

Diseño y construcción de una máquina termoestampadora de plantillas para la industria del calzado.

Juan Carlos Pérez Ardila y Jose Gabriel López Tristancho

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero mecánico

Director

Isnardo González Jaimes

Especialista en ingeniería mecánica

Universidad Industrial de Santander

Escuela de ingeniería mecánica

Facultad de ingenierías fisicomecánicas

Bucaramanga

2023

### **Dedicatoria**

A Dios por iluminar mi camino, por prestarme la vida y rodearme de muchas personas importantes que me ayudaron a culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres Claudia y José Luis por su apoyo y amor incondicional, haciendo todo esto posible siendo el motor de mi vida y construyendo en mí la persona que hoy soy.

A mis hermanos Cristian, Sidney y Mayra, por compartir y enseñarme tantas cosas además de brindarme todo su cariño y afecto.

A mi sobrina Esmeralda la cual nació para compartir esta nueva etapa de mi vida y traer alegría a toda mi familia.

A mi abuelita Gelsomina por ser mi segunda madre, por todos sus consejos, su amor, y la motivación que durante todos los días me regaló para lograr cumplir esta meta

A mis mejores amigos Roberto, Jesús, Samuel, Brandon, Moga y Nicolás por estar en las buenas y en las malas demostrando el valor de una amistad verdadera.

A los profesores que me orientaron, me enseñaron y formaron como profesional y que además estuvieron siempre para resolver mis dudas.

A mi perrito Snoopy por acompañarme los últimos semestres, haciendo mis días de universidad más felices y acompañándome en las noches de estudio sin abandonarme a pesar de que tuviera tanto sueño.

Juan Carlos Pérez Ardila

### **Dedicatoria**

A Dios por brindarme vida, salud, fortaleza y sabiduría para enfrentar y culminar esta nueva etapa de mi vida.

A mis amados padres Rubén Darío López y Claudia Patricia Trisancho por todo su esfuerzo, acompañamiento y apoyo incondicional, por cada momento de alegría y cariño recibido en mi vida y durante mis etapas de estudio.

A mi hermano Iván Darío López por brindarme su compañía, amistad y amor de hermanos.

A mis nonos quienes han sido mis segundos padres Gabriel López, Beatriz Roa, Jesús Trisancho y Elvira Ballesteros por el apoyo a mi familia, por guiarme y brindarme tanto amor.

A toda mi familia por su amor incondicional y por acompañarme en los buenos y no tan buenos momentos.

A mis compañeros de estudio y de vida por brindarme su amistad sincera, su compañía y alegría en todo momento.

A mis docentes por ser partícipes de su sabiduría, conocimientos y tiempo para formarme como un profesional íntegro.

Jose G. López

### **Agradecimientos**

A Isnardo González Jaimes, director de proyecto, por brindarnos la confianza, por asesorarnos para el desarrollo del proyecto y transmitir su conocimiento durante toda la carrera, garantizando formar profesionales éticos y de alta calidad.

A Rubén López y el taller Tecnicars – bga por tener la mejor disposición, brindarnos el apoyo y el espacio para hacer realidad la fabricación de la máquina.

A Edison Lanzababal y al SENA CIMI por brindarnos espacios de conocimiento de gran calidad y el asesoramiento en los diferentes momentos que se requerían durante el desarrollo del proyecto

A la Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Ingeniería Mecánica por brindarnos la oportunidad de estudiar y brindarnos educación integra y de calidad.

## Contenido

Introducción .....	17
1. Generalidades .....	19
1.1 Descripción del problema .....	19
1.2 Justificación.....	20
1.3 Objetivos.....	22
1.3.1 Objetivo general.....	22
1.3.2 Objetivos específicos .....	22
2. Marco teórico sobre el calzado .....	23
2.1 El calzado y su morfología.....	23
2.2 La plantilla.....	24
2.2.1 Función de la plantilla.....	24
2.2.2 Tipos de plantillas.....	25
2.2.3 Materiales para plantillas .....	26
3. Marco teórico de elementos de automatización .....	28
3.1 Elementos electrónicos.....	28
3.1.1 Resistencia de cartucho.....	28
3.1.2 Arduino .....	28
3.1.3 Relé .....	29

3.1.4 Motor a pasos.....	30
3.1.5 Pantalla LCD 20x4.....	31
3.1.6 Pulsador.....	32
3.1.7 Teclado matricial 4x4.....	32
3.2 Elementos de control.....	33
3.2.1 Dimmer .....	33
3.2.2 Válvula reguladora de caudal.....	34
3.2.3 Válvula reguladora de presión .....	35
3.2.4 Programación en Arduino.....	35
3.2.5 Válvula direccional 5/2.....	36
4. Diseño conceptual .....	37
4.1 Despliegue de la función calidad (QFD).....	37
4.2 Requerimientos .....	37
4.3 Variables.....	38
4.3.1 Matriz QFD .....	38
5. Diseño de la máquina estampadora de plantillas automática.....	40
5.1 Dimensiones de la estampadora.....	41
5.2 Diseño del sistema neumático.....	43
5.2.1 Selección de pistón.....	43

5.2.2 Elección de elementos neumáticos. ....	44
5.2.3 Fuerza ejercida por el sistema de presión .....	47
5.2.4 Cálculo de velocidades y caudales.....	48
5.3 Diseño del sistema de control electrónico.....	50
5.3.1 Variables que se pueden cambiar con el sistema de control electrónico .....	50
5.3.2 Programación en Arduino.....	53
5.3.3 Selección de elementos.....	54
5.4 Diseño del sistema térmico .....	57
5.5 Análisis estructural.....	58
6. Fabricación de la máquina. ....	63
6.1 Manufactura de la estructura.....	64
6.2 Manufactura de la placa calefactora.....	65
6.3 Montaje neumático.....	66
6.3.1 Plano neumático de posición inicial y retorno.....	66
6.3.2 Plano neumático posición de estampado. ....	67
6.4 Montaje electrónico.....	67
6.4.1 Circuito electrónico.....	68
7. Pruebas.....	69
7.1 Pruebas de funcionamiento.....	69

7.1.1 Revisión de la máquina antes de hacer pruebas.....	69
7.1.2 Pruebas de encendido y funcionamiento de la máquina .....	70
7.1.3 Pruebas de estampado de la máquina para el cuero.....	71
7.1.4 Pruebas de estampado de la máquina en sintético .....	72
7.1.5 Tiempos.....	73
8.Análisis económico y viabilidad del proyecto.....	74
8.1Costo total de la maquina.....	74
8.1.1 Costo de materia prima .....	74
8.1.2 Maquinado y servicios externos.....	76
8.1.3 Licencias .....	76
8.1.4 Diseño e ingeniería.....	77
8.1.5 Costo total .....	78
8.2 Valor presente neto (VPN).....	79
8.3 Tasa interna de retorno (TIR).....	82
9. Conclusiones.....	83
Referencias bibliográficas.....	84

**Lista de tablas**

Tabla 1. Selección del sistema de potencia de la máquina	39
Tabla 2. Selección de controlador de la máquina	39
Tabla 3. Selección del botón de accionado del sistema	39
Tabla 4. Selección de material para la placa calefactora	40
Tabla 5. Elección de manufactura de la estructura	40
Tabla 6. Cálculo de fuerza máxima	48
Tabla 7. Cálculo de velocidades y caudal	49
Tabla 8. Calculo de factor de seguridad	62
Tabla 9. Formato de construcción de la estructura en L	64
Tabla 10. Formato de construcción de la placa calefactora	65
Tabla 11. Inspección general de la termo estampadora	69
Tabla 12. Prueba #1: Condición de encendido	70
Tabla 13. Prueba #2: Estampado en cuero	71
Tabla 14. Prueba #3: Estampado en sintético	72
Tabla 15. Análisis de tiempo	73
Tabla 16. Costo de elementos de fabricación	75
Tabla 17. Costo de maquinado y servicios externos	76
Tabla 18. Costo de licencias	77
Tabla 19. Presupuesto mano de obra	78
Tabla 20. Precio total	78

Tabla 21. Cálculo de interés mensual	81
Tabla 22. Calculo VPN de la máquina	81
Tabla 23. Cálculo de TIR de la máquina	82

**Lista de figuras**

Figura 1. Empleado en la industria del calzado	20
Figura 2. Plantillas estampadas	21
Figura 3. Anatomía del zapato	24
Figura 4. Plantillas	25
Figura 5. Resistencia de cartucho	28
Figura 6. Esquema Arduino Nano Every	29
Figura 7. Relé	30
Figura 8. Motor a pasos	31
Figura 9. Pantalla LCD 20X4	31
Figura 10. Pulsador	32
Figura 11. Teclado matricial	33
Figura 12. Dimmer de estado solido	34
Figura 13. Esquema válvula reguladora de caudal	34
Figura 14. Esquema válvula reguladora de presión	35
Figura 15. Válvula 5/2	36
Figura 16. Vista isométrica de la maquina	41
Figura 17. Dimensiones generales	42
Figura 18. Montaje sistema neumático	43
Figura 19. Pistón del sistema	44
Figura 20. Electroválvula usada en el sistema	44

Figura 21. Válvula reguladora de caudal con antirretorno del sistema	45
Figura 22. Válvula reguladora de presión en el sistema	45
Figura 23. Llave de paso usada en el sistema	46
Figura 24. Compresor para alimentar el sistema	46
Figura 25. Manguera usada en el montaje	47
Figura 26. Sistema electrónico de la maquina	50
Figura 27. Calibración de tiempo	51
Figura 28. Configuración de giro del motor paso a paso	52
Figura 29. Termómetro leyendo temperatura	52
Figura 30. Menú principal de la maquina	53
Figura 31. Arduino nano every usado en la maquina	54
Figura 32. Montaje teclado, pantalla LCD y dimmer	55
Figura 33. Pedal usado en el montaje	56
Figura 34. Motor paso a paso usado en la maquina	56
Figura 35. Resistencia de cartucho elegida	57
Figura 36. Sistema térmico de la maquina	57
Figura 37. Diseño del bastidor con material	59
Figura 38. Vista isométrica con apoyos	59
Figura 39. Vista lateral con apoyos y gravedad	60
Figura 40. Análisis estático con malla solida	61
Figura 41. Análisis de esfuerzos	61
Figura 42. Análisis de deformaciones	62
Figura 43. Esquema neumático posición inicial y retorno	66

Figura 44. Plano neumático posición de estampado	67
Figura 45. Plano del circuito eléctrico de la maquina	68
Figura 46. Cuero estampado	72
Figura 47. Estampado en sintético	73
Figura 48. Diagrama flujo económico	80

### **Lista de apéndices**

**Ver apéndices adjuntos y pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca UIS**

Apéndice A. Alternativas de selección de sistema de potencia de la máquina

Apéndice B. Alternativas de selección para el control de la máquina

Apéndice C. Alternativas botón de acción del sistema

Apéndice D. Alternativas material placa calefactora

Apéndice E. Alternativas de manufactura para la estructura

Apéndice F. Ficha técnica de la válvula elegida

Apéndice G. Ficha técnica del pistón elegido

Apéndice H. Ficha técnica de la manguera neumática

Apéndice I. Código de programación en Arduino

Apéndice J. Planos de construcción de la máquina

Apéndice K. Tabla de materiales de construcción

## Resumen

**Título:** diseño y construcción de una máquina termoestampadora de plantillas para la industria del calzado.

**Autores:** Juan Carlos Pérez Ardila

José Gabriel López Trisancho

**Palabras clave:** Automatizar, Calzado, Estampado, Plantillas

### Descripción:

Este proyecto se enfoca en el diseño y construcción de una máquina automática destinada a revolucionar el proceso de estampado de plantillas en la industria del calzado. La necesidad de mejorar la eficiencia y la calidad en la producción de calzado ha llevado a la creación de esta solución innovadora.

El objetivo principal de la máquina es automatizar el proceso de estampado de plantillas, reduciendo la dependencia de la mano de obra manual. Incorpora una interfaz de usuario intuitiva que permite a los operarios seleccionar variables, lo que aumenta la flexibilidad de producción y la capacidad de adaptación a las tendencias del mercado.

Los resultados han sido prometedores. La máquina ha demostrado un aumento significativo en la velocidad de producción y una reducción drástica en los errores de colocación. Además, su capacidad de adaptarse a una amplia variedad de diseños ha mejorado la versatilidad en la producción de calzado.

### **Abstract**

**Title:** design and construction of a machine for printing insoles for the footwear industry.

**Authors:** Juan Carlos Pérez Ardila

José Gabriel López Trisancho

**Key words:** Automate, Footwear, Print, Insole

### **Description:**

This project focuses on the design and construction of an automatic machine aimed at revolutionizing the insole stamping process in the footwear industry. The need to enhance efficiency and quality in footwear production has led to the creation of this innovative solution.

The primary objective of the machine is to fully automate the insole stamping process, reducing reliance on manual labor. It incorporates an intuitive user interface that allows operators to select and customize designs, increasing production flexibility and adaptability to market trends.

The results have been promising. The machine has demonstrated a significant increase in production speed and a drastic reduction in placement errors. Furthermore, its ability to adapt to a wide variety of designs has improved production versatility.

## Introducción

El departamento de Santander a través de los años se ha caracterizado por tener una fuerte economía en la manufactura artesanal del calzado, teniendo más de 1000 fábricas en todo el departamento y brindando una gran cantidad de empleos; muchas tareas que se realizan en estas fábricas se trabajan de forma manual o con maquinaria adaptada para realizar cierta función de manera deficiente y ardua para el trabajador.

Una tarea que se realiza en todas las fábricas de calzado es estampar su logotipo en la plantilla del zapato, siendo esta una tarea agotadora y desgastante para el operario realizar y utilizando materiales de mala calidad; la necesidad de mejorar estas problemáticas ha llevado a realizar el diseño de una máquina automática con el fin de apoyar a los operarios en esta repetitiva labor, brindando mejor calidad, liberación física al trabajador y una mayor producción.

Para lograr la construcción de la máquina se hacen dos análisis diferentes un análisis empírico de las diferentes máquinas disponibles en la ciudad, su funcionamiento y de qué manera mejorarlo. Por otro lado, se debe hacer un análisis ingenieril para todos los subsistemas que lo necesiten (Electrónico, bastidor, sistema de potencia y sistema térmico).

La metodología del proyecto se fragmentó con el objetivo de conseguir un mejor resultado, llegando a brindar información detallada de la problemática y su solución, además de una fácil accesibilidad a las piezas en el mercado. Inicialmente se realiza una investigación bibliográfica física y virtual sobre máquinas que cuenten con una función similar y así obtener un diseño conceptual para la solución de la problemática, a continuación, se investiga en diferentes tiendas locales las partes necesarias y con un valor accesible para su obtención, y se procede a hacer el

montaje con las partes que se eligieron anteriormente para verificar un correcto funcionamiento de la máquina.

## **1. Generalidades**

### **1.1 Descripción del problema**

La industria del calzado ha sido de suma importancia en para la economía de Colombia, en especial de Santander, departamento caracterizado por su buena calidad y producción de calzado. En el año 2021, Durante la primera mitad del año 2022, según el Dane, la fabricación de calzado registró un crecimiento en la producción de 29,2% respecto al mismo periodo del 2021, así mismo también creció el consumo del calzado.

En una entrevista para Vanguardia Liberal Héctor Gonzales trabajador de la industria zapatera afirma que los empresarios de Santander tienen la tarea de capacitarse y actualizarse para no quedar rezagados en la industria manufacturera, y ver a Brasil como un mercado proveedor de insumos a bajo costo. (Alguero, M. 23 de Julio de 2022. La industrialización es la tarea del sector calzado de Santander, Vanguardia Liberal).

**Figura 1**

*Empleado en la industria del calzado*



*Nota.* Gremio del calzado propone creación de un nuevo ministerio en Colombia. ¿Por qué y para qué? (27 de agosto de 2023). Revista semana. <https://www.semana.com/economia/empresas/articulo/gremio-del-calzado-propone-creacion-de-un-nuevo-ministerio-en-colombia-por-que-y-para-que/202342/>

**1.2 Justificación**

La ingeniería mecánica a través de la historia ha buscado estudiar, diseñar y fabricar equipos que faciliten y mejoren las condiciones de trabajo al ser humano con el fin de mejorar tiempos de producción, evitar accidentes laborales, reducir costos de producción, entre otras.

El mercado de maquinaria de producción en la industria de calzado en la ciudad de Bucaramanga no cuenta con un amplio catálogo, además de las máquinas disponibles cuentan con un precio elevado, complicando de esta forma la obtención de las mismas por parte de las fábricas de calzado, en gran parte de las fábricas cuentan con máquinas rústicas o realizan procesos de

manufactura de manera artesanal, que aunque estas tareas cumplen sus objetivos, se puede mejorar, para generar mayor productividad y un aumento en la calidad de los productos.

Tras exponer lo mencionado anteriormente, la finalidad de este proyecto es diseñar y construir cada uno de los sistemas requeridos para una máquina para termo estampado de plantillas de zapatos y de esta forma cumplir con la función requerida; así de esta forma potenciar la industria nacional de calzado, trayendo consigo beneficios económicos, de productividad y de empleo para el departamento de Santander y todo Colombia.

## Figura 2

*Plantillas estampadas.*



*Nota. Tomado de <https://britigraf.com/catalogo/categoria/57/estampacion-y-grabado/>*

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Cumplir con el objetivo de la Universidad Industrial de Santander (UIS) en la formación de personas con alta calidad ética, política, técnica y científica a través del diseño y la fabricación de una máquina para estampar logotipos mediante sellos sobre las plantillas del calzado.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Diseñar los distintos sistemas que componen la máquina en su totalidad, los cuales consisten en los siguientes: Bastidor, sistema eléctrico, sistema mecánico de suministro de cinta de estampar, la placa calefactora y su sistema mecánico de movimiento.
- Construir la máquina a partir de los sistemas diseñados, con elementos de fácil acceso en el mercado local.
- Evaluar los costos de diseño y construcción de la alternativa elegida.

## 2. Marco teórico sobre el calzado

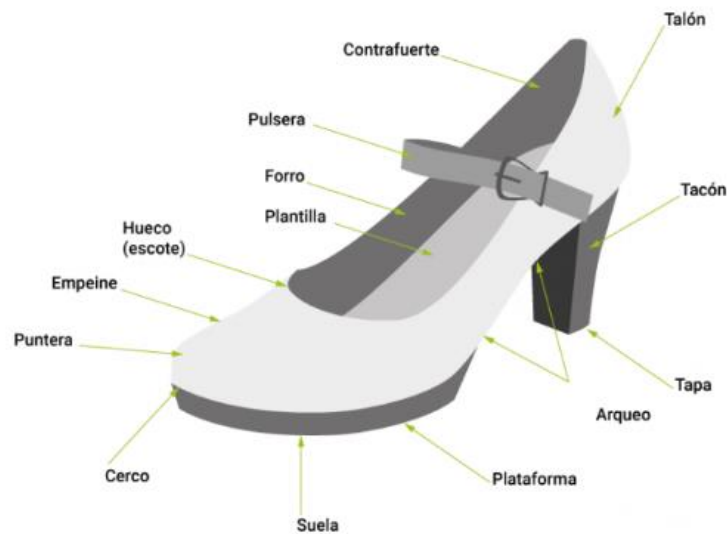
### 2.1 El calzado y su morfología

En general los zapatos se componen de tres partes diferentes: Superior (cubre el pie), suela y tacón.

La parte superior es encargada de como su nombre lo dice cubrir el pie por encima, esta es la sección del zapato donde más se encuentran accesorios para que el calzado sea rígido y compacto, pero sin dejar de ser cómodo empezando por el empeine que cubre el pie desde la punta hasta la mitad, la pala que cubre el pie por encima, todo el sistema de instalación de cordones, la unión entre la parte superior y la suela llamada pulsera, la lengüeta que se ubica en el empeine debajo de los cordones y la caja de puntera que cubre los dedos de los pies.

En la parte trasera se ubica el tacón el cual presenta diferentes alturas, puede ser en diferentes materiales y por último está la tapa la cual es la parte que hace contacto con el suelo.

En la suela se encuentran más implementos que ayudan a la ergonomía y utilidad del zapato, la suela es la parte del zapato que está en contacto con el suelo, también la plantilla la cual se ubica dentro del calzado y sobre ella reposa la planta del pie proporcionándole comodidad, la cintura que es la parte estrecha de la suela del zapato que se encuentra debajo del pie y la bóveda que es el resalte de la plantilla que coincide con el hueco que hay bajo la bóveda plantar.

**Figura 3***Anatomía del zapato*

Fuente: Seampedia, Fuenmayor Olga. <https://seampedia.com/anatomia-del-zapato/>. Recuperado el 30 de agosto de 2023

**2.2 La plantilla**

La plantilla es una pieza ubicada en el interior del zapato, que tiene una función importante para la comodidad de la persona que hace uso del calzado, y generalmente en ella está ubicado el logotipo de la empresa fabricante o distribuidora.

**2.2.1 Función de la plantilla**

- Ajuste del pie dentro del zapato: ya que es una pieza que ocupa el espacio libre entre el zapato y el pie de la persona, brindando una sensación de ajuste y seguridad al pie.

- Reducción de lesiones: El calzado nuevo al tener materiales rígidos debido a sus procesos y materiales de fabricación o al espacio sobrante dentro del zapato (genera fricción), suelen generar lesiones cutáneas en los pies de las personas, por la razón anterior evita la creación de lesiones y al ser de un material distinto suprime la sensación áspera de la superficie interna del calzado.
- Suavidad: Las plantillas son diseñadas con distintos materiales que pueden brindar distintas sensaciones de comodidad en el pie de la persona, siendo más acolchada, con materiales que generan una sensación de calidez dentro del mismo.

#### Figura 4

##### *Plantillas*



*Nota.* Pradillo. Tipos de plantilla y para qué sirven, disponible en: [calzadopradillo.com](http://calzadopradillo.com)

#### 2.2.2 Tipos de plantillas

Las plantillas son necesarias para un calzado de calidad debido a la comodidad que brinda, para esto hay diseñados diferentes tipos de esta pieza para diferentes finalidades.

- Plantillas Deportivas: Las plantillas deportivas son específicas para aquellas personas que practican deportes o actividades físicas de alto impacto. Estas plantillas están diseñadas para proporcionar una mayor comodidad y soporte durante la actividad física, y también ayudan a reducir el riesgo de lesiones. Algunos ejemplos de tipos de plantillas deportivas son las

plantillas para correr (Running), y las plantillas para caminar (Trekking). Estas plantillas están hechas con materiales especiales (Gel o siliconas) que proporcionan amortiguación y soporte adicional en las zonas específicas del pie.

- **Plantillas de apoyo:** Las plantillas de apoyo son ideales para aquellas personas que están muchas horas de pie (Camareros, dependientes, almacenistas, obreros, etc.). Este tipo de plantillas ayudan a alinear correctamente el pie y proporcionan soporte adicional en el arco longitudinal del pie, en la zona del talón, y en los metatarsos. Además, las plantillas de apoyo también pueden ayudar a reducir la fatiga y el dolor en el pie, tobillo y rodilla. Estas plantillas son recomendadas para personas con problemas como el espolón calcáneo o la fascitis plantar.
- **Plantillas Ortopédicas:** Las plantillas ortopédicas son una solución especializada para personas con problemas de movilidad y dolores en los pies. Estas plantillas se fabrican con materiales específicos y se adaptan a las necesidades individuales del usuario. Algunos ejemplos de tipos de plantillas ortopédicas son las plantillas de amortiguación, las plantillas de apoyo y las plantillas para la diabetes. Estas plantillas ayudan a reducir el dolor y la fatiga en el pie, y también pueden mejorar la movilidad y el equilibrio. Este tipo de plantillas sólo se pueden realizar “a medida”, y después de un estudio anatómico del pie y de la pisada en estática y dinámica.

### **2.2.3 Materiales para plantillas**

Las plantillas se pueden realizar de distintos materiales, esto se debe al tipo de zapato y para que esta diseñado, por ejemplo, un zapato formal femenino tiende a tener una plantilla delgada y su material puede variar mientras que en un zapato deportivo su plantilla será de espuma y forrada en tela para brindar un mejor confort. Entre los materiales más comunes están:

- **Cuero:** Plantillas para calzado realizado de material natural proveniente generalmente de la piel del ganado vacuno, a este material se le aplica un proceso para dejarlo listo para el uso en las plantillas; este material se utiliza debido a su alta resistencia, además de tener propiedades aislantes térmicas y su facilidad para conseguir en el mercado.
- **Cuero sintético:** Este material es un polímero que imita el cuero natural, este material tiene propiedades similares a las del cuero natural, pero en menor porcentaje, su desventaja es que es un material más contaminante debido a su composición hecha a base de petróleo, además ayuda a transpirar más el pie generando un malestar en la persona.
- **Espuma:** Es un material común en la industria del calzado debido a su bajo costo y su densidad baja, a este material generalmente se le hacen recubrimiento con algún tipo de tela para ayudar a en la transpiración del pie y brindar un mejor agarre en el pie.
- **Gel:** Es un material común en plantillas utilizado por personas que deben estar constantemente de pie en el trabajo, ya que brinda un mayor confort y suavidad al momento de caminar o estar parado, reduciendo dolores Posteriores pe piernas debido a su jornada laboral, a este material generalmente se le hacen recubrimiento con algún tipo de tela para ayudar a en la transpiración del pie y brindar un mejor agarre en el pie.
- **EVA:** De este material se fabrican las plantillas ortopédicas, ya que brindan una maleabilidad, volumen y elasticidad necesaria para brindar un confort y ayudar a corregir malformaciones o ayudar a descansar el pie a la persona que realice uso de esta, a este material generalmente se le hacen recubrimiento con algún tipo de tela para ayudar a en la transpiración del pie y brindar un mejor agarre en el pie.

### 3. Marco teórico de elementos de automatización

#### 3.1 Elementos electrónicos

##### 3.1.1 Resistencia de cartucho

Las resistencias de cartucho tienen la función de convertir la energía eléctrica en calor, estas se realizan con un material de alta resistividad, una corriente elevada intenta atravesar este material, pero debido a su alta resistividad empieza a disipar calor a través de su superficie externa, es una buena alternativa para producir calor sin dejar altos niveles de contaminación, en la industria es común observarlas como calentadores de agua.

#### Figura 5

*Resistencia de cartucho.*



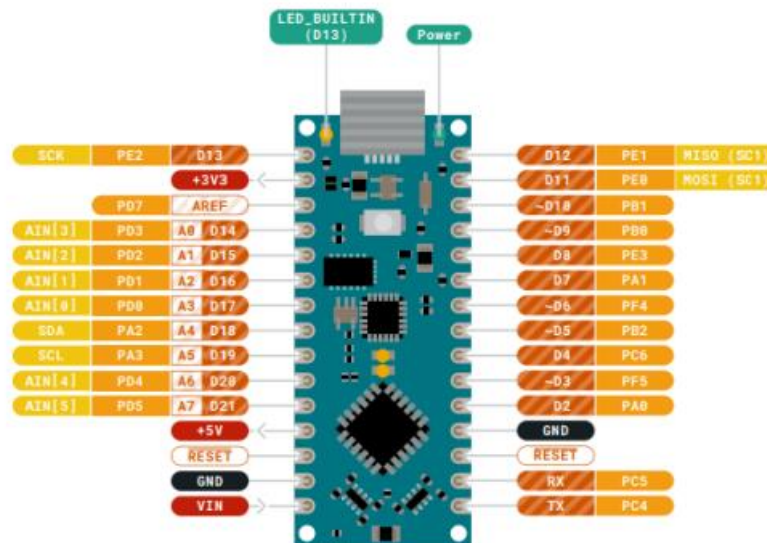
*Nota.* Imagen del catálogo web de omega. ([https://es.omega.com/pptst/CIR\\_14.html](https://es.omega.com/pptst/CIR_14.html))

##### 3.1.2 Arduino

Arduino es una placa basada en el microcontrolador ATMEGA. Los microcontroladores son circuitos integrados donde se pueden grabar instrucciones, las cuales se pueden grabar mediante un software llamado Arduino IDE el cual está hecho para recibir códigos en C++ esta placa cuenta con pines digitales, pines analógicos, pines para PWM, otros para polo a tierra y una fuente de 5 voltios.

**Figura 6**

*Esquema Arduino Nano Every.*



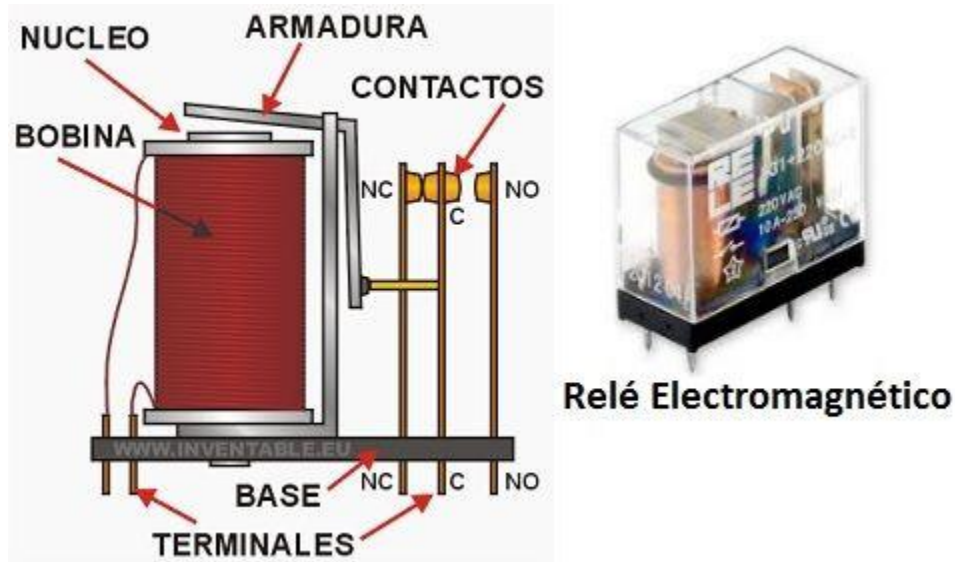
*Nota.* Imagen del datasheet oficial en la página web de Arduino. (<https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/ABX00028-datasheet.pdf>).

### 3.1.3 Relé

Este dispositivo electrónico tiene una función similar a la de un interruptor, este dispositivo electromagnético cuenta con una bobina la cual se verá energizada para crear un campo magnético generando una atracción o una repulsión a un contacto presente en otro circuito cercano, dando paso a los electrones o interrumpiendo el paso de acuerdo a como lo requiera la persona que esté realizando la instalación, tiene como ventaja que puede de controlar un circuito de potencia elevada, por ejemplo controlar un circuito con un voltaje de 120VAC desde un circuito de 5VDC.

**Figura 7**

*Relé.*



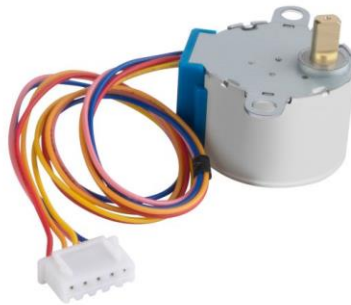
*Nota.* Imagen encontrada en el blog de área tecnología. (<https://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html>).

### 3.1.4 Motor a pasos

Es un dispositivo electrónico que cuenta con bobinas internas que se van estimulando para que haga girar un eje el cual estará acoplado a un reductor, cada vez que una bobina se ve activada, se dice que es un paso realizado por el motor, hay motores que tiene que dar distintos números de pasos con el fin de girar  $360^\circ$ , entre mayor es el número de paso en un motor, menor será su ángulo de giro por casa pulso, al realizar giros más pequeños será más preciso su trabajo.

**Figura 8**

*Motor a pasos.*



*Nota.* Imagen del catálogo web de Steren. (<https://www.steren.com.co/motor-a-pasos-de-4-lineas-de-control-5-vcc.html>).

**3.1.5 Pantalla LCD 20x4**

Es un dispositivo que permite la presentación de caracteres alfanuméricos y otros símbolos en un formato de 20 caracteres por línea, en 4 líneas es usado en varios dispositivos y circuitos, esta viene con un módulo I2C que permite controlarlo directamente con el IDE de Arduino.

**Figura 9**

*Pantalla LCD 20x4*



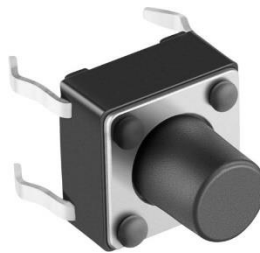
*Nota.* Imagen del catálogo web de Steren. (<https://www.steren.com.co/display-lcd-4x20.html>).

### 3.1.6 Pulsador

Dispositivo eléctrico que tiene como función dar paso o interrumpir la energía eléctrica, existen pulsadores normalmente abiertos (NA) que como su nombre lo indica tienen constantemente el circuito eléctrico abierto y cuando se oprime cierra el circuito dando paso a los electrones, por otro lado existen los normalmente cerrados (NC) que como su nombre lo indica tiene constantemente el circuito eléctrico cerrado y cuando se oprimen abren el circuito interrumpiendo el paso de electrones sobre el circuito.

#### Figura 10

*Pulsador*



*Nota.* Imagen del catálogo web de Steren. (<https://www.steren.com.co/micro-switch-de-push-con-4-terminales-y-vastago-mediano.html>).

### 3.1.7 Teclado matricial 4x4

Un teclado matricial 4x4 es un dispositivo que agrupa varios pulsadores y permite controlarlos en una sola membrana, se configura en el software dependiendo del lenguaje de programación usado en forma de columnas y filas, y así dándole una entrada diferente a cada

carácter del teclado, que al oprimir la tecla envíe un pulso para que de esta forma lo lea una placa de desarrollo, microcontrolador etc.

### **Figura 11**

*Teclado matricial.*



*Nota.* Imagen del catálogo web de Steren. (<https://www.steren.com.co/teclado-numerico-matricial-4-x-4.html>).

## **3.2 Elementos de control**

### **3.2.1 Dimmer**

Dispositivo electrónico que tiene la función de cortar el suministro de corriente en cierto punto, debido a que se utiliza en un circuito de corriente alterna, estará interrumpiendo el suministro de corriente en cierto punto de la onda con el fin de disminuir la potencia consumida por medio de un actuador, comúnmente es usado para atenuar la luz de un bombillo; en el caso de una resistencia calentadora, reducirá o aumentará la temperatura, brindando la opción de graduar la temperatura al gusto requerido por la persona.

**Figura 12**

*Dimmer de estado sólido.*



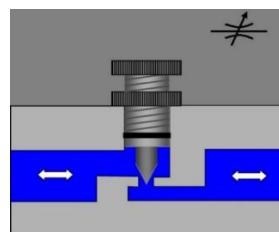
*Nota.* Encontrado en el catálogo web de compel electrónica (<https://www.compelectronica.com/product/rele-estado-solido-con-control-resistivo-tv48a40/>)

**3.2.2 Válvula reguladora de caudal**

Las válvulas reguladoras de caudal tienen la misión de regular el paso del fluido a través de las tuberías para repercutir en el movimiento de los cilindros. Su funcionamiento se puede ver en la figura 6.

**Figura 13**

*Esquema válvula reguladora de caudal.*



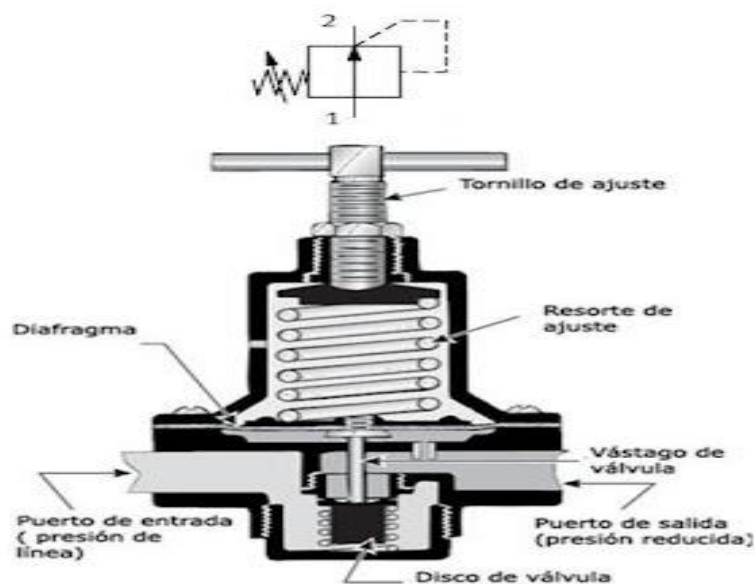
*Nota.* BirtLH Tecnología neumática. Válvulas reguladoras de caudal. ([https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/PSAFM/PSAFM02/es\\_PPFM\\_PSAFM02\\_Contenidos/website\\_23\\_vlvulas\\_reguladoras\\_de\\_caudal.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/PSAFM/PSAFM02/es_PPFM_PSAFM02_Contenidos/website_23_vlvulas_reguladoras_de_caudal.html))

### 3.2.3 Válvula reguladora de presión

Según Rexroth cumple la función de limitar la presión a un valor determinado. Cuando se alcanza este valor indicado la válvula reacciona y conduce el caudal sobrante hacía el depósito. Se puede apreciar mejor su funcionamiento en la figura 14.

#### Figura 14

*Esquema válvula reguladora de presión.*



*Nota.* Automatización Industrial. Válvulas de presión. <http://industrial-automatiza.blogspot.com/2010/09/valvulas-de-presion.html>

### 3.2.4 Programación en Arduino

El lenguaje de Arduino permite usar elementos como el teclado matricial, para hacer control debido a que con el adecuado uso de comandos se pueden cambiar variables físicas, como tiempo, ángulos de giro o temperaturas.

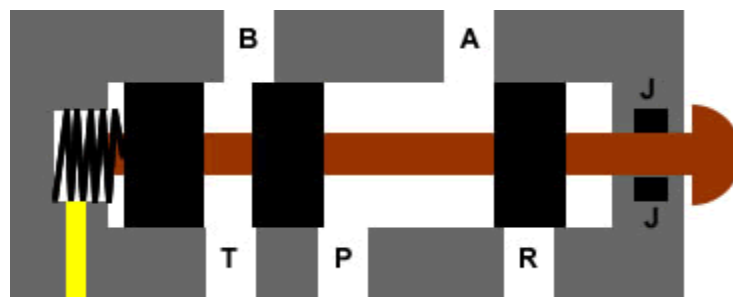
### 3.2.5 Válvula direccional 5/2

Las válvulas direccionales son las que controlan los actuadores dirigiendo su funcionamiento en una dirección u otra, permitiendo o bloqueando el paso de aceite o aire ya sean hidráulicas o neumáticas, tanto con presión o al tanque.

Este componente dentro de su nombre ya está indicadas sus características, el formato está formado por el número de vías, seguido del número de posiciones. La válvula 5/2 Tiene dos posiciones y cinco vías donde una de ellas va al actuador, normalmente un cilindro de simple efecto o actuador que tiene un retorno mecánico, normalmente por muelle y las otras dos vías van al tanque y a la presión haciendo que en una posición el aceite o aire, dependiendo si el circuito es hidráulico o neumático, vaya al actuador presión y en la otra posición retorne del actuador al tanque.

#### Figura 15

##### *Válvula 5/2*



Nota. Imagen encontrada en <http://sitioniche.nichese.com/corredera-hidra4.html>

## **4. Diseño conceptual.**

### **4.1 Despliegue de la función calidad (QFD).**

La sigla "QFD" se refiere a "Despliegue de la Función de Calidad" (en inglés, "Quality Function Deployment"). El QFD es una metodología utilizada en la gestión de la calidad y el diseño de productos para traducir las necesidades y expectativas de los clientes en características y requisitos específicos del producto. En esencia, es una técnica que ayuda a garantizar que un producto o servicio satisfaga las demandas y preferencias de los clientes al alinear cuidadosamente los objetivos de diseño y producción con las voces del cliente.

### **4.2 Requerimientos**

- **Espacio:** El equipo debe ocupar poco espacio, ya que su función debe ser rápida y sencilla de ejecutar, además se necesita una estructura que no requiera una cantidad de material elevada ya que esto eleva su precio y la comodidad que brinda al trabajar.
- **Temperatura:** Se requiere que la máquina trabaje a diferentes temperaturas que sean graduables y a su vez fáciles de controlar. Esto con el fin de estampar diferentes materiales y con diferentes métodos, ya sea con cinta o solo con temperatura.
- **Tiempo:** Para que la máquina sea útil debe tener tiempos de respuesta rápidos, esto para evitar demoras y contratiempos en la producción del estampado que se necesite.
- **Economía:** Se necesita que los costos de construcción y materiales del equipo sean accesibles, también que ofrezcan seguridad y una buena calidad para evitar costos de reparación y mantenimiento lo máximo posible.

- Ergonomía: El uso de la máquina debe ser simple en cuanto a su interfaz hombre-máquina y también en su forma de accionar, para que el operador no tenga problemas al usarla y no pierda tiempo, para así hacer otras labores de producción.
- Seguridad: Se requiere que la máquina sea segura para evitar lesionar o poner en riesgo la vida del operario.

### 4.3 Variables

- Presión: La presión se podrá ajustar mediante una válvula reguladora de presión debido a que los diferentes materiales requieren diferentes presiones para ser estampados.
- Temperatura: Al igual que la presión la temperatura varía dependiendo del material y el método de estampado se puede manejar desde 0°C hasta 300°C.
- Tiempo de estampado: El tiempo de estampado también es un factor importante dependiendo del tipo de estampado y de plantilla a trabajar, podrá ser variado en la interfaz digital de la máquina.
- Angulo de giro del motor a pasos: Debido a que la maquina puede manejar distintos tamaños de sello, el ángulo de giro del motor a pasos permitirá gastar el material justo y evitar pérdidas de la cinta para estampar, puede ser de 0° a 180°.

#### 4.3.1 Matriz QFD

A continuación, se exponen las diferentes alternativas a elegir para la construcción de la máquina. La calificación se dará en un rango de 1 a 5 y los porcentajes variarán dependiendo del requerimiento más importante para el elemento a seleccionar.

**Tabla 1**

*Selección de sistema de potencia de la máquina.*

Criterio de evaluación		Neumatica		Hidraulica		Mecanica	
Eficiencia	40%	5	2	5	2	4	1,6
Resistencia al desgaste	20%	4	0,8	4	0,8	3	0,6
Costo	40%	5	2	3	1,2	4	1,6
<b>Total</b>		4,8		4		3,8	

*Nota.* Esta tabla se muestra la viabilidad de las diferentes alternativas para alimentar el sistema de acción del equipo (Ver apéndice A).

**Tabla 2**

*Selección de controlador de la máquina.*

Criterio de evaluación		Arduino		PLC	
Eficiencia	30%	4	1,2	5	2
Facilidad de programar	10%	4	0,4	3	0,3
Costo	60%	5	3	2	1,2
<b>Total</b>		4,6		3,5	

*Nota.* En esta tabla se expone la viabilidad entre las dos opciones de controladores para la máquina (Ver apéndice B).

**Tabla 3**

*Selección del botón de accionado del sistema.*

Criterio de evaluación		Pedal		Pulsador manual	
Ergonomía	60%	5	3	5	3
Seguridad	20%	5	1	3	0,6
Costo	20%	4	0,8	5	1
<b>Total</b>		4,8		4,6	

*Nota.* La viabilidad de las diferentes alternativas para elegir el botón de accionado está explicitas en la tabla (ver apéndice C).

**Tabla 4**

*Selección de material para la placa calefactora.*

Criterio de evaluación		Bronce		Aluminio		Acero	
Peso	10%	2	0,2	4	0,4	3	0,3
Conductividad	50%	4	2	5	2,5	4	2
Costo	40%	2	0,8	5	2	3	1,2
Total		3		4,9		3,5	

*Nota.* En esta tabla se tomaron en cuenta los diferentes materiales para la construcción de la placa calefactora, para una mejor explicación de las alternativas (ver apéndice D).

**Tabla 5**

*Elección de manufactura de la estructura.*

Criterio de evaluación		Fundición		Corte y soldadura		Corte y union con tornillos	
Facilidad de construcción	20%	3	0,6	4	0,8	3	0,6
Resistencia estructural	50%	4	2	5	2,5	3	1,5
Costo	30%	2	0,6	4	1,2	4	1,2
Total		3,2		4,5		3,3	

*Nota.* Para esta tabla se toman en cuenta distintas alternativas para la construcción estructural de la máquina, las explicaciones de cada alternativa (ver apéndice E).

## 5. Diseño de la máquina estampadora de plantillas automática

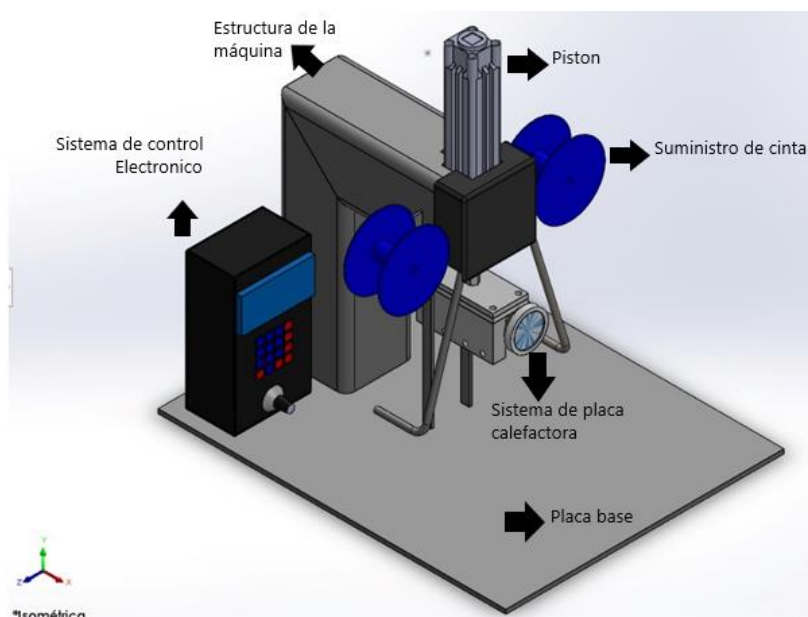
La máquina es estampadora de plantillas automática es clave para aumentar la producción de calzado, siendo este el objetivo por el cual se diseña teniendo en cuenta factores tales como la velocidad de trabajo, presión de estampado, temperatura de estampado, tiempos de trabajo, dimensiones y una interfaz hombre máquina sencilla e intuitiva.

A continuación se presenta la alternativa ganadora, la cual consta de un subsistema neumático el cual mueve el sistema de estampado con la placa calefactora de aluminio, operado

por medio de un Arduino y una interfaz hombre-máquina simple con un dimmer para controlar la temperatura y una pantalla con instrucciones para dar variables a la máquina, como parte final el motor a pasos recogerá la cinta ya usada y a su vez suministrará nueva cinta para ser estampada, todo esto está soportado por una estructura en L con diferentes partes soldadas para dar mayor resistencia a las uniones.

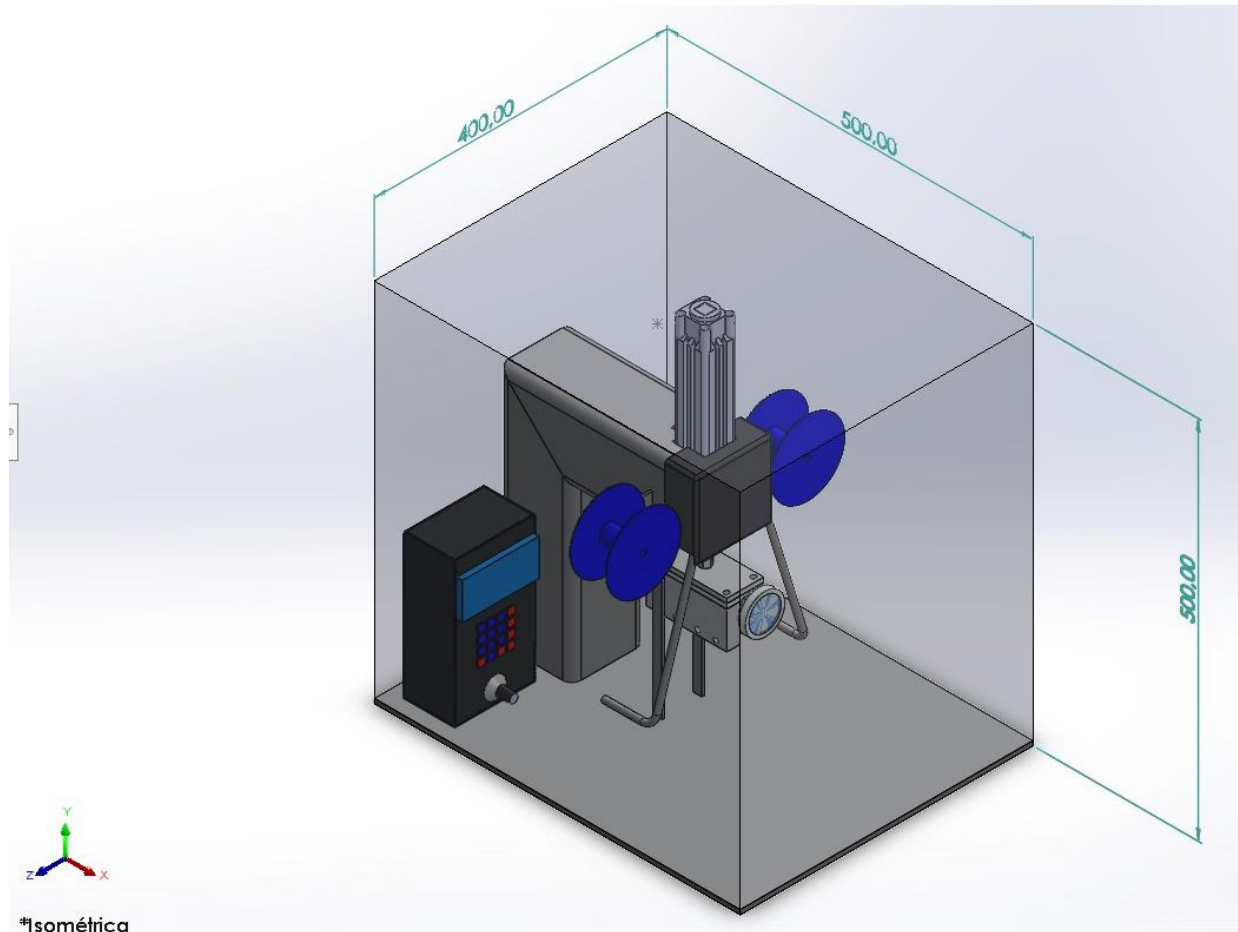
### Figura 16

*Vista isométrica de la máquina.*



### 5.1 Dimensiones de la estampadora.

La cantidad de plantillas a estampar es mínima de **240 plantillas/hora** estará trabajando 8 horas al día, la máquina debe ser pequeña, pero con una rigidez considerable debido al ambiente de trabajo al cual estará expuesto, las dimensiones esperadas son, de ancho 400mm, profundidad 500mm y 500mm de alto, teniendo en cuenta esto se hace una máquina regida a estas dimensiones (ver figura 17).

**Figura 17***Dimensiones generales*

*Nota.* Medidas en [mm].

## 5.2 Diseño del sistema neumático

El sistema neumático es el encargado de accionar la máquina, por lo cual se debe tener en cuenta la presión de estampado y el tiempo de trabajo.

### Figura 18

*Montaje sistema neumático*



### 5.2.1 Selección de pistón

Para el diseño del sistema neumático se eligió un pistón de doble efecto, esto debido a su a que es necesario que la placa calefactora realice un movimiento longitud en dos sentidos, el pistón posee un diámetro de 32 mm y diferentes agujeros para un acople fácil al sistema, estas especificaciones son suficientes para el trabajo que se llevará a cabo (ver apéndice F).

**Figura 19**

*Pistón del sistema*

**5.2.2 Elección de elementos neumáticos.**

Para el sistema se usaron los siguientes elementos:

- Válvula direccional 5/2: El trabajo de esta válvula es cambiar la dirección del aire, la máquina estará en avance o retroceso dependiendo de la posición de la válvula (ver apéndice G).

**Figura 20**

*Electroválvula usada en el sistema*



- Válvula reguladora de caudal con antirretorno: Este elemento es el encargado de regular el caudal e implícitamente la velocidad del sistema, además de que por medio de la anti retorno, el tiempo de trabajo se ve optimizado debido a que permite una vuelta del pistón rápidamente.

**Figura 21**

*Válvula reguladora de caudal con antirretorno del sistema.*



- Válvula reguladora de presión: Debido a que para las diferentes plantillas y técnicas de estampado se deben manejar presiones distintas es necesario tener esta válvula a la entrada de nuestro sistema para así corroborar que la presión de estampado sea la adecuada.

**Figura 22**

*Válvula reguladora de presión en el sistema*



- Llave de paso: La llave de paso es la que da la alimentación desde el compresor al sistema, por tanto, debe ser abierta para que permita el paso de aire a presión y de esta forma el sistema empiece a trabajar.

**Figura 23**

*Llave de paso usada en el sistema*



- Compresor: Se eligió un compresor que entrega como máximo 90psi debido a que esta presión será regulada por medio de la válvula reguladora de presión para los diferentes materiales y técnicas de estampado.

**Figura 24**

*Compresor para alimentar el sistema*



- Manguera: La manguera que usa el sistema es de diámetro de 8mm cumple con los requerimientos del sistema y brinda seguridad a la hora de trabajar (ver apéndice H).

**Figura 25**

*Manguera usada en el montaje*

**5.2.3 Fuerza ejercida por el sistema de presión**

Para la máquina se dispone de un compresor de 90 psi y la presión de estampado máxima es de 80 psi la cual se puede lograr fácilmente con estas disponibilidades, para conocer la fuerza máxima que se aplica a la máquina (ver tabla 6.)

**Tabla 6***Cálculo de fuerza máxima*

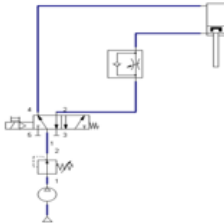
Calculo de la fuerza máxima ejercida por el sistema		
Ecuaciones	Diagrama	
$P = \frac{F}{A}$ $A = \frac{\pi \times D^2}{4}$		
Simbolos	Valor	Descripción
P	90 [psi]	Presión máxima del sistema
F	112,3 [lb/f]	Fuerza máxima ejercida por el pistón
A	1,247 <sup>2</sup> [in <sup>2</sup> ]	Area del pistón
D	1,26 [in]	Diametro del pistón

La mayor carga en el sistema sin tener en cuenta las perdidas es de 112,3 lbf lo cual es igual a 500 [N] conociendo este dato de fuerza se inicia el diseño de la estructura, a este sistema neumático se le añadió una válvula reguladora de presión debido a que se van a trabajar diferentes parámetros para diferentes materiales, siendo el máximo de 80psi para el cuero el cual es el material que más requiere fuerza de estampado.

#### 5.2.4 Cálculo de velocidades y caudales.

Debido a las diferentes velocidades que la máquina va a trabajar se proceden a hacer pruebas con diferentes parámetros (ver tabla 7).

**Tabla 7***Cálculo de velocidades y caudal*

Calculo de velocidades y caudales del sistema		
Ecuaciones	Diagrama	
$V_{max} = x/t_{min}$ $V_{reg} = x/t_{reg}$ $Q_{max} = V_{max} \times A$ $Q_{reg} = V_{reg} \times A$ $Rel_Q = Q_{max}/Q_{reg}$		
Simbolos	Valor	Descripción
$x$ [cm]	11	Distancia que recorre la placa calefactora hasta la plantilla
$t_{min}$ [s]	0,13	Tiempo mínimo que demora la placa calefactora en llegar a la plantilla
$t_{reg}$ [s]	1,13	Tiempo que demora en llegar la placa calefactora a la plantilla con regulacion de caudal
$V_{max}$ [cm/s]	84,62	Velocidad máxima que alcanza la placa calefactora
$V_{reg}$ [cm/s]	9,73	Velocidad que alcanza la placa calefactora con caudal regulado
$A$ [cm <sup>2</sup> ]	8,04	Area del piston
$Q_{max}$ [cm <sup>3</sup> /s]	680,52	Caudal sin regulacion
$Q_{reg}$ [cm <sup>3</sup> /s]	78,29	Caudal regulado
$Rel_Q$	8,69	Relacion de caudales

Para hallar las velocidades se llevaron a cabo pruebas en la máquina, con los valores de tiempo obtenidos en las pruebas se proceden a hacer cálculos de velocidades y por último de caudal, la relación de caudales tiene este valor debido a que si el sistema se deja con velocidades tan altas va a generar vibraciones no deseadas, impactos fuertes a la estructura, daños a materia prima en este caso las plantillas y la cinta, todo esto haría que la máquina genere dificultades a la hora de ser operada.

### 5.3 Diseño del sistema de control electrónico

El sistema de control electrónico fue diseñado de tal forma que todo en conjunto funcione de forma metódica y sin errores, además de tener un cuidado especial con las piezas del sistema ya que se trabaja a 5V con el Arduino y a 120V con la fuente de corriente directa, además de esto se añadió una pantalla LCD 4x20 para que la interfaz hombre-máquina sea dinámica e intuitiva, el sistema de control electrónico posee una parte programable y otra parte física las cuales se exponen a detalle en esta sección (ver figura 41).

#### Figura 26

*Sistema electrónico de la máquina*



#### 5.3.1 Variables que se pueden cambiar con el sistema de control electrónico

A continuación, se presentan las variables que pueden ser ajustadas manualmente por el operario a través del sistema electrónico.

- Tiempo: Por medio de un teclado matricial y un menú en el display LCD 4x20, el operario puede ingresar un valor numérico entero el cual es leído por la máquina en segundos, esto será

la duración que tendrá la bobina de la electroválvula activada y a su vez definirá cuanto tiempo de estampado se va a usar.

### Figura 27

#### *Calibración de tiempo*



- Angulo de giro del motor a pasos: Igual que con el tiempo en el menú principal de la interfaz de la máquina está la opción de cambiar el ángulo de giro del motor paso a paso, esto para usar sellos grandes o pequeños, gastando la cantidad de cinta justa.

**Figura 28**

*Configuración de giro del motor paso a paso*



- Temperatura de estampado: A diferencia de los dos puntos mencionados anteriormente la temperatura de estampado es controlada por medio de un dimmer de estado sólido, el cual hace que la resistencia varíe su temperatura dependiendo de dónde se acomode la perilla del dimmer, para tener este valor se usa un termómetro de aguja.

**Figura 29**

*Termómetro leyendo temperatura*



### 5.3.2 Programación en Arduino

El código de Arduino permite controlar la maquina por medio de pulsos y señales, en gran parte es el elemento base para que la máquina se pueda automatizar, debido a la gran libertad que presta a la hora de recibir códigos.

En el código está toda la inteligencia detrás de la máquina ya que permite controlar múltiples elementos de forma simultánea, además de también estar presente en la interfaz hombre-máquina debido a que con el Arduino se programa el menú principal y el control de los valores de tiempo y ángulo de giro del motor a pasos. (Ver apéndice “I”).

#### Figura 30

*Menú principal de la máquina*



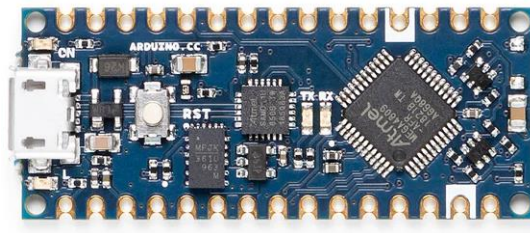
### 5.3.3 Selección de elementos

Para el sistema electrónico de control se eligieron elementos dependiendo del requerimiento de la máquina, además se buscó que todos fueran adaptables con Arduino.

- Arduino nano every: Arduino posee muchas placas programables de diferentes tamaños, sin embargo, el Arduino nano every posee características más avanzadas que otras tarjetas por su procesador ATmega4809, un bajo costo, ocupa poco espacio y además es más rápido al momento de leer códigos y realizar operaciones.

#### Figura 31

*Arduino nano every usado en la maquina*



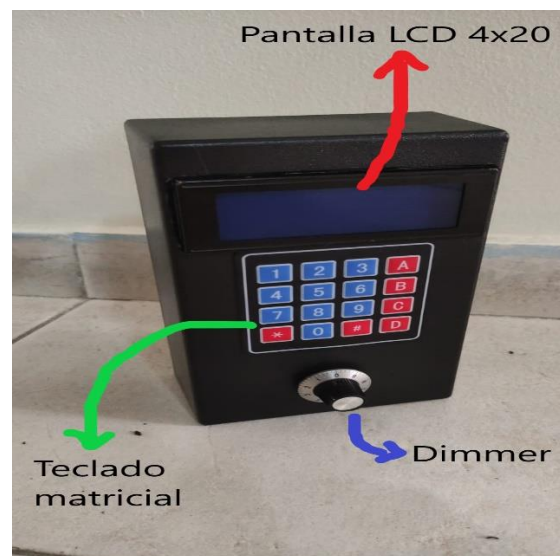
*Nota.* Imagen de la página web oficial de Arduino: <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano-every>

- Pantalla LCD 4x20 con módulo I2C: Debido a que la máquina posee un menú principal con varias opciones y estas ocupan una fila de la pantalla cada una es preferible contar con todo el espacio posible, el módulo I2C facilita la conexión a la placa controladora de Arduino es por esto por lo que la pantalla usada en el proyecto tiene el módulo incorporado (ver figura 32).
- Teclado matricial de membrana: Este elemento ocupa poco espacio, además de ser ligero y fácil de instalar en cualquier superficie, cumple su función correctamente y además es económico, este teclado es la comunicación directa del operario con la máquina para dar valor a las variables (ver figura 32).

- Dimmer de estado sólido: Elemento encargado de controlar la temperatura de estampado por medio de una perilla la cual puede ser actuada manualmente por el operario. Elegida también por su capacidad de aguantar corrientes y voltajes, además de ofrecer durabilidad al sistema debido a que este elemento es poco probable llegar a quemarlo (ver figura 32).

### Figura 32

*Montaje teclado, pantalla LCD y dimmer*



- Pedal de pulso: Para una mayor ergonomía se usa un pulsador que se activa fácilmente con el pie, este pulsador cumple la función de iniciar la operación luego de haberse cuadrado las variables de tiempo y ángulo de giro.

**Figura 33**

*Pedal usado en el montaje*



- Motor paso a paso: Elemento elegido debido a su libertad de giro, además de ocupar poco espacio y ser ligero, es el encargado de suministrar y retirar la cinta de estampado.

**Figura 34**

*Motor paso a paso usado en la máquina*



- Resistencia de cartucho: Elemento encargado de aumentar la temperatura en la placa calefactora, esta resistencia puede alcanzar los 200°C suficientes para llevar a cabo cualquier tipo de trabajo de estampado en plantillas.

### Figura 35

*Resistencia de cartucho elegida*

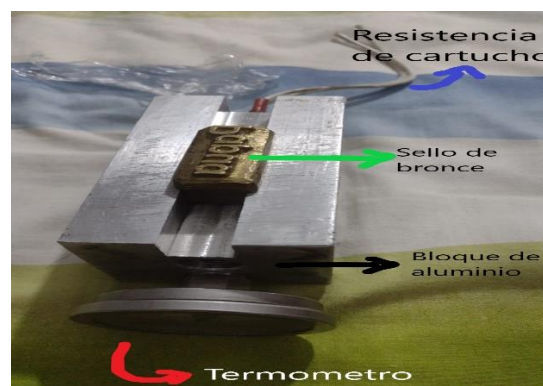


### 5.4 Diseño del sistema térmico

En el sistema térmico solo se tiene en cuenta la elección de materiales para que se pueda lograr un estampado satisfactorio, a continuación, se presenta la selección de los diferentes componentes del sistema.

### Figura 36

*Sistema térmico de la máquina*



- Resistencia de cartucho: Elemento encargado de subir la temperatura del sistema, este elemento también está comunicado con la parte electrónica y es controlado por medio de un dimmer de estado sólido, puede alcanzar temperaturas de hasta 200°C (ver figura 36).
- Bloque de aluminio: Es el encargado de conducir la temperatura para que esta llegue al sello de bronce y logre estampar lo que se necesite (ver figura 36).
- Sello de bronce: Es el molde el cual pasará por la cinta de estampado para dejar la marca que se necesite en la plantilla (ver figura 36).
- Termómetro de aguja: La función de esta pieza es mantener informado al operario a cuanta temperatura está trabajando (ver figura 36).

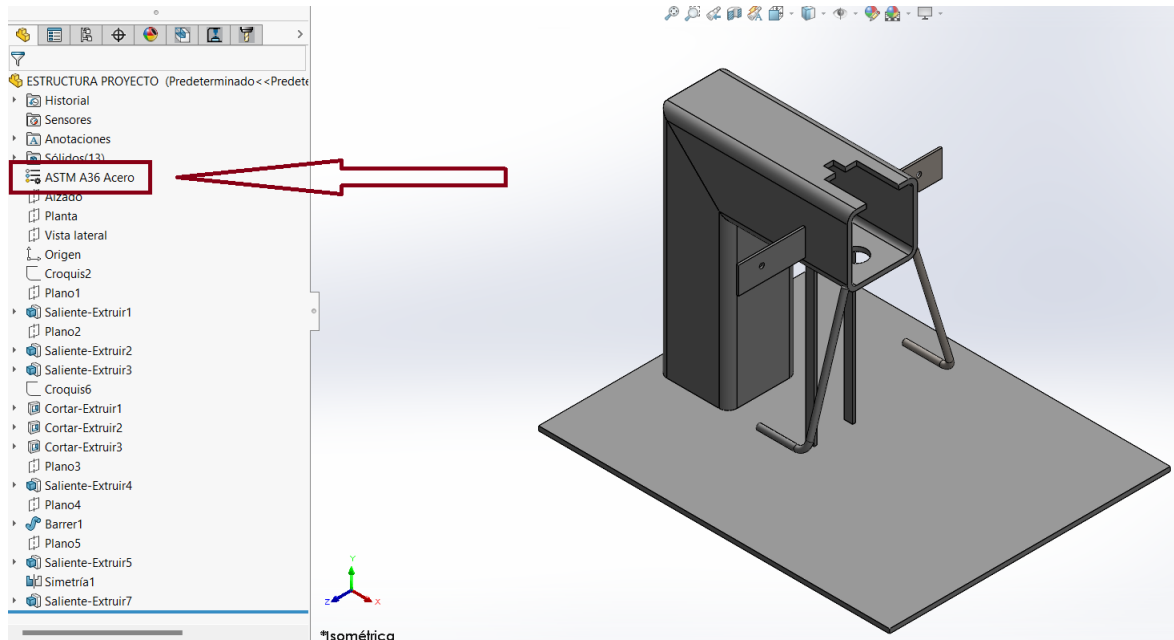
### 5.5 Análisis estructural

La máquina cuenta con una estructura rígida diseñada a partir de elementos estructurales soldados a unas medidas globales (ver apéndice J.) con el fin de brindar rigidez, y fácil instalación y acople de los distintos mecanismos presentes en la maquina; las deformaciones presentes en las maquinas deben ser mínimas, por esta razón se realiza un análisis estructural mediante el software SolidWorks, el cual brinda información sobre el esfuerzo y las deformaciones presentes en la estructura.

Para la fabricación de la maquina se utiliza acero estructural A36 (ver figura 36.) con el fin de brindar una excelente resistencia y rigidez a la máquina, para la fabricación de la maquina se requiere un electrodo 6013 de 1/8” el cual brinda una resistencia de 60000 psi, siendo un electrodo con buenas características en la unión de estructuras, además de brindar la facilidad de aplicación en todas las posiciones.

**Figura 37**

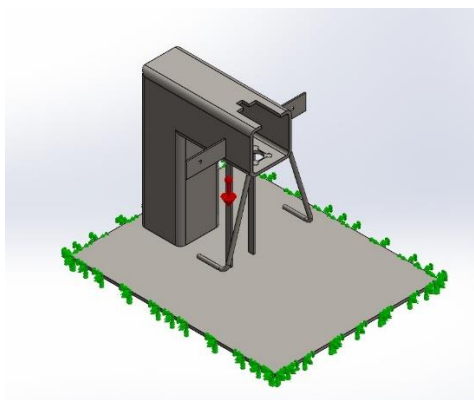
*Diseño del bastidor con material*



Esta máquina estará ubicada encima de una mesa, por esta razón la base de la maquina estará fija y el pistón estará sujetado por 4 tornillos sobre el tubo cuadrado.

**Figura 38**

*Vista isométrica con apoyos*

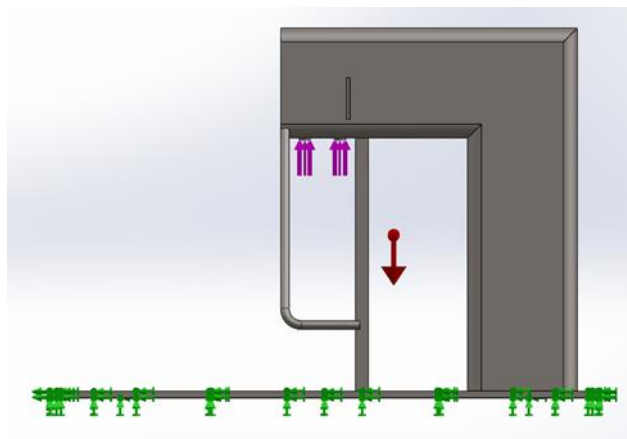


Para obtener un análisis semejante a la realidad se procede a aplicar la aceleración de la gravedad de  $9.81 \text{ m/s}^2$ , esta aceleración estará presente en el sistema físico de la máquina y en el programa calculará un resultado más exacto.

De acuerdo con los cálculos de presión máxima que genera el pistón se obtiene una fuerza total aproximada de  $500\text{N}$  que será dividida entre los 4 tornillos, recibiendo aproximadamente  $125\text{N}$  sobre cada tornillo, en las se observan cuatro fuerzas presentes en la parte inferior del tubo donde estarán ubicados los tornillos, además se puede observar la fijación de la base de la estructura.

### Figura 39

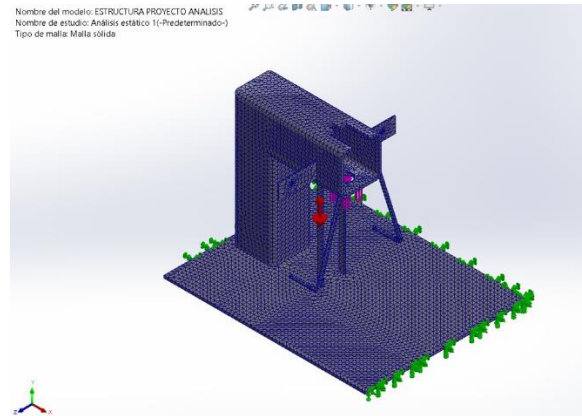
*Vista lateral con apoyos y gravedad*



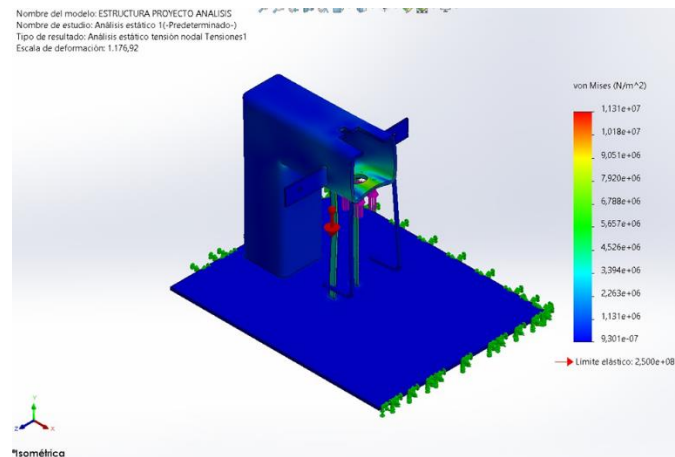
Antes de ejecutar la simulación se aplica un mallado, este mallado se realizó con 16000 nodos, siendo una malla con una gran cantidad de elementos finitos entregando un resultado acorde a la realidad (ver figura 40).

**Figura 40**

*Análisis estático con malla solida*

**Figura 41**

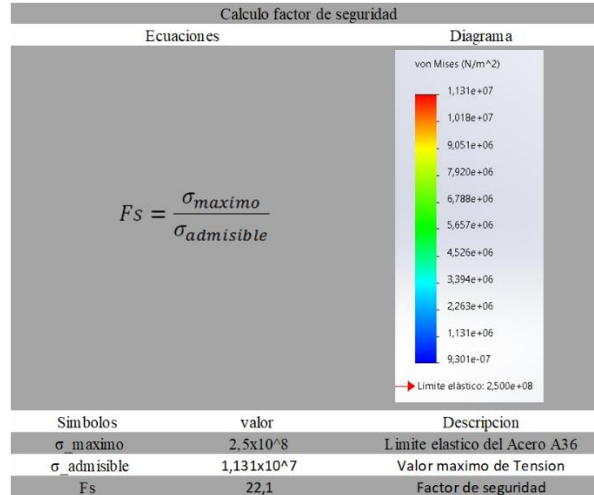
*Análisis de esfuerzos*



Luego de ejecutar la simulación en el software se obtienen los resultados del análisis de tensiones donde se puede observar los puntos críticos de la estructura, a partir de estos resultados se puede determinar el factor de seguridad, este factor es proporcional a la resistencia de la máquina (ver figura 41).

**Tabla 8**

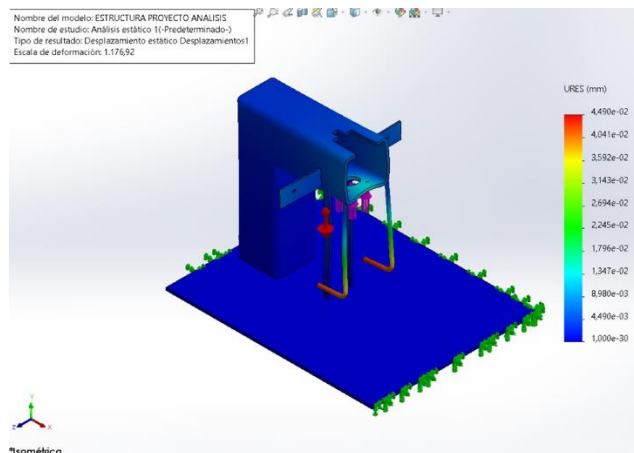
*Calculo de factor de seguridad*



El valor del factor de seguridad a aproximadamente de 22, un valor que brinda una gran confiabilidad en la estructura, este valor indica que la estructura de la maquina tendrá poca probabilidad de fallar cuando está trabajando a su máxima presión.

**Figura 42**

*Análisis de deformaciones*



En el análisis de deformaciones se puede observar una escala de colores y sus valores de deformación, el software debido a que su deformación es baja, muestra una gráfica con una escala de 3500 para que sea visible su deformación, pero de acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar que tiene una deformación máxima de 0.015mm, brindando excelentes resultados para la función que brindara la máquina, ya que no debe tener desplazamientos grandes generando una deformación máxima, daño de la misma y deformaciones grandes que descalibren y ocasionen errores en la tarea a cumplir.

## **6. Fabricación de la máquina.**

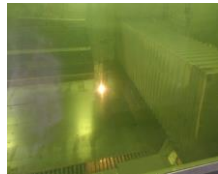



Para la construcción de la máquina es necesario conseguir materias primas disponibles en el mercado debido a que esto brinda confiabilidad y un fácil mantenimiento futuro, debido a esto se debe hacer un listado de todas estas materias vitales para la manufactura de la máquina

Además, se deben pasar por diferentes procesos de manufactura ya que se deben hacer cortes, uniones, huecos, también algunos procesos extra para un acabado superficial estético y resistente (ver apéndice K).

6.1 Manufactura de la estructura

Tabla 9




Formato de construcción de la estructura en L

Formato para ensamble y construcción de piezas				
Fecha de fabricación	14	9	2023	Tiempo de construcción (minutos)
Hora inicial	Hora Final		Número de piezas	1
Especificaciones de la pieza				
Nombre	Estructura en L		Material	Acero estructural A36 HR
OPERACIONES				
ITEM	OPERACIÓN	PROCESO	PARAMETROS	MÁQUINA
1	Corte	Laser	Potencia: 3000W	
2	Corte	Manual	Disco diamantado de diametro 4,5 [in] marca DEWALT	
3	Taladrado	Manual	Broca para acero rápido de diametro 1/16"	
4	Soldadura	Revestida	Electrodo 6013 de 1/8 a 100A marca LINCOLN	

### 6.2 Manufactura de la placa calefactora

**Tabla 10**

*Formato de construcción de la placa calefactora.*

Formato de construcción de piezas				
Fecha de fabricación	14	9	2023	Tiempo de construcción (minutos)
Hora Inicial	Hora Final		Número de piezas	1
Especificaciones de la pieza				
Nombre	Placa calefactora		Material	Aluminio
OPERACIONES				
ITEM	OPERACIÓN	PROCESO	PARAMETROS	MÁQUINA
1	Fresado	CNC	Velocidad de la mesa: 10[m/s] y velocidad angular de 628[rad/s]	
2	Roscado	Manual	Taladrado de 1/16" y roscado fino con machuelos	
3	Taladrado	Con arbol	Perforaciones de 1/4	

### 6.3 Montaje neumático

A continuación, se expone la distribución del sistema neumático junto con sus esquemas y una explicación del funcionamiento.

El sistema neumático hace la función de accionar el actuador final que es la placa calefactora, además posee una parte de control en cuanto a regulación de velocidad y presión, para esto se usaron las válvulas de regulación de caudal y regulación de presión respectivamente.

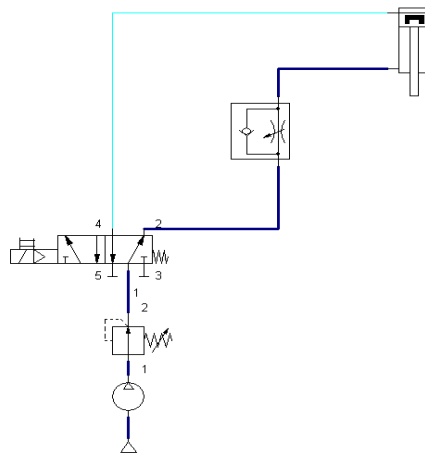
A continuación, se expone el funcionamiento del sistema dependiendo del momento de acción ya sea subida o bajada del pistón.

#### 6.3.1 Plano neumático de posición inicial y retorno.

La posición inicial y de retorno es la misma ya que la válvula direccional hará que el aire entre por el lado del vástago devolviendo el pistón y haciendo que este se mantenga arriba esperando a ser accionado para estampar.

#### Figura 43

*Esquema neumático posición inicial y retorno.*



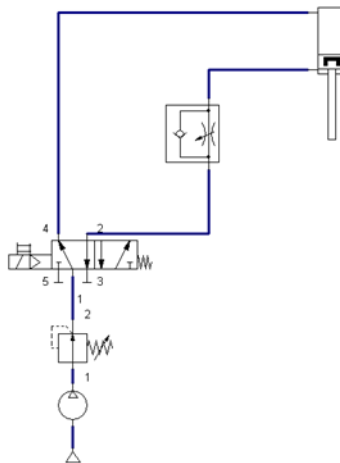
*Nota.* Para lograr un retorno rápido se usa una válvula reguladora de caudal con antirretorno incluido

### 6.3.2 Plano neumático posición de estampado.

Para la posición de estampado se debe accionar la electroválvula por medio de un pedal el cual manda el pulso a la bobina y cambia la posición de la válvula direccional, y hace que el pistón baje a una velocidad regulada puesto que tiene que pasar primero por la válvula reguladora de caudal.

#### Figura 44

*Plano neumático posición de estampado.*



*Nota.* La velocidad puede ser regulada por medio de la válvula reguladora de caudal, esta posición se mantendrá el tiempo que el operador introduzca en el programa.

### 6.4 Montaje electrónico

En este apartado se hará énfasis en las conexiones electrónicas y de control automático de la máquina.

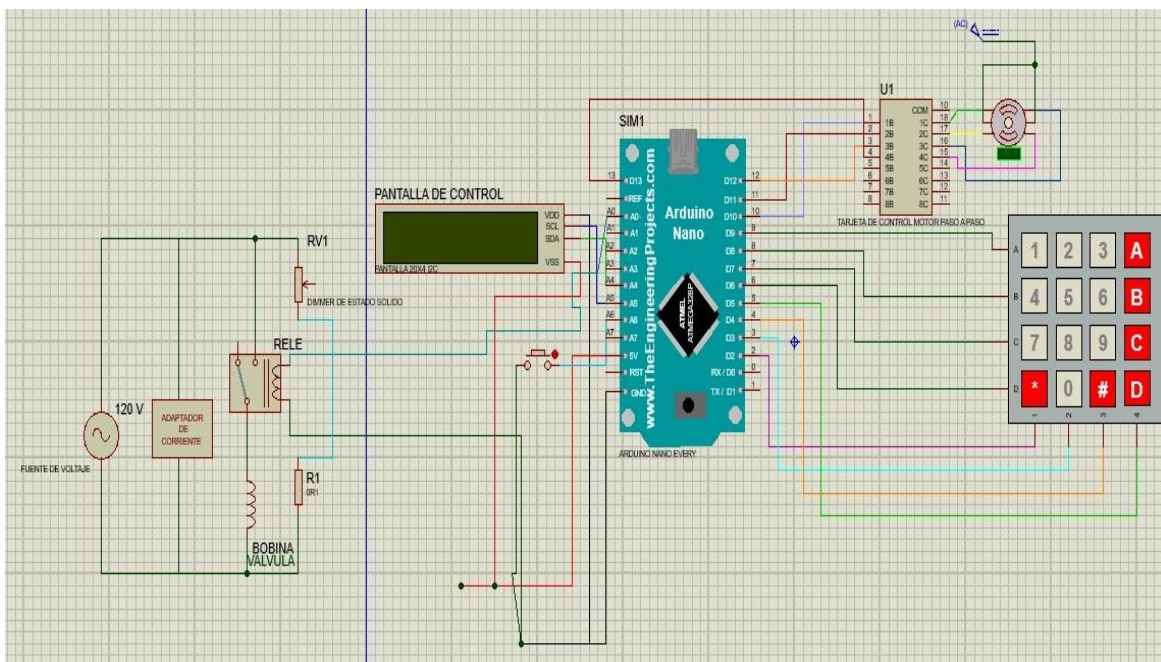
El sistema electrónico fue diseñado con el fin de que la máquina siga un proceso lógico por medio del código de Arduino, y que ejecute estas órdenes dadas por el operario para que dé esta forma se logren los distintos tipos de estampado, gracias al sistema electrónico se activa la electroválvula, y el motor a pasos el cual cumple la función de alimentación y extracción de cinta, también es el sistema que usa el operario para lograr las temperaturas deseadas de estampado.

### 6.4.1 Circuito electrónico.

Como se puede ver en la figura 40 el circuito se divide en dos partes, una la cual está conectada a 120V y otra alimentada con los 5V de Arduino, esto debido a que hay elementos que necesitan un voltaje reducido como lo es el teclado matricial, y la pantalla, y otros que en cambio necesitan un voltaje alto como es el caso de la resistencia de cartucho

**Figura 45**

*Plano del circuito eléctrico de la máquina*



## 7. Pruebas

Para el diseño y construcción de la máquina se tiene en cuenta realizar pruebas de funcionamiento y resultados, para comprobar que el diseño cumpla con lo que se le solicita, sumado a esto las pruebas que se realizan con los dos diferentes materiales contemplados para estampar.

### 7.1 Pruebas de funcionamiento

#### 7.1.1 Revisión de la máquina antes de hacer pruebas

Antes de iniciar la operación de la máquina se debe verificar que todo esté en correcto estado, ajustado y no haya elementos que bloqueen el paso del pistón para estampar (ver tabla 11).

**Tabla 11**

*Inspección general de la termo estampadora*

<b>Funcionamiento sin carga</b>	
<b>Máquina:</b> Termoestampadora automática	
<b>Estado de fabricación:</b> 100%	
<b>Fecha:</b> 21/09/2023	<b>Lugar de prueba:</b> Taller de mecánica
<b>Especificaciones de control</b>	<b>Estado</b>
Sistema neumático	Ok
Sistema de suministro y extracción de cinta	Ok
Estructura (Bastidor)	Ok
Sistema eléctrico y electrónico	Ok
Ensamble total	Ok

### 7.1.2 Pruebas de encendido y funcionamiento de la máquina

El siguiente paso consiste en establecer la puesta a punto de la máquina, se debe encender la máquina sin ningún tipo de carga y corroborando su correcto funcionamiento, el pistón, la pantalla, el teclado y el dimmer deben cumplir sus diferentes funciones, se debe chequear que el sistema de estampado funcione correctamente dependiendo de las ordenes que le sean enviadas (ver tabla 12).

**Tabla 12**

*Prueba 1: Condición de encendido*

<b>Funcionamiento sin carga</b>	
<b>Maquina:</b> Termoestampadora automatica	
<b>Estado de fabricación:</b> 100%	<b>Prueba #1</b>
<b>Fecha:</b> 21/09/2023	<b>Lugar de prueba:</b> Taller de mecanica
Tiempo: 1 minuto	
<b>Especificaciones de encendido</b>	<b>Estado</b>
Piston en posición inicial	Ok
Sistema de suministro y extracción de cinta quieto	Ok
Temperatura ambiente en el termometro	Ok
Pantalla mostrando el menú principal	Ok

*Nota.* De esta prueba se concluye que el estado inicial de la máquina al momento de encender esta funcionando correctamente debido a que todas las piezas y subsistemas arrancan en el estado deseado.

### 7.1.3 Pruebas de estampado de la máquina para el cuero

Después de verificar que la puesta en marcha es exitosa en la máquina se proceden a hacer pruebas de estampado con la máquina, se gira la perilla del dimmer hasta llegar a una temperatura de 180°C, y después de esto se procede a estampar con un ángulo de giro del motor de 180° y un tiempo de 2 segundos, este proceso de calentamiento de la placa dura alrededor de 7 minutos.

**Tabla 13**

*Prueba #2: Estampado en cuero*

<b>Funcionamiento con cuero</b>	
<b>Maquina:</b> Termoestampadora automatica	
<b>Estado de fabricación:</b> 100%	<b>Prueba #2</b>
<b>Fecha:</b> 21/09/2023	<b>Lugar de prueba:</b> Taller de mecanica
Tiempo: 7 minutos	
<b>Especificaciones de trabajo</b>	<b>Estado</b>
El termometro marca la temperatura de estampado	Ok
El menú principal permite la entrada de valor de tiempo	Ok
El menu principal permite la entrada de valor de angulo de giro del motor	Ok
Al pulsar el pedal la máquina empieza el proceso de estampado	Ok
La plantilla ha sido estampada exitosamente	Ok

Para evidenciar el estampado del material se hacen fotografías al terminar el proceso de estampado (ver figura 46).

**Figura 46***Cuero estampado*

#### 7.1.4 Pruebas de estampado de la máquina en sintético

Para el cuero sintético el proceso es similar al cuero, pero varía en su temperatura ya que para este material solo es necesario 150°C (ver figura 47).

**Tabla 14***Prueba #3: Estampado en sintético*

Funcionamiento con sintético	
Maquina: Termoestampadora automatica	
Estado de fabricación: 100%	Prueba #3
Fecha: 21/09/2023	Lugar de prueba: Taller de mecanica
Tiempo: 7 minutos	
Especificaciones de trabajo	Estado
El termometro marca la temperatura de estampado	Ok
El menú principal permite la entrada de valor de tiempo	Ok
El menu principal permite la entrada de valor de angulo de giro del motor	Ok
Al pulsar el pedal la máquina empieza el proceso de estampado	Ok
La plantilla ha sido estampada exitosamente	Ok

**Figura 47***Estampado en sintético***7.1.5 Tiempos**

Es importante tener en cuenta los tiempos de estampado y cuál es la capacidad de producción de la máquina, debido a que esto determina también la viabilidad de producción de la máquina.

**Tabla 15***Análisis de tiempo*

Material \ Tiempo	Tiempo de estampado en la maquina	Tiempo usado por el operario para acomodar el producto	Tiempo total
Sintetico	2s	5s	7s
Cuero	2s	5s	7s

*Nota.* El tiempo de estampado es igual debido al uso de cinta para estampar, lo que varía en este caso es la temperatura de estampado dependiendo el material, con estos valores de tiempo se logran aproximadamente 514 plantillas por hora.

## **8. Análisis económico y viabilidad del proyecto**

Para el desarrollo de un proyecto es necesario tener en cuenta los gastos presentes, en la fabricación de una maquina múltiples factores entran en juego, entre ellos se encuentra presente las materias primas, la mano de obra, el desarrollo intelectual, los operarios que harán realidad el desarrollo del proyecto y las licencias brindadas por la universidad; al realizar una sumatoria de todos estos factores se obtiene un valor de inversión total.

Para calcular la viabilidad del proyecto es necesario realizar un análisis económico y de viabilidad del proyecto con el fin de realizar un proyecto viable financieramente, para este análisis se calculará el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR) determinando así la rentabilidad del proyecto.

### **8.1 Costo total de la maquina**

#### **8.1.1 Costo de materia prima**

En la fabricación de la maquina es necesario tener una inversión inicial para la compra de materiales (ver apéndice K). Esto con el fin de disponer de todos los elementos y realizar su fabricación de una forma óptima, obteniendo una fabricación rápida y cuellos de botella por falta de material.

**Tabla 16***Costo de elementos de fabricación*

Elementos de fabricacion				
Maquina: Selladora de plantillas				
Descripcion	Cantidad	Unidades	Valor unitario	Valor total
Lamina calibre 1/4" HR	0,206	m^2	\$ 480.000	\$ 98.880
Acero redondo 1/4"	0,55	m	\$ 5.000	\$ 2.750
Platina 1,1/2"x1/8"	0,2	m	\$ 8.000	\$ 1.600
Tubo cuadrado estructural 100x100x6	0,6	m	\$ 120.000	\$ 72.000
Platina 1/2"x1/8"	0,5	m	\$ 7.500	\$ 3.750
Aislante	1	n/a	\$ 10.000	\$ 10.000
Aluminio	0,11	m	\$ 360.000	\$ 39.600
Termometro	1	n/a	\$ 22.000	\$ 22.000
Resistencia de cartucho	1	n/a	\$ 10.000	\$ 10.000
Piston neumatico	1	n/a	\$ 160.000	\$ 160.000
Carrete	2	n/a	\$ 3.500	\$ 7.000
Motor paso a paso	1	n/a	\$ 15.000	\$ 15.000
Rele	1	n/a	\$ 10.000	\$ 10.000
Teclado matricial	1	n/a	\$ 12.500	\$ 12.500
Pantalla LCD	1	n/a	\$ 17.000	\$ 17.000
Dimmer de estado solido	1	n/a	\$ 90.000	\$ 90.000
Pulsador	1	n/a	\$ 15.000	\$ 15.000
Arduino nano every	1	n/a	\$ 60.000	\$ 60.000
Valvua direccional con solenoide	1	n/a	\$ 110.000	\$ 110.000
manguera	5	m	\$ 1.200	\$ 6.000
Reguladora de caudal	1	n/a	\$ 15.000	\$ 15.000
Reguladora de presion	1	n/a	\$ 73.000	\$ 73.000
Llave de paso	1	n/a	\$ 7.500	\$ 7.500
Acople rapido	1	n/a	\$ 5.000	\$ 5.000
Racores	12	n/a	\$ 1.000	\$ 12.000
Soldadura 6013	0,5	Kg	\$ 13.000	\$ 6.500
Sello de bronce	1	n/a	\$ 60.000	\$ 60.000
Cinta de termoestampado	1	n/a	\$ 8.500	\$ 8.500
Tornilleria	1	n/a	\$ 10.000	\$ 10.000
Cable	4	m	\$ 800	\$ 3.200
Caja para proyectos	1	n/a	\$ 15.000	\$ 15.000
Total				\$ 978.780

### 8.1.2 Maquinado y servicios externos

En la fabricación de la placa calefactora se requiere de un mecanizado para realizar ciertos canales, perforaciones y roscados con el fin de ensamblar los elementos de la máquina.

**Tabla 17**

*Costo de maquinado y servicios externos*

Maquinado y servicios externos			
Maquina: Selladora de plantillas			
Descripción	Horas	Valor unitario	Valor total
Mecanizado	1,5	\$80.000	\$120.000
Taladrado y roscado	0,2	\$75.000	\$15.000
Transporte	0,5	\$20.000	\$10.000
Total			\$145.000

### 8.1.3 Licencias

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron distintas licencias brindadas por la Universidad Industrial de Santander, estas licencias son de gran importancia tanto para análisis estructurales como par desarrollo de informes del proyecto

**Tabla 18***Costo de licencias*

Licencias			
Maquina: Selladora de plantillas			
Descripción	Meses	Valor unitario	Valor total
Licencia Office	10	\$ 200.000,00	\$ 2.000.000,00
Licencia SolidWorks	10	\$ 300.000,00	\$ 3.000.000,00
Recursos literarios	2	\$ 250.000,00	\$ 500.000,00
Total			\$ 5.500.000,00

**8.1.4 Diseño e ingeniería**

En el diseño de la maquina se vieron presentes distintas personas, las cuales realizaron tareas de gran importancia con el fin de finalizar completamente el proyecto, brindando de sus conocimiento teóricos y prácticos.

**Tabla 19***Presupuesto mano de obra*

Presupuesto mano de obra				
Maquina: Selladora de plantillas				
Descripción	Horas	Valor unitario	Valor total	
Operarios de mecanizado	10	\$ 10.000,00	\$	100.000,00
Operarios de soldadura	18	\$ 10.000,00	\$	180.000,00
Asesoría(codirector)	16	\$ 42.000,00	\$	672.000,00
Diseño e ingeniería	120	\$ 18.000,00	\$	2.160.000,00
Total			\$	3.112.000,00

**8.1.5 Costo total****Tabla 20***Precio total de la máquina*

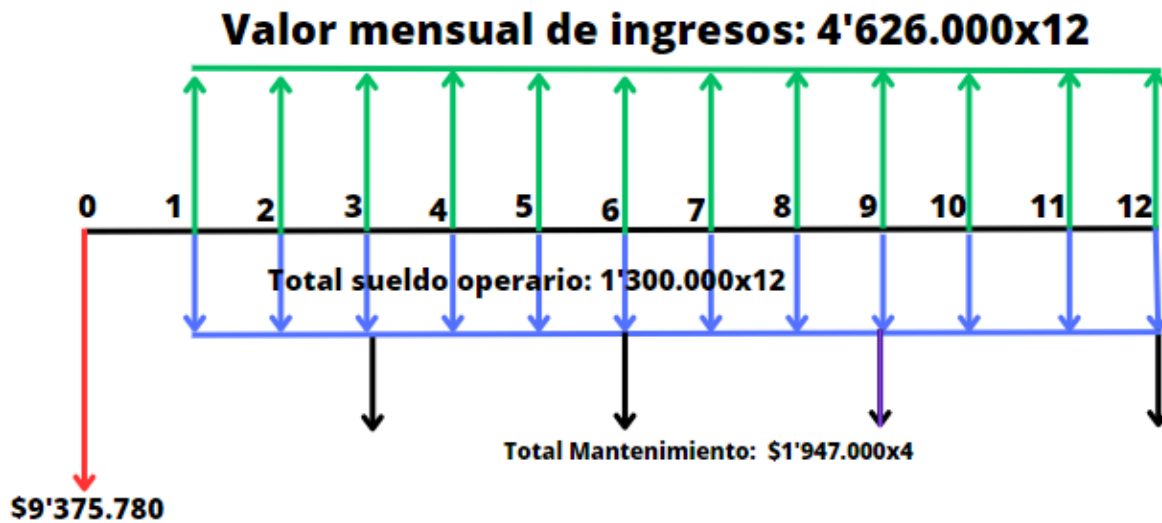
Precio total	
Maquina: Selladora de plantillas	
Descripción	Valor total
Elementos de fabricación	\$ 978.780,00
Mecanizado	\$ 145.000,00
Mano de obra	\$ 3.112.000,00
Licencias	\$ 5.500.000,00
Total	\$ 9.735.780,00

En el diseño y la fabricación de esta máquina requiere de una inversión total de 9'735.780 COP que serán cubiertos en su totalidad entre la Universidad Industrial de Santander, la escuela de ingeniería mecánica y los estudiantes.

## **8.2 Valor presente neto (VPN)**

Para realizar el diagrama de flujo económico del proyecto, se contempla el valor total de la inversión del proyecto (COP 9'735.780) este valor tiene un comportamiento de egreso en valor presente, debido a que este dinero invertido fue destinado en su totalidad el día el cual se inicia el proyecto.

El proceso de estampado manual puede durar más de 5 minutos haciendo que la cantidad de plantillas sea reducida en el tiempo, con el proceso automatizado se obtiene una plantilla cada 7 segundos, por hora se obtendrían 514 plantillas, lo cual es equivalente a 257 pares, el precio de estampado de un par de plantillas es de COP 150, conociendo que la máquina trabaja 4 horas diarias, lo cual produciría mensualmente COP 3'084.000 y requiere un operario el cual cobra un salario mínimo mensual vigente (SMMLV) aproximadamente COP 1'300.000. Adicional a esto se tiene en cuenta el precio del 20% sobre el valor de la máquina para mantenimiento cada 3 meses, el flujo económico del proyecto será de forma mensual en 1 año.

**Figura 48***Diagrama flujo económico*

El interés anual con el que se lleva a cabo el análisis económico del proyecto es un 20,38% esta tasa de interés ofrecida por el banco AV Villas para empresas con proyectos de libre inversión.

El interés anual se convierte a interés mensual para determinar el VPN del proyecto.

**Tabla 21***Calculo de interés mensual*

<b>Cálculo de interés mensual</b>		
<b>Interes anual</b>	<b>ia= 20,38%</b>	<b>im= Interes mensual</b>
<b>Periodo</b>	<b>ma= 1 año</b>	<b>m= 12 meses</b>
<b>Ecuacion</b>		
$i_m = (1 + i_a)^{1/m} - 1$		
<b>Tasa de interes mensual</b>		<b>1,56%</b>

Con el interés mensual hallado se calcula el valor presente neto de los ingresos y de los egresos, para esto se usa la fórmula de valor presente en Excel.

**Tabla 22***Calculo de VPN con la máquina*

<b>Datos de proyecto</b>				
<b>Mes</b>	<b>Flujo de caja</b>		<b>Valor presente</b>	
0	-\$	9.375.780	-\$	9.375.780
1	\$	1.784.000	\$	1.756.637
2	\$	1.784.000	\$	1.729.693
3	-\$	163.000	-\$	155.614
4	\$	1.784.000	\$	1.677.040
5	\$	1.784.000	\$	1.651.317
6	-\$	163.000	-\$	148.563
7	\$	1.784.000	\$	1.601.050
8	\$	1.784.000	\$	1.576.493
9	-\$	163.000	-\$	141.831
10	\$	1.784.000	\$	1.528.503
11	\$	1.784.000	\$	1.505.058
12	-\$	163.000	-\$	135.405
<b>Valor presente neto</b>			<b>\$</b>	<b>3.068.598</b>

El análisis de viabilidad del proyecto se puntualiza en el valor del VPN obtenido de la Como se puede evidenciar el proyecto es rentable debido al valor positivo obtenido en el VPN, generando ganancias al producir mayor masa de plantillas estampadas.

### 8.3 Tasa interna de retorno (TIR).

Para calcular el TIR se usa la ecuación de Excel con su mismo nombre, se usan los valores de flujo de caja y una tasa estimada, con esto el programa da el valor de la TIR.

**Tabla 23**

*Calculo de TIR de la máquina*

Datos de proyecto		
Mes	Flujo de caja	
0	-\$	9.375.780
1	\$	1.784.000
2	\$	1.784.000
3	-\$	163.000
4	\$	1.784.000
5	\$	1.784.000
6	-\$	163.000
7	\$	1.784.000
8	\$	1.784.000
9	-\$	163.000
10	\$	1.784.000
11	\$	1.784.000
12	-\$	163.000
TIR	7%	

Se observa con esto que el proyecto es altamente viable económicamente por su buena TIR mensual siendo superior al porcentaje de los intereses mensuales.

## 9. Conclusiones

- La termoestampadora automática de plantillas desarrollada en este proyecto de grado, aporta a la innovación en el sector del calzado generando un avance tecnológico y mejoras en los productos finales. Mediante un análisis económico se concluye que esta máquina será una excelente inversión para cualquier fabrica manufacturera local, de acuerdo con los valores del VPN y TIR que exponen la pronta recuperación de la inversión, disminuyendo costos y tiempos de fabricación.
- El desarrollo de este proyecto por parte de los estudiantes, profesores y la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Industrial de Santander, contribuye a solucionar problemas en el sector industrial y específicamente del calzado en nuestra región. Culminar este proyecto demuestra y complementa el desarrollo intelectual y profesional de los estudiantes que realizaron el proyecto, evidenciando las competencias de identificar y resolver problemas, dirigiéndose y comunicándose de forma ética y profesional con los sectores industriales santandereanos.
- La máquina desarrollada presenta un eficiente desempeño, cumpliendo satisfactoriamente con su función de estampar plantillas en cuero y material sintético, presentando características de funcionamiento rápido, seguro, confiable y de alta calidad en el estampado. además, la fabricación de la máquina genera una participación en la zona de comercio y mano de obra, debido a que los materiales que se usan para el acabado son accesibles en el mercado local y su fabricación requiere de mano de obra regional especializada.

### Referencias bibliográficas

- Festo Didactic GmbH & Co. (2009, diciembre). Neumática, Electroneumática, Fundamentos. Vol. 1, 130-145. [Consultado el 28 de noviembre de 2022]. Disponible en: [https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/573031\\_lb\\_pep\\_extracto\\_es.pdf](https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/573031_lb_pep_extracto_es.pdf)
- Hidalgo Moreno, C. E., & Lafuente Solorzano, F. O. (2017). Desarrollo e implementación de un sistema automático en la máquina estampadora marca Insta modelo 215 para aumentar la producción textil ocupando tecnologías actuales de automatización. Quito: Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Facultad de Ciencias del Desarrollo, Escuela de Ingeniería Electrónica. 75p.
- León Llanos, K. A., & Ruidíaz Lara, M. C. (2018). Diseño y construcción de un prototipo inyector de electrolito necesario en el proceso de fabricación de baterías para vehículos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. 47p.
- Maroto, G. (2019, 2 de junio). Instalación básica de neumática y Arduino. Cómo se controla [Video]. YouTube. 8:46 minutos. <https://www.youtube.com/watch?v=DdvLAXfuNpY>
- Meneses, J. (2020). *Automatización industrial*.
- Parker Hannifin Corporation. (2003). *Tecnología neumática industrial*. 69-89. [Consultado el 29 de noviembre de 2022].