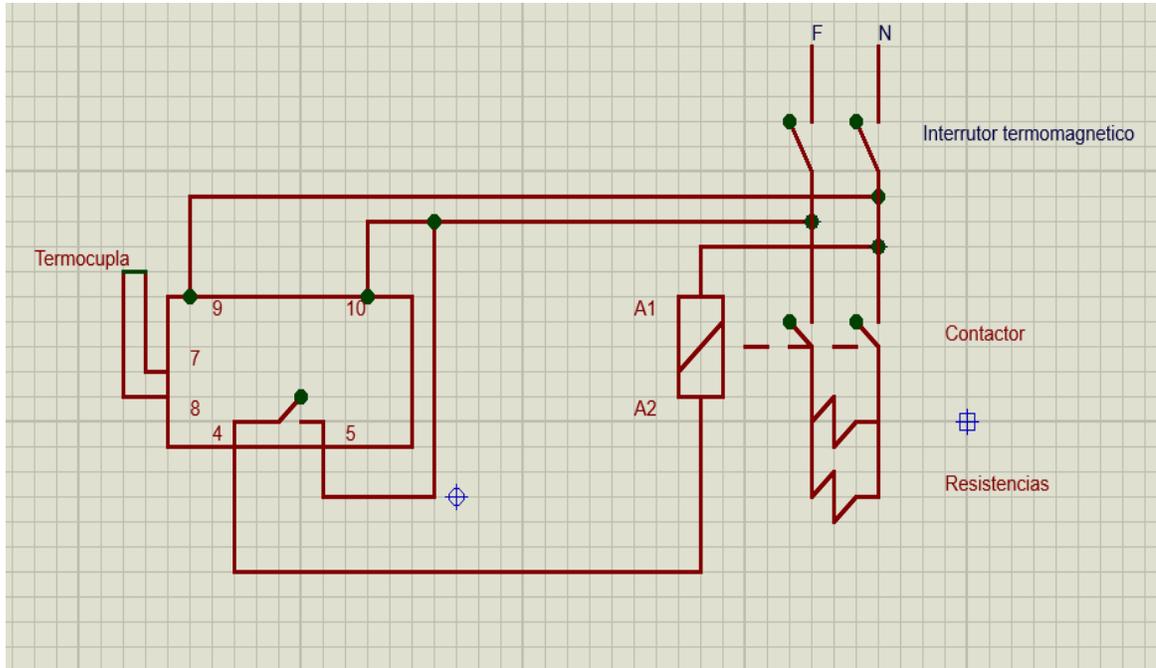
Finalmente, se realizó la construcción de la estructura, donde se instaló la camisa, motor, tolva y tablero de mando en un solo conjunto ya que debe de ser fácil su transporte y su manipulación para llevarla a la vereda Cerro Rico. Esta máquina cumple con lo requerido para la fundición de plástico, si los usuarios desean realizar otro producto deben cambiar el cabezal.

## 8 Anexos.

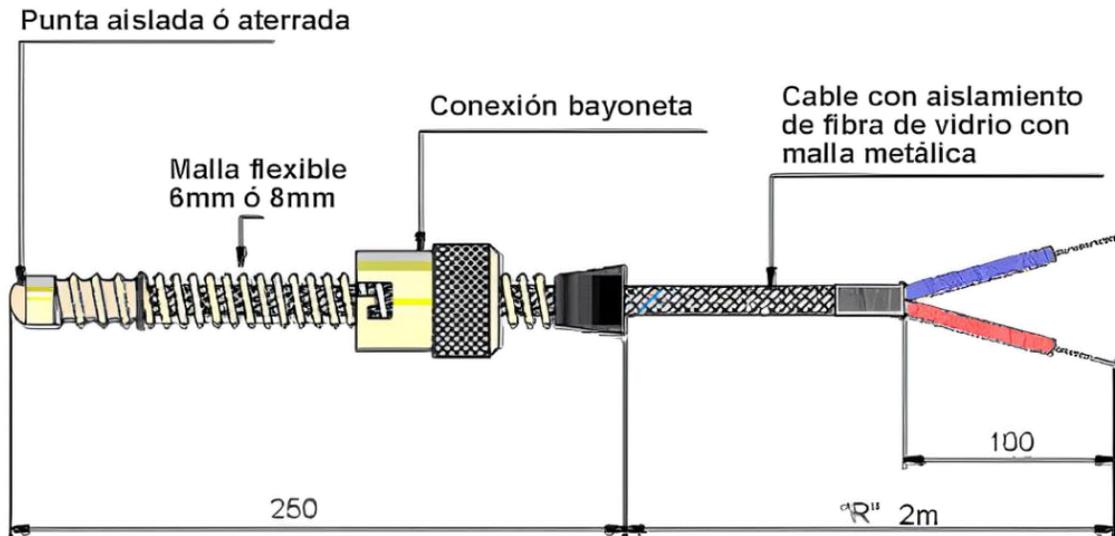
### 8.1 Anexo A. Diagrama unifilar del motor electrico.



## 8.2 Anexo B. Diagrama unifilar de las resistencias.

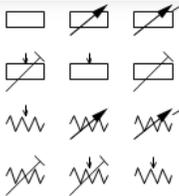


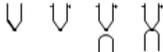
### 8.3 Anexo C. Diagrama de la termocupla tipo J.



## 8.4 Anexo D. Simbología eléctrica.

Nombre	Símbolo eléctrico	Símbolo alterno	Descripción de su función
Conexión a tierra			Una conexión al tierra. Usada como referencia de potencial cero y protección contra choques eléctricos.
Equipotencialidad			La equipotencialidad es un símbolo que identifica partes que tienen el mismo voltaje. Ya que todas las superficies equipotenciales poseen el mismo voltaje, no recibirás un choque eléctrico si tocas ambas superficies (a menos que, estés tocando otra parte que posea un potencial distinto a estas dos).
Armazón			Conectado al armazón del circuito.
Batería			Suple energía eléctrica. Una batería posee más de una celda. Genera voltaje constante y representa una batería en un paquete de equipos.

Resistencia			Una Resistencia se opone al flujo de corriente, por ejemplo, limita el paso de corriente a través de un led. Una resistencia es utilizada con un capacitor en un circuito temporizador.
Atenuador			Una caja con una entrada y control lógico en un lado, y una salida por el otro lado.
Capacitor			Un capacitor almacena carga eléctrica. Un capacitor es utilizado con una resistencia en un circuito temporizador. También puede ser usado como un filtro para bloquear señales de corriente directa, pero permitir el paso de señales de corriente alterna.
Acumulador			Los acumuladores están diseñados para aumentar o reducir la presión en un sistema.
Antena			Una antena es una antena de radio que puede hacerse con un simple cable, con un centro accionado por alimentación central.

Elemento térmico			
Termocupla			
Termopila			
Lampara			Un transductor convierte energía eléctrica en luz, la cual es usada para proveer iluminación con una lámpara, por ejemplo, el faro delantero de un carro o un bombillo de linterna.
Lampara fluorescente			

	Resistencia eléctrica / Resistor Sistema IEC		Resistencia eléctrica / Resistor Sistema NEMA
	Bobina eléctrica / Inductor		Condensador eléctrico / Capacitor
	Interruptor		Conmutador
	Pulsador		Conector macho Sistema IEC

8.5 Anexo E. Certificado de conformidad del producto Contactores y Interruptores.

**ANAB PRINCIPAL**  
Carrera 60 No. 59-11  
Bogotá, Colombia. Tel: 650 5700

**ACREDITADO ONAC**  
ISO/IEC 17065:2012  
05-CPR-004

**CIDET** S Cal  
PRODUCT CERTIFICATION  
Tel: 650 5700  
www.comercioelectrico.com

**NIT. 890.323.635-2 Responsable de IVA**

**CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO No. 04446**

FECHA DE CERTIFICACIÓN: 2012 / 01 / 16  
 FECHA DE RENOVACIÓN: 2013 / 02 / 13  
 FECHA DE VENCIMIENTO: 2014 / 02 / 13

**CONTINUACIÓN ANEXO DE CARACTERÍSTICAS E IDENTIFICACIÓN DE CONTACTOR MARCA NOARK Y MARCA CHINT**

Resúmenes y tipos para aire acondicionado					
Tipo	Corriente	Tensión de la Bobina	Contactos Auxiliares	Tensión de Trabajo	Tensión de Aislamiento Max.
EX9CS	6 A	28VAC 24VDC 110VAC - 220VAC 415VAC	1NO 1NC	230-400 VAC	Max. UI: 600VAC
	9 A				
	12 A				
	9 A				
	12 A				
	18 A				
	25 A				
	32 A				
	38 A				
	40 A				
EX9C	50 A	28VAC 24VDC 110VAC - 220VAC 415VAC	1NO+1NC	230-600 VAC	Max. UI: 1000VAC
	65 A				
	80 A				
	100 A				
	115 A				
	150 A				
	185 A				
	225 A				
	265 A				
	300 A				
	400 A				
	500 A				
	800 A				
	1250 A				
	Polos				
Frecuencia:			50/60 Hz		
Referencial: IEC 60947-4-1/2012 y la RESOLUCIÓN 50708 de 2013 del MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA - RETE (Numeral 20.13)					

ACCESORIOS	
EX9CS / EX9C	COU4 / AX41 / AX42 / AX43 / AX44 / COU41 / MIT4 / AX1
Referencial	IEC 60947-4-1/2012 y la RESOLUCIÓN 50708 de 2013 del MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA - RETE (Numeral 20.13)

CIDET realiza la verificación y el seguimiento a las características del sistema que dieron origen a esta certificación.  
 Las novedades y vigencia de este certificado pueden ser consultadas en la página [www.cidet.org.co/consultas-certificados](http://www.cidet.org.co/consultas-certificados)

CIDET (Instituto Colombiano de Certificación) es un organismo independiente que opera bajo el modelo de certificación por suscripción.  
 Para más información visite [www.cidet.org.co](http://www.cidet.org.co) o consulte con el número de atención al cliente: 01-800-000-0000

**Ahora puedes pagar tus FACTURAS ingresando a**  
[www.comercioelectrico.com](http://www.comercioelectrico.com)

**PRINCIPAL**  
Carrera 3 de 5  
Banco Occidente C.A. C.C. 062323635-08  
Recauda 39831  
Banco Occidente C.A. C.C. 01105635-5

**NORTE**  
Banco Occidente C.A. C.C. 825788445-63  
Banco Occidente C.A. C.C. 027-01523-9

**8.6 Anexo F. Certificado de distribución de contactores de marca CHINT ante la normativa colombiana RETIE.**





**CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO**  
PRODUCT CONFORMITY CERTIFICATE

Modelo de Certificación  
Certification Model  
**Marca con Reglamentos Técnicos Colombianos**  
Sistema 5

No. 04446

La Corporación Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico  
Del Sector Eléctrico - CIDET certifica que el producto:  
CIDET certifies that the product:

DENOMINACIÓN	TIPO	REFERENCIA
CONTACTOR MÁRCA NDARK Y MARCA CHINT	VER ANEXO	VER ANEXO

CÓDIGO IAF:	19	CÓDIGO NACC:	27.12	CÓDIGO ICS:	29.120.99
			27.33		29.130.20
			27.90		

(Las características e identificación de este producto se describen en el documento anexo, que hace parte integral del presente CERTIFICADO. Este documento contiene 6 páginas.  
The characteristics and identification of this product is described in the attached document, which is an integral part of this CERTIFICATE.)

**Fabricado por:**  
Manufactured by:

ZHEJIANG CHINT ELECTRICS CO., LTD. planta de ZHEJIANG, CHINA y NDARK ELECTRICS (SHANGHAI) CO., LTD.  
planta de SHANGHAI, CHINA y comercializado por ELÉCTRICAS BOGOTÁ LTDA.

Calle 16 No. 12-56, Bogotá, Colombia

Satisface los requerimientos de  
Satisfies the requirements of

**IEC 60947-4-1/2012, IEC 60947-2/2016 y la RESOLUCIÓN 90708 de 2013 del MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA – RETIE (Numeral 20.13)**

Fecha de Certificación: 2012 / 01 / 16  
Fecha de Renovación: 2021 / 02 / 13  
Fecha de Vencimiento: 2024 / 02 / 13

Fecha máxima para la finalización de las próximas auditorías de seguimiento: 2022 / 02 / 13 y 2023 / 02 / 13



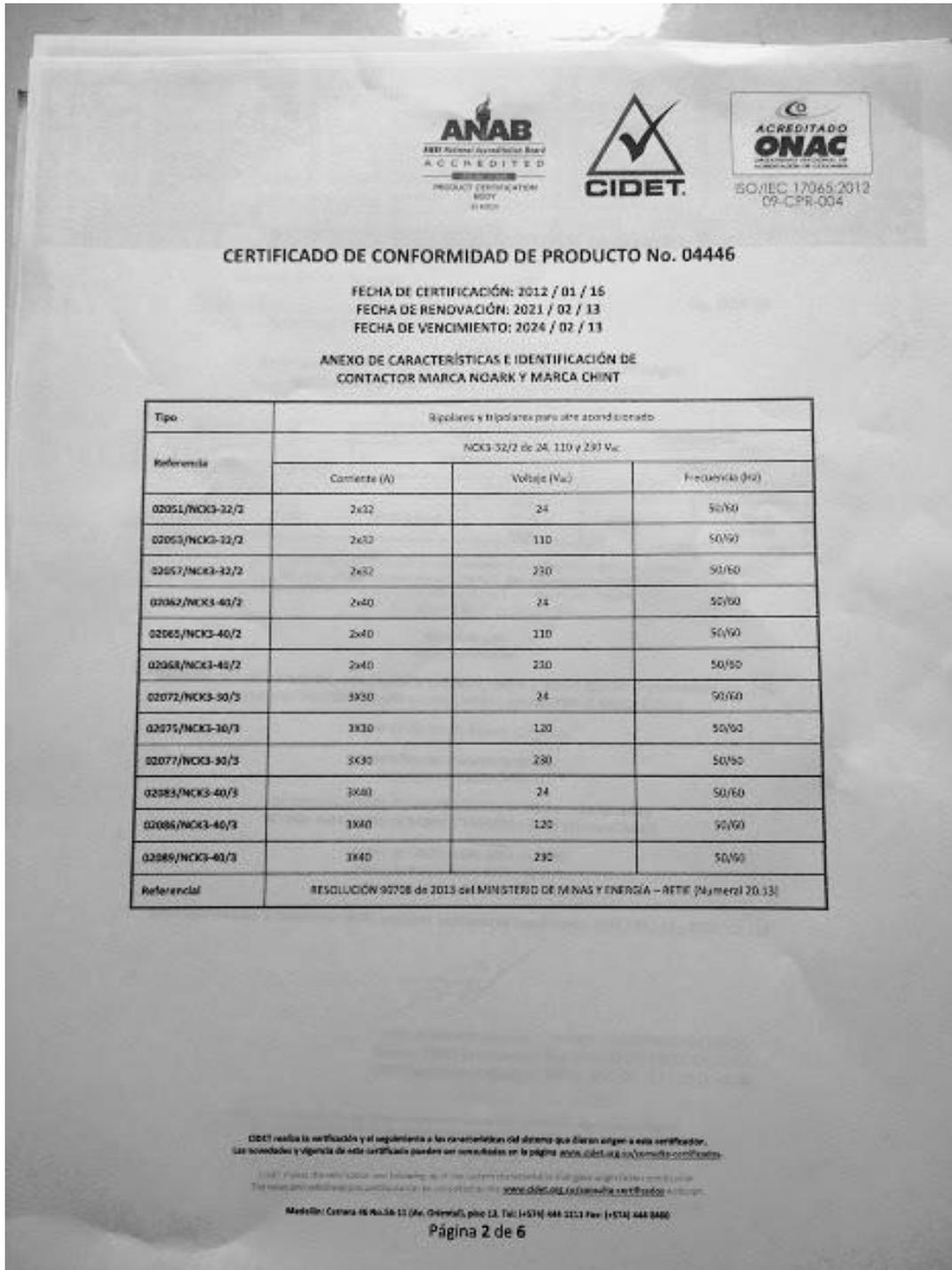
**Diego Alejandro Valencia** Firmado digitalmente por DIEGO  
Director CIDET Certificación ALEJANDRO VALENCA CALLEJAS  
CIDET Certification Manager Fecha: 2021.02.15 17:27:12 -05'00'

CIDET realiza la verificación y el seguimiento a las características del sistema que dieron origen a esta certificación. Las novedades y vigencia de este certificado pueden ser consultadas en la página [www.cidet.org.co/verifica-certificacion](http://www.cidet.org.co/verifica-certificacion).  
CIDET carries out the verification and follow-up of the system characteristics that gave origin to this certification. The novelties and validity of this certificate can be consulted on the page [www.cidet.org.co/verifica-certificacion](http://www.cidet.org.co/verifica-certificacion).

Modelo: Cámara 46 No.56-01 (Av. Oriental), piso 12. Tel. (+57) 604 2211 Fax (+57) 604 2400

Página 1 de 6

8.7 Anexo G. certificado de distribución de interruptores de marca CHINT ante la normativa colombiana RETIE.



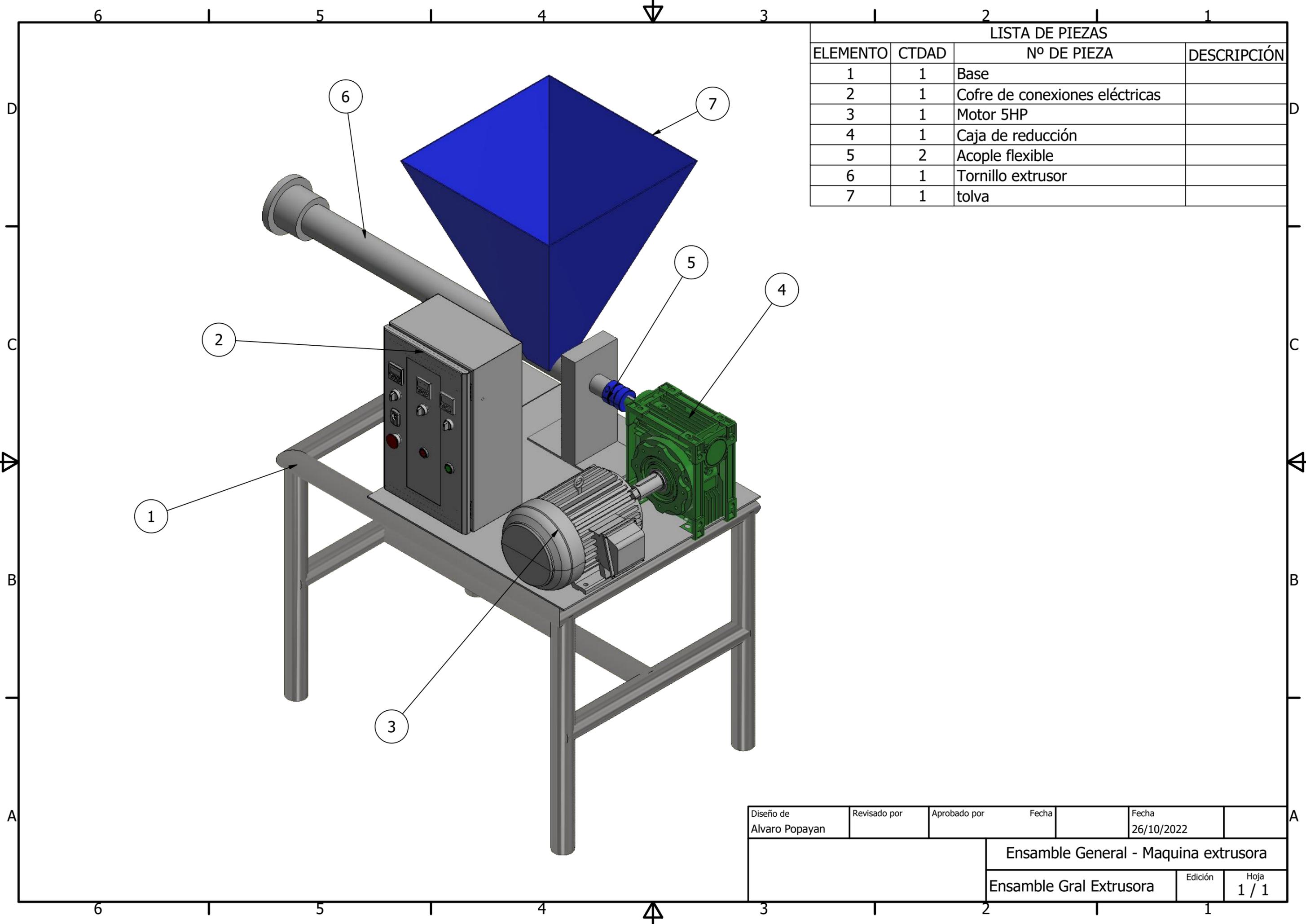
## **8.8 Anexo planos generales de la máquina.**

## 9 Referencias bibliográficas

- [1] G. Sara Sanmartín Ramón, R. Aura Zhigue Luna, T. Patriciav Alaña Castillo, S. Ramón, Z. Luna, and A. Castillo, “EL RECICLAJE,” 2016, pp. 1–5, 2016. [Online]. Available: <http://rus.ucf.edu.cu/>
- [2] D. Segura, R. Noguez, and E. Guadalupe, “Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables,” 2007, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/242144167>
- [3] D. S. Moreno Gomez and L. T. Viancha Rincon, “IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN EL MUNICIPIO DE TAURAMENA CASANARE,” Universidad Nacional, Yopal, 2019.
- [4] C. Hernán, C. Ramírez, M. César, and M. Pérez, “MODELOS MÁS UTILIZADOS DE RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN DE PRODUCTOS PLÁSTICOS, Y ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN MAS UTILIZADAS EN COLOMBIA,” Acacias, 2018.
- [5] J. Gomez and J. Gutierrez Bedoya, “DISEÑO DE UNA EXTRUSORA PARA PLASTICO,” Pereira, 2007.
- [6] D. G. Joya Jaimes, “OPTIMIZACION DEL PROCESO DE TERMOFORMADO EN FACULTAD DE INGENIERIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA,” Universidad De Los Andes, Bogota, 2006.
- [7] C. A. Quijano Rodriguez and J. I. Salamanca Becerra, “DISEÑO DE MÁQUINA INYECTORA DE TERMOPLÁSTICOS PARA LA FABRICACIÓN DE SUELAS CON DOBLE BOQUILLA DE SALIDA,” Fundacion Universidad De Americas, Bogota, 2017.

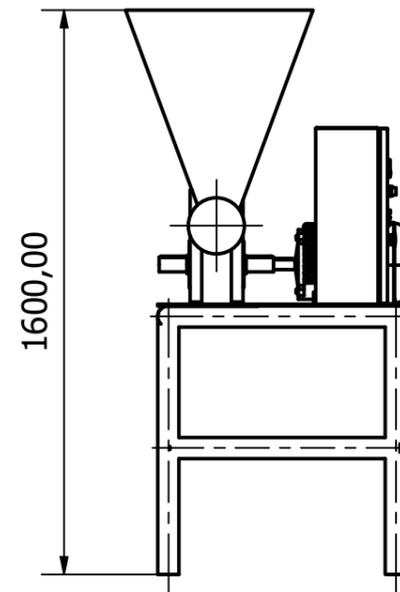
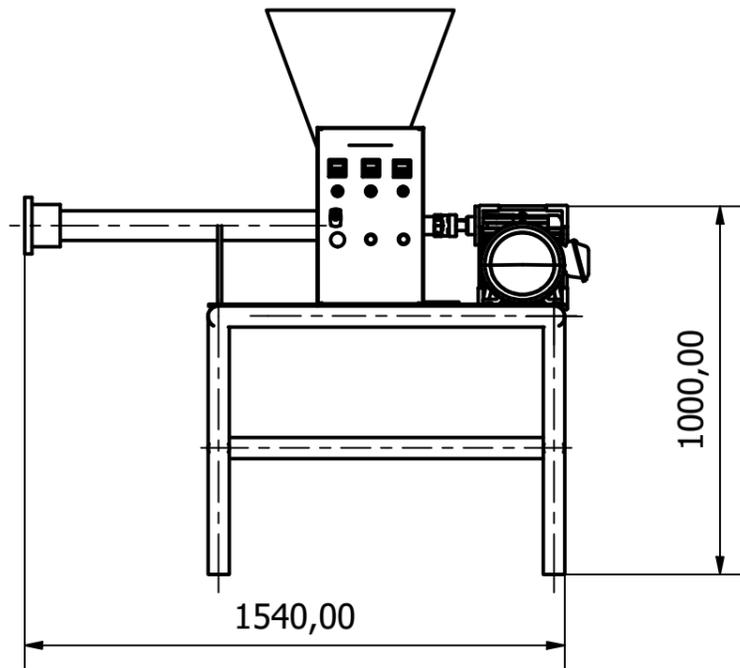
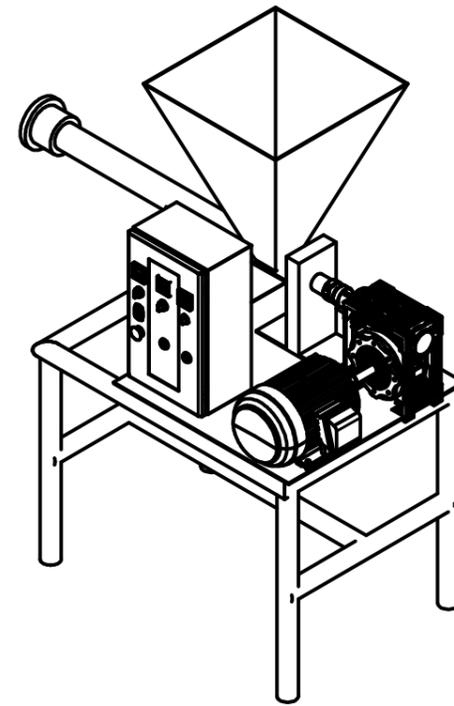
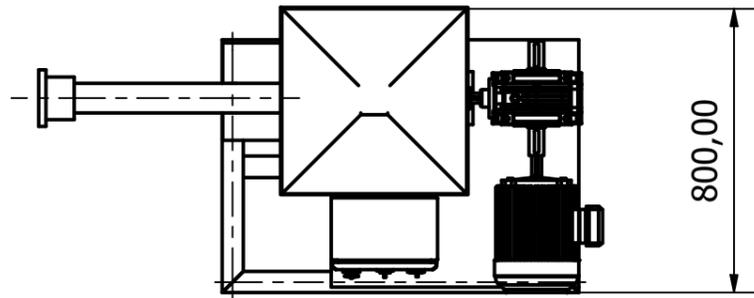
- [8] C. E. Torres Alpízar, *CONSIDERACIONES GENERALES DEL PROCESO DE CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS MEDIANTE EL CÓDIGO INTERNACIONAL “SPI.”* Matanzas , 2019.
- [9] P. A. Gutierrez Morales, “METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE TORNILLOS DE MÁQUINAS EXTRUSORAS MONOHUSILLO,” Autonomia, Santiago De Cali.
- [10] J. Joane, G. Gómez, J. Edwin, and G. Bedoya, “DISEÑO DE UNA EXTRUSORA PARA PLÁSTICOS,” Universidad Tecnologica de Pereira, Risaralda.
- [11] M. Beltran and A. Marcilla, “TECNOLOGIA DE POLIMEROS,” vol. 1, 2012, p. 276.
- [12] cesar Mendoza Carvajal, “SISTEMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA MOTORES ELECTRICOS DE INDUCCION,” Universidad Mayor De San Andres, Bolivia, 2016.
- [13] CENTELSA, “CABLES DE ENERGIA Y TELECOMUNICACIONES,” *Enero*, Colombia, pp. 1–16, 2002.
- [14] *PROYECTO DE NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC919*. COLOMBIA, 2015, pp. 16–59.
- [15] A. S. González Fajardo and G. Vargas Gutiérrez, “Estudio del incremento de la resistencia mecánica de cuerpos cerámicos para losetas cerámicas,” *Nexo Revista Científica*, vol. 32, no. 01, Latin America Journals Online, pp. 52–60, Jul. 02, 2019. doi: 10.5377/nexo.v32i01.7987.
- [16] C. V. Bravo Rodriguez, “Propuesta de manual de fiscalizacion para la construccion de proyectos de transporte de tipo BRT BRT,” Universidad Catolica Del Ecuador, Ecuador, 2014.
- [17] ICONTEC, *NTC 4321 Baldosas Ceramicas*. Colombia, 2020.

- [18] E. Portilla and A. Y. Ordoñez, “PRUEBA A ESCALA LABORATORIO PARA LA ELABORACIÓN DE BALDOSAS ECOLÓGICAS A PARTIR DE RESIDUOS PET GENERADOS EN LA UNIVERSIDAD MARIANA, PASTO.,” 2014. [Online]. Available: <https://bit.ly/2WNSMBv>
- [19] Corona, “CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PISO MANCORA ARD® CAFÉ CD,” 2021. [Online]. Available: <http://www.corona.co/nuestra-empresa/corona-sostenible>



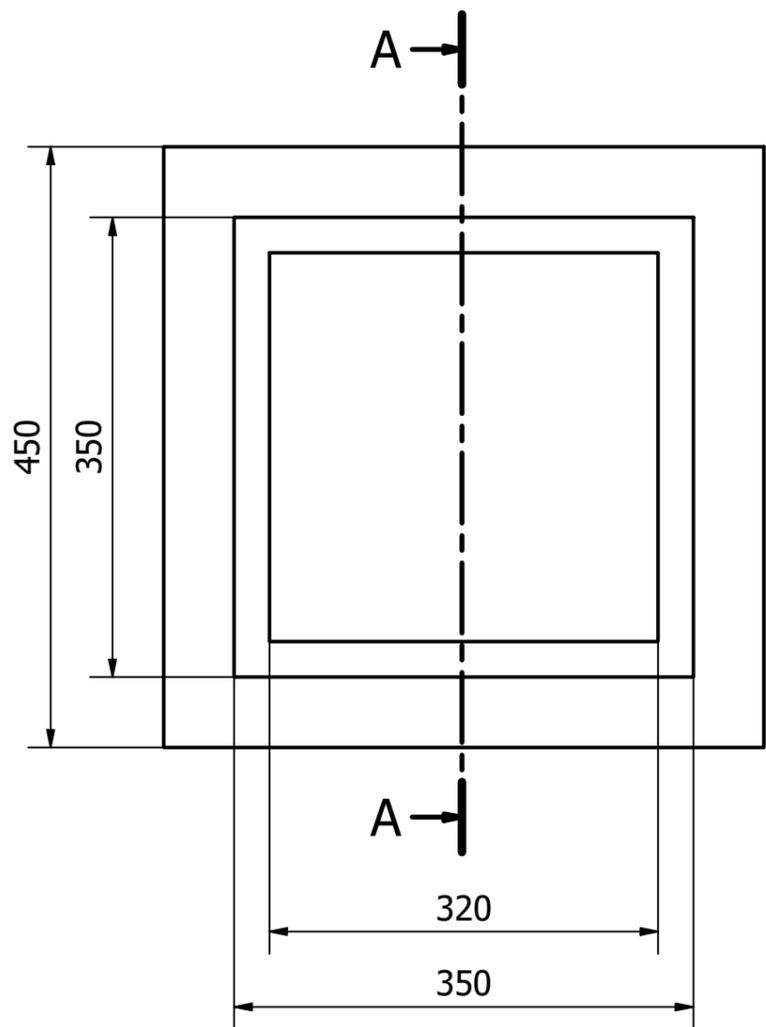
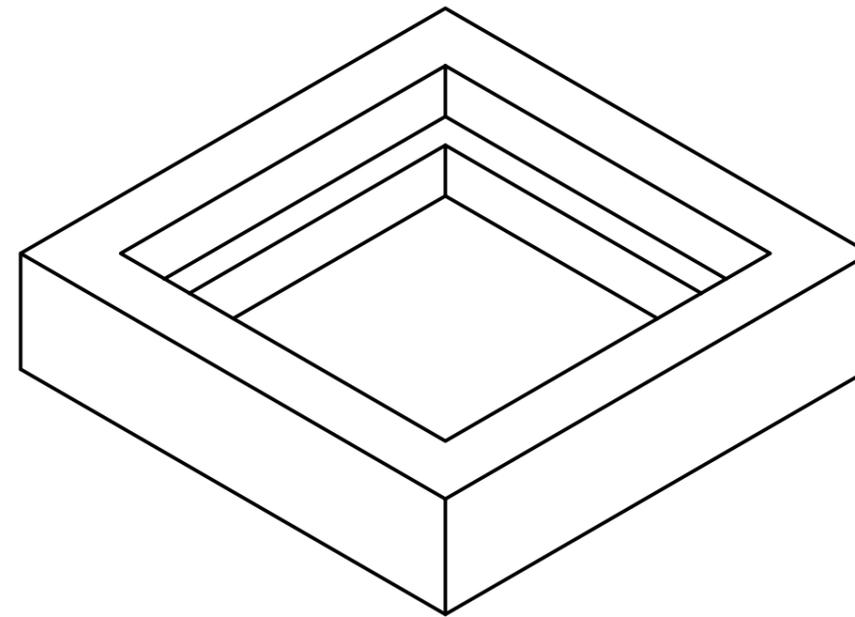
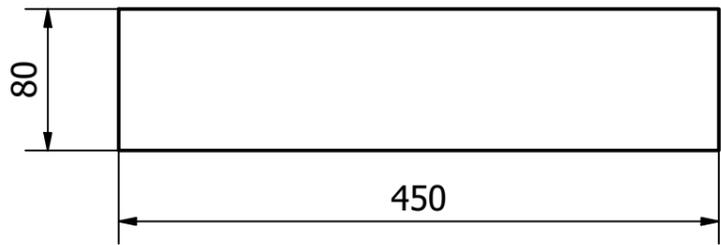
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1		Base
2	1		Cofre de conexiones eléctricas
3	1		Motor 5HP
4	1		Caja de reducción
5	2		Acople flexible
6	1		Tornillo extrusor
7	1		tolva

Diseño de Alvaro Popayan	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 26/10/2022
			Ensamble General - Maquina extrusora	
			Edición	Hoja 1 / 1
			Ensamble Gral Extrusora	

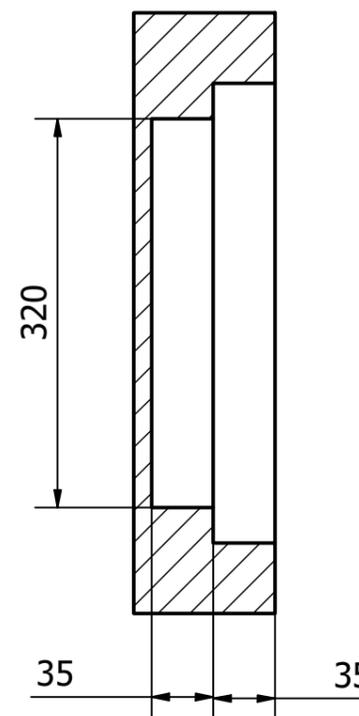


Diseño de Alvaro Popayan de la Cruz	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 26/10/2022
UAN			Edición	
			Hoja 1 / 1	

Ensamble Gral Extrusora - medidas



A-A ( 1 : 4 )



Diseño de Alvaro Popayan de la Cruz	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha
UAN		Molde Baldosa		
		Edición	Hoja 1 / 1	