

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA EMPACAR VENDAS DE  
ALGODÓN ORTOPÉDICAS DE DIFERENTES TAMAÑOS**

**Autor:**

**DAVID RICARDO SUÁREZ ALZA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA – UNAB  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO- MECÁNICAS  
PROGRAMA INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BUCARAMANGA**

**2021**

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA EMPACAR VENDAS DE  
ALGODÓN ORTOPÉDICAS DE DIFERENTES TAMAÑOS**

**DAVID RICARDO SUÁREZ ALZA**

**TESIS DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO**

**DIRECTOR:  
M.Sc. HERNANDO GONZÁLEZ ACEVEDO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA – UNAB  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO- MECÁNICAS  
PROGRAMA INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BUCARAMANGA  
2021**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

Trabajo de grado titulado “Diseño de una máquina automatizada para empacar vendas de algodón ortopédicas de diferentes tamaños”, presentado por el estudiante David Ricardo Suárez Alza para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica.



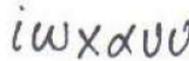
---

M.Sc. Hernando González Acevedo  
Director



---

Dr. Carlos Julio Arizmendi Pereira  
Evaluador



Firmado digitalmente por Johann Barragán Gómez  
Nombre de reconocimiento (DN):  
cn=Johann Barragán Gómez, o=UNAB,  
ou=Ingeniería Mecatrónica,  
email=jbarragan262@unab.edu.co, c=CO  
Fecha: 2021.03.06 20:17:33 -05'00'

---

M.Sc Johann Barragán Gómez  
Evaluador

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios, por acompañarme, guiarme y bendecirme todos los días. A mi familia, padres y hermana por haberme proporcionado la mejor educación, lecciones de vida y por haberme enseñado que, con esfuerzo, trabajo y disciplina todo se puede lograr, sin ustedes no hubiese sido posible, este logro es dedicado principalmente a ustedes.*

*Este proyecto ha sido posible por la colaboración de muchas personas que me han brindado su ayuda, sus conocimientos y su apoyo. Quiero agradecerles a todos ellos cuanto han hecho por mí, para que este trabajo saliera adelante de la mejor manera posible, a la familia Dispromed, al director del proyecto grado M.Sc. Hernando González Acevedo, gracias por su incondicional apoyo, por compartir sus conocimientos y enseñanzas, al comité de evaluadores por su comprensión.*  
*Gracias.*

*David Ricardo Suárez Alza*

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	17
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	18
2. OBJETIVOS .....	19
2.1 Objetivo general .....	19
2.2 Objetivos específicos.....	19
3. TIPOS DE MAQUINARIA PARA EMPACADO, CORTE Y ENROLLADO .....	20
3.1 Máquinas de corte y enrolladoras industriales .....	20
3.1.1 Corte.....	20
3.1.2 Enrollado.....	20
3.2 Máquinas empacadoras industriales .....	21
3.2.1 Empacado.....	21
3.3 Clasificación de materia prima y materiales .....	22
4. DISEÑO MECÁNICO .....	23
4.1 Diseño etapa de enrollado .....	23
4.2 Diseño mecanismo guía.....	25

4.3	Diseño etapa de corte .....	26
4.4	Diseño etapa de empaque .....	27
4.5	Estudio de elementos finitos.....	30
5	INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.....	34
5.4	Neumática.....	34
5.5	Electroneumática .....	34
5.6	Elementos básicos de un sistema neumático .....	34
5.6.1	Compresores.....	34
5.6.2	Unidad de mantenimiento .....	35
5.6.3	Silenciador.....	36
5.6.4	Cilindro neumático redondo y compacto doble efecto (actuador) .....	36
5.6.5	Electroválvulas 5/2.....	37
5.6.6	Racor regulador de flujo.....	38
5.6.7	Acople y manguera .....	38
5.7	Ensamble de sistema neumático.....	38
5.8	Ensamblajes actuadores neumáticos .....	39
5.9	Caja de control.....	39

5.10	Componentes electrónicos.....	40
5.10.1	Fuente 12V 5 amperios .....	40
5.10.2	Driver puente H L298N .....	41
5.10.3	Módulo de Optoacopladores 817 C 4 canales.....	41
5.10.4	Motorreductor con encoder (Actuador) .....	42
5.10.5	Sensor inductivo PNP .....	43
5.11	Componentes circuito control de temperatura.....	44
5.11.1	Controlador de temperatura PID REX-c100.....	44
5.11.2	Termocupla tipo K .....	44
5.11.3	Relé de estado sólido SSR .....	45
5.11.4	Resistencia eléctrica .....	45
5.12	PLC.....	48
5.12.1	Módulo de expansión .....	48
6	CIRCUITOS DE LA MÁQUINA .....	49
6.4	Circuito de los botones pulsadores .....	49
6.5	Circuito electroneumático .....	49
6.6	Circuito potencia de los motores .....	50
6.7	Circuito control de temperatura.....	50

7	DIAGRAMA DE FLUJO DE LA LÓGICA SECUENCIAL .....	51
8	VALIDACIÓN DEL DISEÑO DE LA MÁQUINA.....	55
9	CONCLUSIONES.....	61
10	RECOMENDACIONES .....	62
11	BIBLIOGRAFÍA.....	63
12	ANEXOS.....	65
	TIA portal (Totally Integrated Automation Portal) .....	65
	Programación TIA portal.....	66
	Ensamble caja de control y caja circuito electrónico de los motores en SolidWorks. ....	70
	Cotización cuello formador .....	71

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Resultados de la simulación de la estructura .....	30
Tabla 2. Resultados de la simulación arrastre de la venda .....	31
Tabla 3. Resultados de la simulación eje de la bolsa.....	31
Tabla 4. Resultados de la simulación eje resistencia horizontal.....	32
Tabla 5. Resultados de la simulación del tornillo enrollador .....	32
Tabla 6. Resultados de la simulación del eje arrastre de la bolsa.....	33
Tabla 7. Especificaciones técnicas de los cilindros neumáticos redondos y compactos .....	37
Tabla 8. especificaciones técnicas de las electroválvulas 5/2.....	37
Tabla 9. Características puente H L298N.....	41
Tabla 10. Características de modulo optoacoplador.....	42
Tabla 11. Características motorreductor.....	43
Tabla 12. Especificaciones técnicas del controlador de temperatura. ....	44
Tabla 13. Especificaciones técnicas de la termocupla.....	45

Tabla 14. especificaciones técnicas de relé estado sólido (SSR)..... 45

## LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Diseño mecánico virtual de máquina. Vista isométrica .....	23
Figura 2. Diseño etapa de enrollado diseño virtual en software SolidWorks.....	24
Figura 3. Carrera cilindro neumático de enrollado.....	24
Figura 4. Diseño etapa de enrollado diseño virtual en software SolidWorks.....	25
Figura 5. Etapa mecanismo guía virtual en el software SolidWorks.....	25
Figura 6. Carrera cilindros neumáticos mecanismo guía.....	26
Figura 7. Diseño de las cuchillas superior e inferior. ....	26
Figura 8. Carrera cilindro corte. ....	27
Figura 9. Diseño etapa de corte virtual en el software SolidWorks. ....	27
Figura 10. Diseño etapa de corte virtual en el software SolidWorks. ....	27
Figura 11. Etapa de empaque virtual. Vista frontal .....	28
Figura 12. Etapa de empaque virtual. Vista isométrica.....	28

Figura 13. Diseño tubo y cuello formador.....	29
Figura 14. Selección cilindro neumático sellado horizontal.....	29
Figura 15. Deformación de la estructura .....	30
Figura 16. Deformación del eje del rodillo de arrastre de la venda.....	31
Figura 17. Deformación eje de la bolsa.....	31
Figura 18. Deformación eje soporte resistencia horizontal .....	32
Figura 19. Deformación tornillo enrollador.....	32
Figura 20. Deformación eje arrastre de la bolsa.....	33
Figura 21. Compresor.....	35
Figura 22. Unidad de mantenimiento .....	35
Figura 23. Silenciador.....	36
Figura 24. Cilindro neumático redondo.....	36
Figura 25. Cilindro neumático compacto .....	36
Figura 26. Electroválvula 5/2. ....	37

Figura 27. Racor con regulador de caudal.....	38
Figura 28. Acoples rápidos y manguera de aire .....	38
Figura 29. Ensamble banco de electroválvulas.....	39
Figura 30. Ensamblados actuadores neumáticos .....	39
Figura 31. Caja de control .....	39
Figura 32. Ensamble PLC en la caja de control .....	40
Figura 33. Botones pulsadores.....	40
Figura 34. Fuente 12 VDC 5A.....	40
Figura 35. Puente H L298N.....	41
Figura 36. Módulo optoacoplador 817C 4 canales.....	42
Figura 37. Motorreductor con encoder .....	42
Figura 38. Sensor inductivo de proximidad.....	43
Figura 39. Controlador de temperatura REX-c100.....	44
Figura 40. Termocupla tipo K .....	44

Figura 41. Relé de estado sólido SSR.....	45
Figura 42. Resistencias eléctricas tipo cartucho de alta concentración. ....	46
Figura 43. PLC S7-1200 CPU 1215 DC/DC/DC .....	48
Figura 44. Módulo de expansión SM1222 PLC 1200 .....	48
Figura 45. Circuito de los botones pulsadores.....	49
Figura 46.Circuito electroneumático .....	49
Figura 47. Circuito de los motores .....	50
Figura 48. Circuito control de temperatura. ....	50
Figura 49. Validación máquina empacadora .....	55
Figura 50. Enrollado de vendas de diferentes tamaños. ....	55
Figura 51. Diseño de la cuchilla superior. ....	56
Figura 52. Diseño de la cuchilla inferior. ....	57
Figura 53.Resultado esperado del rediseño de la etapa de corte. ....	57
Figura 54. Forma y dimensiones de la bolsa. ....	58

Figura 55. Desarrollo de la aleta formadora de la tolva .....	58
Figura 56. controladores de temperatura .....	59
Figura 57. Empaque vendas de algodón ortopédicas.....	59
Figura 58. Crear programa TIA Portal. ....	65
Figura 59. Configuración de dispositivo. ....	65
Figura 60. Configuración IP dispositivo.....	66
Figura 61. Activar PTO/PWM, HSC y marcas de ciclo del sistema. ....	66
Figura 62. Asignar variables.....	67
Figura 63. Habilitar puertos PWM .....	67
Figura 64. Habilitar contador rápido HSC, lectura del encoder .....	67
Figura 65. Condiciones reinicio encoder.....	68
Figura 66. Sensor de proximidad.....	68
Figura 67. Inicio de secuencia. ....	68
Figura 68. Activación salidas digitales.....	69

Figura 69. Encendido y apagado de los motores .....	69
Figura 70. Ensamble caja de control y caja circuito electrónico en SolidWorks .....	70
Figura 71. Diseño caja de control y caja de circuito electrónico en SolidWorks .....	70

## **INTRODUCCIÓN**

La compañía Dispromed MK SAS tiene como objetivo automatizar la línea de empaque de vendas de algodón ortopédica con el fin de reducir el tiempo de operación, bajar los costos en mano de obra y aumentar cantidad de producción, por este motivo el proyecto de investigación va dirigido a diseñar una máquina automatizada para empacar vendas de algodón ortopédicas de diferentes dimensiones en bolsas plásticas.

Para el desarrollo del proceso de empaque la empresa suministra la materia prima en rollos de venda de 250 metros con diferentes anchos de 3", 4", 5", 6" y rollos de bolsa plástica de 4,5 metros ya estampada con el logo, para seguir con el proceso en la primera estación procede a enrollar la venda hasta llegar a una longitud de 5 yardas, de esta manera se lleva a cabo el corte para así ser transportada la venda ya enrollada hasta la estación de sellado para obtener el producto final para ser empacado.

Para facilitar y agilizar los procesos de fabricación las empresas tienen la necesidad de adquirir maquinaria moderna, autónomas y en lo posible que no intervenga más de un operador humano, obteniendo como resultado un aumento en la producción sin que exista pérdidas de materia prima y de tiempo.

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El desarrollo del presente trabajo de grado es automatizar el proceso de empaque vendas de algodón ortopédicas de diferentes dimensiones en bolsas plásticas en la industria de productos médicos.

El proceso de empaque que actualmente desarrolla Dispromed M.K. S.A.S es ejecutada por 3 operarios quienes están distribuidos en tres secciones, el operario 1 encargado de medir las 5 yardas de longitud de la venda para así ser enrollada, el operario 2 encargado del enrollado, el operario 3 encargado del sellado en bolsas plásticas. Este proceso es completamente manual.

La máquina diseñada en este proyecto de grado debe encargarse de realizar correctamente el proceso de empaque de las vendas de algodón ortopédicas que corresponde a medir las 5 yardas de longitud de la venda, proceso de enrollado y proceso de sellado, en forma automática, diferenciando entre las dimensiones de venda suministrada por la empresa. Esto con el fin de minimizar costos para la compañía y hacer que la mano de obra contratada pueda desempeñar una labor diferente para agilizar sus procesos de producción.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Diseñar una máquina automatizada para empacar vendas de algodón ortopédicas de diferentes dimensiones en bolsas plásticas.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Diseñar el mecanismo de la máquina para enrollar tiras de vendas de algodón ortopédicas de diferente ancho.
- Diseñar el mecanismo de la máquina para el corte de tiras de vendas de algodón ortopédicas para obtener secciones de 5 yardas de longitud.
- Diseñar el mecanismo de la máquina para empacar los rollos de 5 yardas de vendas ortopédicas en bolsas plásticas.
- Programar la lógica secuencial para automatizar la máquina empacadora.
- Validar máquina automatizada para empacar vendas de algodón ortopédicas de diferentes dimensiones en bolsas plásticas.

### **3. TIPOS DE MAQUINARIA PARA EMPACADO, CORTE Y ENROLLADO**

#### **3.1 Máquinas de corte y enrolladoras industriales**

Los sistemas de corte son una parte esencial para todos los procesos de producción y fabricación de cualquier producto en general, las materias primas se encuentran de forma irregular lo que impide darle un tratamiento directo sin que antes este pueda formarse o convertirse en una figura que permita y facilite iniciar el proceso de enrollado.

En la actualidad se encuentran muchas opciones de máquinas de corte y enrolladoras empezando por máquinas netamente mecánicas hasta tecnologías que por medio de áreas como las de ingeniería mecatrónica han dejado atrás diversos sistemas mecánicos, avanzando con el fin de optimizar dichos sistemas.

##### **3.1.1 Corte**

El corte a través del tiempo se ha venido implementando de diferentes formas que han evolucionado y transformado. Inicialmente se daba de forma manual pasando por mecanismos de corte simples y por último se han creado máquinas compuestas de sistemas mecánicos y electrónicos que ha permitido optimizar y automatizar los procesos de estas máquinas.

##### **Cortes convencionales**

- Estirado: consiste en colocar la materia prima en una plancha en donde los extremos están sujetos fuertemente y de esta manera realizar un corte por cuchilla.
- Destrozado: es un proceso por el cual la materia prima se somete a cortes imperfectos en donde se busca obtener medidas más pequeñas para un mejor manejo. Es un corte que se da sobre el perfil de pedazos o piezas que quedan procedentes del destrozado.
- Corte por presión: es un tipo de corte que se da a partir de troqueles los cuales están diseñados para dar un buen acabado.

##### **3.1.2 Enrollado**

Es un proceso en el cual la materia prima se enrolla sobre un eje giratorio, en el que es aplicado un torque dependiendo de las características del material, este puede ser cilíndrico, redondo, o de otra forma, haciendo que el material obtenga una forma cilíndrica con un

diámetro que depende de las tensiones generadas por unos rodillos externos. La velocidad del eje giratorio también es un factor importante en este proceso, puesto que de él depende que el proceso sea óptimo y eficiente.

### **3.2 Máquinas empacadoras industriales**

En la actualidad la industria utiliza de una manera muy considerable la tecnología de empaçado y es evidente que el empaque es de vital importancia, verificándose avances en la higiene y almacenamiento de los productos médicos también para hacer de este un eficiente negocio.

Las empacadoras son máquinas muy completas y con un alto grado de automatización, compuestas por componentes electrónicos, mecánicos, neumáticos, software, los cuales al interactuar conjuntamente garantizan un buen funcionamiento.

#### **3.2.1 Empacado**

Las maquinas empacadoras realizan todo el proceso por medio de Controladores Lógicos Programables (PLC), sistemas SCADAS. Siendo necesario un solo operador para que este pendiente del buen funcionamiento de la empacadora.

#### **Categorización de las máquinas empacadoras**

- **Máquina empacadora vertical**

Cuentan con una tolva, es sensado para poder controlar la cantidad del producto que se desee empaçar, los sensores utilizados se definen de acuerdo con el producto a empaçar. Además, cuenta con un tubo formador, por los cuales pasa el plástico dándole la forma que va a tener el empaque. Para que el plástico baje y se deslice por el tubo la maquina tiene un mecanismo conformado por un sistema de piñones, cadenas, un motorreductor y dos rodillos que empujan el plástico, produciendo una fricción permitiendo que el material del empaque se deslice sin tener ningún problema. La máquina desliza unas mordazas que están conformadas por resistencias de calor encargadas de sellar.

- **Máquina empacadora horizontal**

La máquina crea un tubo de plástico partiendo de una lámina flexible y el producto lo atraviesa hasta alcanzar una mordaza la cual determinara los límites del empaque. El material pasa por un túnel conformador y se suelda mediante unas ruedas de soldadura a la vez que el

producto a empaquetar es empujado por unas paletas distanciadas hasta alcanzar el tubo de plástico que se ha formado. Las paletas están coordinadas con el cierre de una mordaza giratoria puesta longitudinalmente, por lo tanto, el empaque tendrá las unas dimensiones determinadas dependiendo del producto.

Las empacadoras verticales y horizontales son las más comunes y las más utilizadas en la industria, Existen otros tipos de máquinas empacadoras como Máquinas termo conformadoras, Máquinas Blíster, Máquinas Skin pack y empacadoras al vacío.

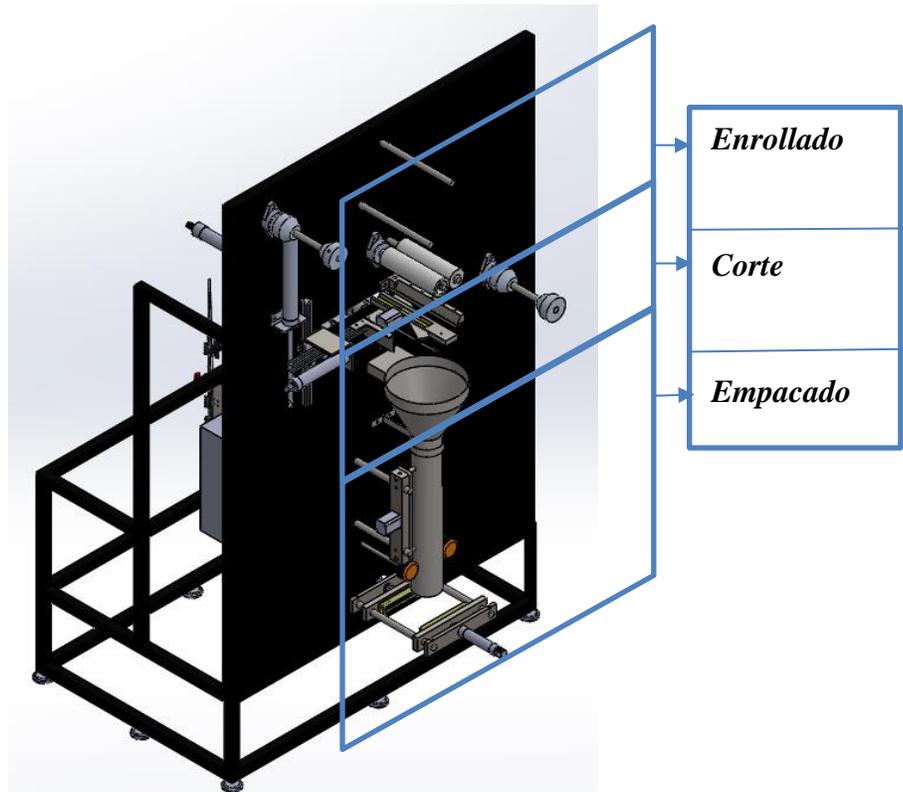
### **3.3 Clasificación de materia prima y materiales**

Según el decreto número 4725 de 2005 por el cual se reglamenta el régimen de registro sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano, el cual tiene por objeto, regular el régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria en lo relacionado con la producción, procesamiento, envase, empaque, almacenamiento, expendido, uso, importación, exportación, comercialización y mantenimiento de los dispositivos para uso humano, los cuales serán de obligatorio cumplimiento por parte de todas las personas naturales o jurídicas que se dediquen a dichas actividades en el territorio nacional.

Según el artículo 7° del decreto 4725 de 2005 Se realiza la clasificación de la materia prima dando como resultado que es un dispositivo médico de clase I siendo un dispositivo de bajo riesgo sujeto a controles generales no destinados para proteger o mantener la vida o para un uso de importancia especial en la prevención del deterioro de la salud humana y que no representan un riesgo potencial no razonable de enfermedad o lesión. Por esto para el del diseño de la máquina se deben utilizar materiales como: plásticos de ingeniería ya que reemplazan otros materiales por lo general metálicos con excelentes resultados y con grandes ventajas como menor peso, no se oxidan, bajo nivel de ruido, fácil mecanizado, más económicos, resistentes a la corrosión y acero inoxidable utilizado en la industria porque es higiénico presentando características como elevada resistencia a la corrosión, superficie totalmente compacta, elevada resistencia a choques y tensiones mecánicas, elevada resistencia a variaciones térmicas, ausencia de recubrimiento de fácil deterioro, no aporta partículas por desprendimiento, óptima capacidad de limpieza y en consecuencia, elevado grado de eliminación de bacterias.

## 4. DISEÑO MECÁNICO

Para llevar a cabo el proyecto planteado y cumplir con los objetivos propuestos anteriormente, se tiene en cuenta una serie de actividades entre las cuales está el diseño de tres etapas principales distribuidas de la siguiente manera:



*Figura 1. Diseño mecánico virtual de máquina. Vista isométrica*

### 4.1 Diseño etapa de enrollado

Se realiza una investigación para identificar las tecnologías existentes, una vez identificado el mecanismo se selecciona el sistema de enrollado para luego ser diseñado en el software Solid Works se hace una validación del mecanismo virtual para así tener el diseño final del mecanismo virtual.

Dado que la empresa suministra rollos de venda con una longitud de 250 metros se diseñó un mecanismo para enrollar la venda en rollos 5 yardas, el cual consta de dos ejes guías por los cuales pasará la venda ejerciendo una tensión mínima y un rodillo de arrastre con un torque y una velocidad que aseguran que no va a quebrar la venda. Al ver la figura 2, se puede

observar las varillas de dimensión 23,6 cm x 5/8" (Ver planos, eje loco) que mantienen la tensión en la venda.

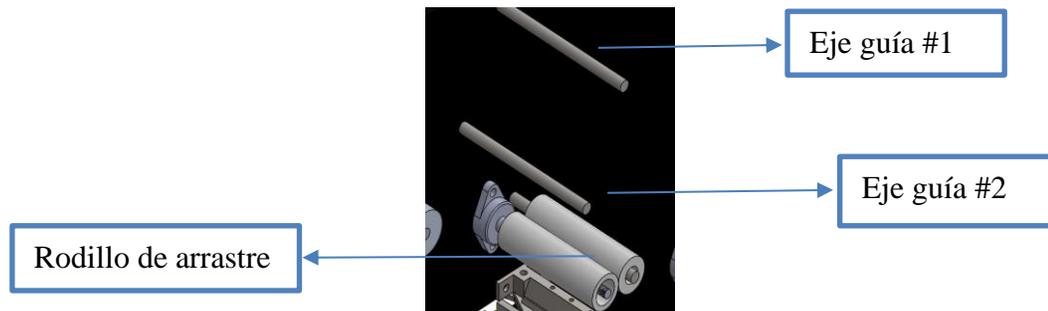


Figura 2. Diseño etapa de enrollado diseño virtual en software SolidWorks.

Para el diseño de este mecanismo se tiene como referencia la longitud del tipo de venda más ancha que para este caso es de 6", con base en esa medida se hace el diseño del tornillo enrollador que debe ser de un diámetro de 3/8", al cual se le hace un corte por hilo de 180 mm de largo por 4 mm ancho, para hacer la forma de tenedor y asegurar un buen proceso de enrollado (Ver planos, tornillo enrollador) el cual va acoplado al eje del motorreductor DC con encoder (Ver tabla 11), quien cumple con la función de dar el movimiento giratorio y a su vez sensor la longitud de 5 yardas de la venda. La carrera del cilindro neumático como se observa en la figura 3 es la encargada de garantizar que el tornillo enrollador realice correctamente el desplazamiento lineal para que la venda entre al proceso de enrollado. De acuerdo con estas dimensiones tanto del tornillo enrollador como del cilindro neumático para este mecanismo se diseñan las demás piezas. Ver figura 4.

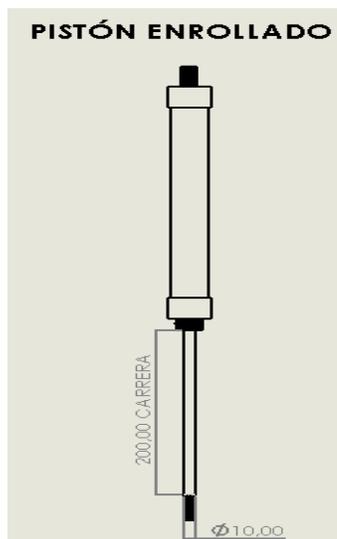


Figura 3. Carrera cilindro neumático de enrollado.

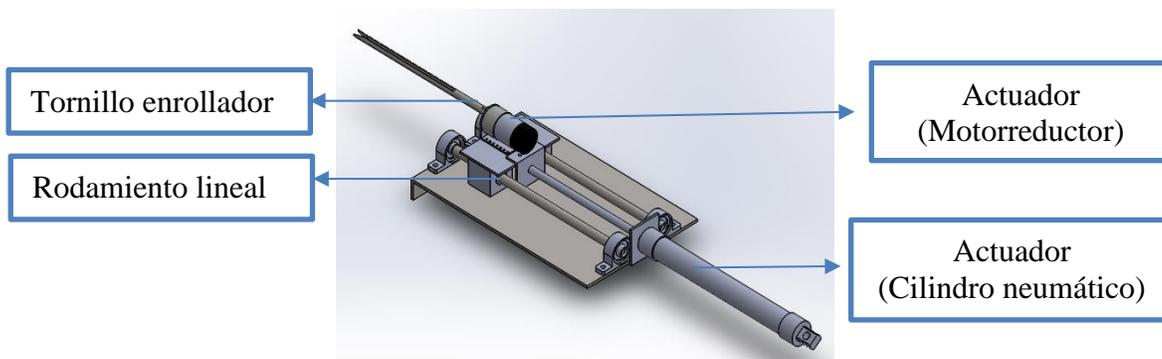


Figura 4. Diseño etapa de enrollado diseño virtual en software SolidWorks

#### 4.2 Diseño mecanismo guía

El diseño consta de dos cilindros neumáticos encargados de desplazar las pinzas vertical y horizontalmente a la posición adecuada para asegurar que la posición de la venda sea la correcta, y así se garantiza que el proceso pueda entrar a la etapa de enrollado, con un cilindro neumático compacto horizontal que se activa las pinzas, las cuales presan la lámina de venda mientras se hace todo el desplazamiento vertical y horizontal.

Para este mecanismo se tiene en cuenta las distancias que debe tener el recorrido de las pinzas y de esta manera se seleccionan los cilindros neumáticos con su respectiva carrera para asegurar que la lámina de venda entre en la posición correcta, de acuerdo con las longitudes que se muestran en la figura 5, se tienen las diferentes carreras de los cilindros neumáticos utilizados en esta etapa. Ver figura 6.

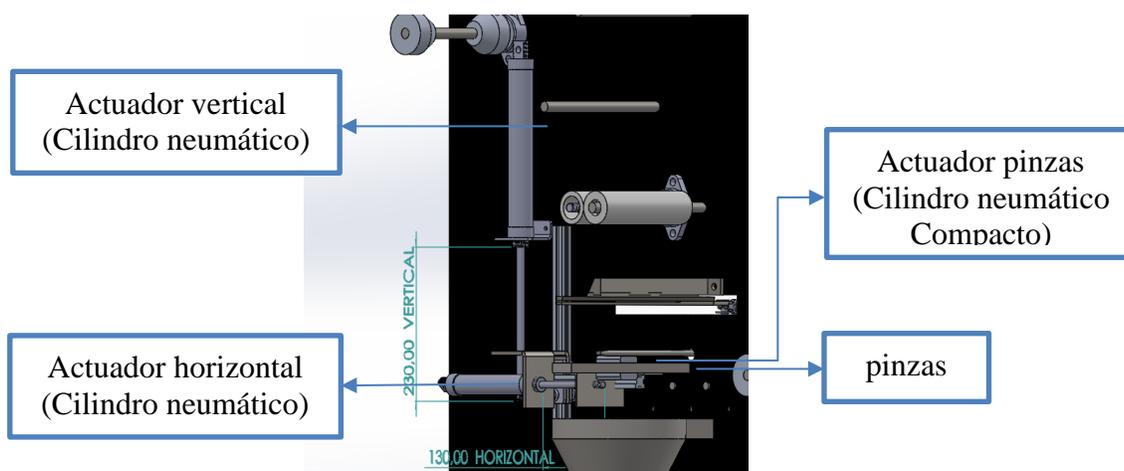


Figura 5. Etapa mecanismo guía virtual en el software SolidWorks.

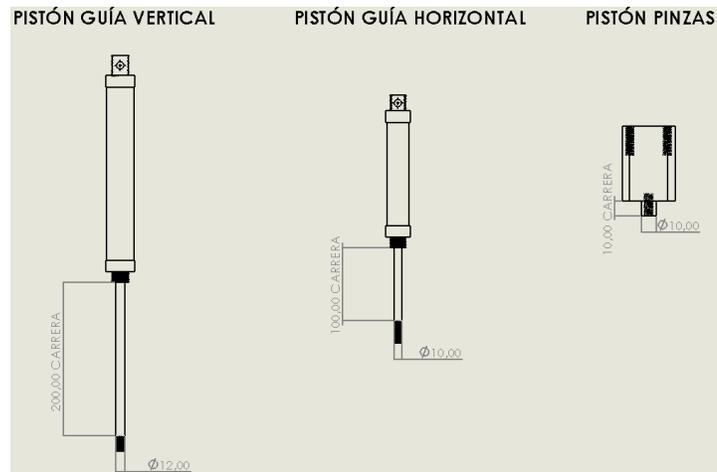


Figura 6. Carrera cilindros neumáticos mecanismo guía.

### 4.3 Diseño etapa de corte

Una vez terminada las etapas de enrollado y mecanismo guía se procede a diseñar la etapa de corte para el cual se realiza una investigación para identificar las tecnologías existentes: corte laser, corte con hebra metálica recalentada, corte prensa, corte tijera, corte por rasgadura producida por estiramiento, entre otras. Una vez identificado el mecanismo se seleccionó el sistema de corte por tijera industrial debido al corte limpio sin comprometer la higiene del producto o posibles problemas con la ignición de este, para luego ser diseñado en el software SolidWorks, se hace una validación del mecanismo virtual para así tener el diseño final de la etapa.

Para el diseño de esta etapa se diseñan las cuchillas superior e inferior teniendo en cuenta las dimensiones resultantes del mecanismo, la cuchilla inferior se confecciona con unas dimensiones de 238 mm de largo por 30 mm de ancho y la cuchilla superior de 206 mm de largo por 30 mm de ancho, el ángulo de ataque de  $60^\circ$  y un espesor de 3 mm para realizar el respectivo proceso corte, Ver figura 7.

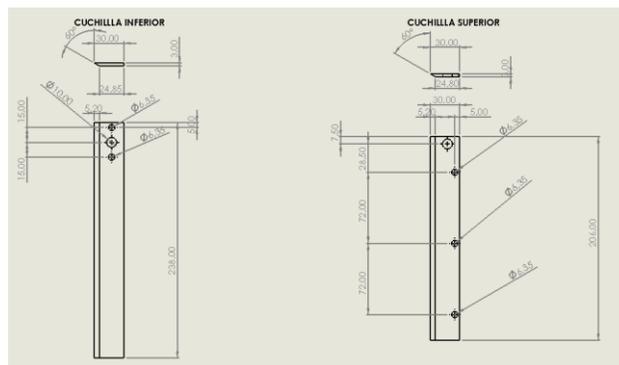


Figura 7. Diseño de las cuchillas superior e inferior.

Para garantizar un buen proceso de corte se diseñan los respectivos soportes de las cuchillas según las dimensiones (Ver en planos, soporte cuchilla superior e inferior), una vez se tienen estos diseños se procede a seleccionar la carrera del cilindro neumático de corte, como se observa en la figura 8, se hace un desplazamiento de 90° de la cuchilla inferior con respecto a la cuchilla superior lo cual indica que el cilindro de corte debe tener una carrera de 100 mm.

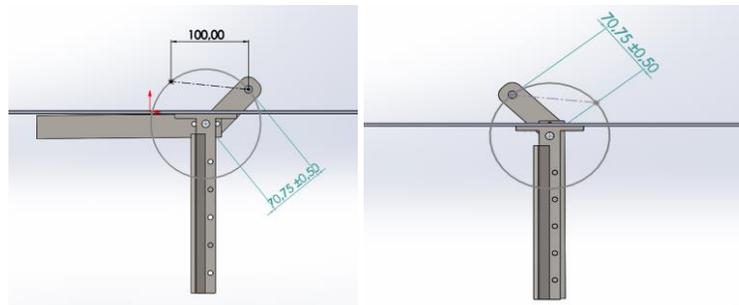


Figura 8. Carrera cilindro corte.

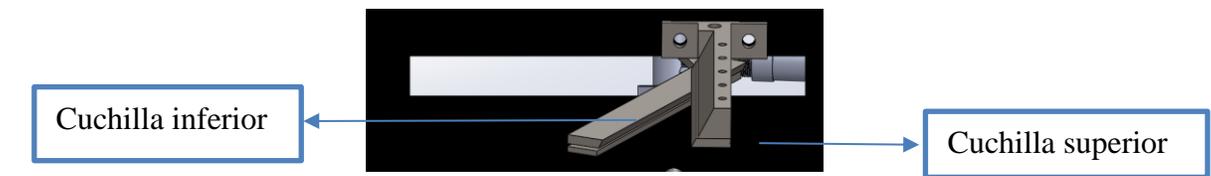


Figura 9. Diseño etapa de corte virtual en el software SolidWorks.

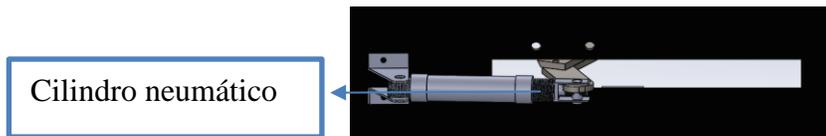


Figura 10. Diseño etapa de corte virtual en el software SolidWorks.

#### 4.4 Diseño etapa de empaque

Posteriormente se tiene el rollo de venda de 5 yardas y el empaque de rollos de 4.5 metros de bolsa plástica (medida garantizada por configuraciones de tiempo de accionamiento del motor) se procedió a diseñar el mecanismo de empaque para el cual se realiza una investigación para identificar las tecnologías existentes, de las cuales se tienen: empaquetado manual, empaquetado en bolsas de encogimiento térmico, empaquetado en bolsas prefabricadas mediante banda transportadora y dosificación, empaquetado en tubo y dosificación al tiempo. Una vez identificado el mecanismo de empaquetado en tubo y dosificación al tiempo gracias, al descarte de los demás sistemas de empaquetado por problemas de temperatura y no viabilidad en la implementación, se selecciona el sistema de

empaques para luego ser diseñados en el software SolidWorks. Se hace una validación del mecanismo virtual para así tener el diseño final del mecanismo, este proceso será de manera vertical para aprovechar la gravedad a la hora de la caída de la venda previamente enrollada y cortada, este proceso se hace por medio de unas resistencias de térmicas para así garantizar el proceso de sellado de la bolsa plástica tanto vertical como horizontalmente, la lámina de bolsa de polipropileno toma la forma cilíndrica en el cuello formador para recibir la venda enrollada en él tubo formador la cual comparte la misma forma cilíndrica. Para el accionamiento del mecanismo de las resistencias se utilizan dos cilindros neumáticos para el sellado horizontal y un cilindro para el sellado vertical. Ver figuras 11 y 12.

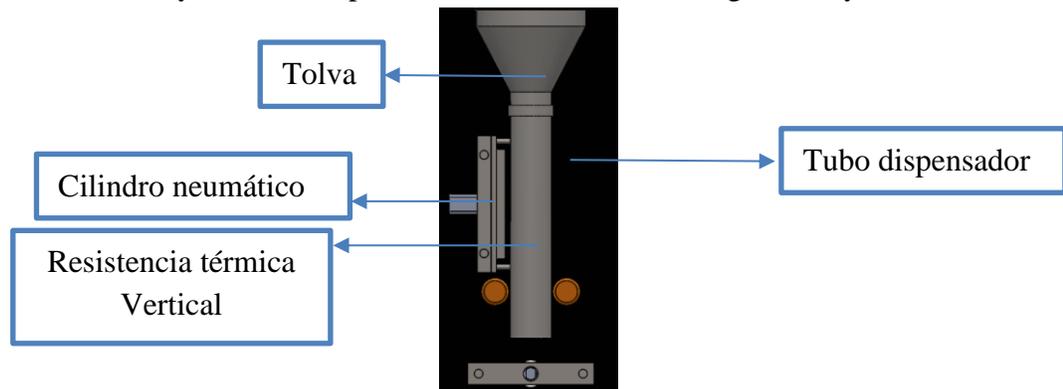


Figura 11. Etapa de empaque virtual. Vista frontal

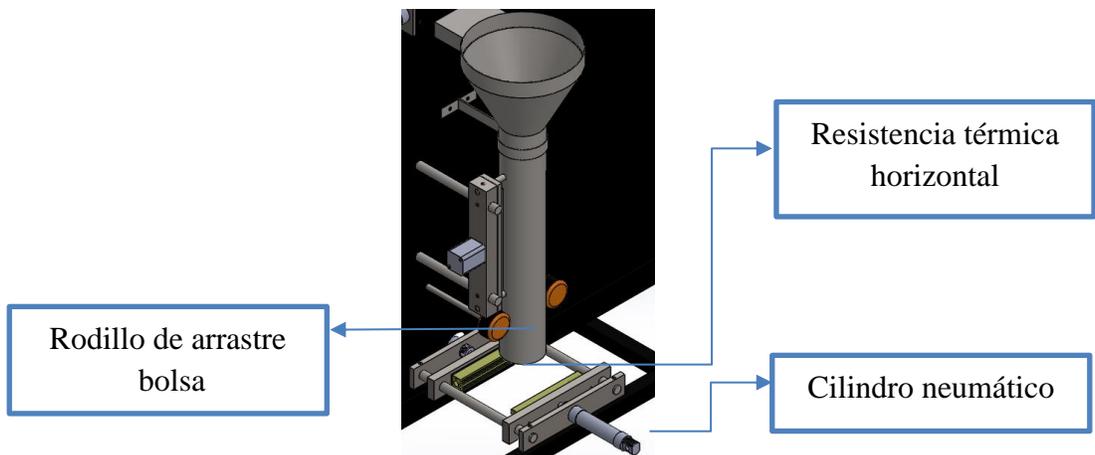
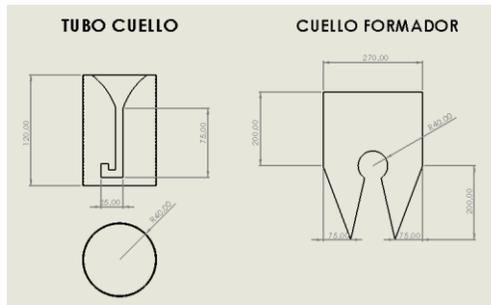


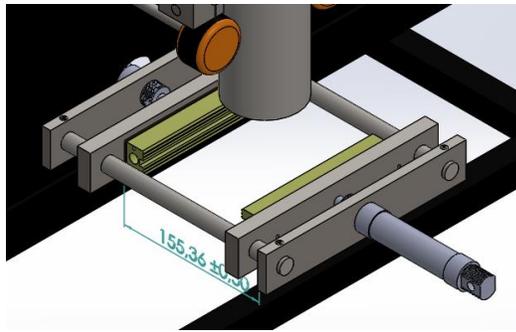
Figura 12. Etapa de empaque virtual. Vista isométrica

Para el diseño del cuello formador se tiene como principal criterio el diámetro del tubo dispensador de la venda con 75 mm y con un desarrollo de 235, donde el perímetro de la bolsa que se debe utilizar es de 250 mm, para un traslape de sellado de 15 mm. Para la formar todo el mecanismo del formador de la bolsa se debe moldear la pieza del cuello formador y luego unirla con soldadura al respectivo cuello.



*Figura 13. Diseño tubo y cuello formador.*

Para seleccionar los cilindros neumáticos de sellado se tiene en cuenta la distancia de los soportes de las mordazas adicionalmente se debe tener en cuenta un material aislante de calor (baquelita) esto con el fin de proteger los cilindros del calor puesto que vienen diseñados para una temperatura máxima de 80°C. La carrera de los cilindros para esta parte el proceso de sellado horizontal es de 50 mm para cada uno y para el cilindro del sellado vertical es de 10 mm. Ver figura 14.



*Figura 14. Selección cilindro neumático sellado horizontal.*

Para el sellado horizontal y vertical se selecciona la resistencia eléctrica en base a la temperatura de operación (Max 170 °C) y la facilidad de montaje con las mordazas, para lo cual se utiliza la resistencia tipo cartucho de alta concentración, mismas ideales en aplicaciones como estampado en caliente, equipos de empaque, selladoras de bolsas y permiten operar a una más temperatura de 820 °C.

Para el control de temperatura en la maquina empacadoras de sistemas de sellado vertical y horizontal, se emplea controles de temperatura PID, que permiten estabilizar la temperatura previamente ingresada según el material de empaque. Para lo cual se adquirió un Temperature Controller REX c100, mismo que utiliza termocuplas tipo K, para la lectura de la temperatura, permitiendo que el sistema de sellado sea óptimo.

## 4.5 Estudio de elementos finitos

Es importante en todo diseño tener como soporte, un software para analizar las piezas o elementos críticos, por tal razón en este capítulo se analizan las deformaciones que se generan en la estructura. Se realizó el análisis por elementos finitos mediante simulaciones usando el software COMSOL Multiphysics.

Las piezas analizadas fueron la estructura que soporta todos los elementos, actuadores y sensores para conocer las deformaciones debido a todo el peso soportado. También se analizaron las varillas que se encuentran en voladizo para determinar los esfuerzos y deformaciones a los cuales están sometidos.

La estructura de la máquina está fabricada con un perfil cuadrado de 25mm por 25 mm x 1,6. Se Utiliza este tipo de perfil porque es el más comercial y da buena robustez para garantizar que la estructura resista la carga a la que es sometida. El material de la estructura es de acero AISI 1020, bastante comercial y común en la fabricación de estructuras de acero. Para el análisis de la estructura se tiene en cuenta todas las cargas que los componentes de la máquina, los cuales realizan una fuerza sobre la estructura, las propiedades de masa del ensamble final de la máquina empacadora de vendas de algodón ortopédicas es de 154 kg, de esta manera se podrán determinar las deformaciones a las que está sometida la estructura y poder definir si el calibre elegido es capaz de soportar las cargas o si por el contrario necesita un rediseño. Ver figura 15. (Casallas, Luengas, & Balaguera, 2012)

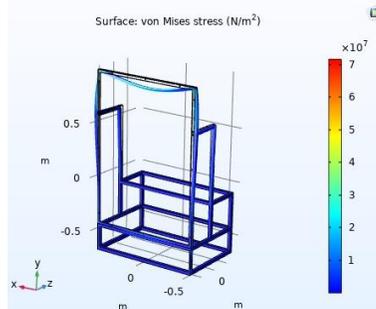


Figura 15. Deformación de la estructura

Tabla 1. Resultados de la simulación de la estructura

Esfuerzo máximo	93 Mpa
deformación máxima	1.2mm
Factor de seguridad	2,516129

Estudio elementos finitos del eje del rodillo de arrastre de la venda, la pieza está mecanizada sobre un eje de 5/8 de pulgada y el material es de acero AISI 304, bastante comercial. Los

resultados arrojan una deformación de 0,1 mm lo cual está dentro del factor de seguridad. Ver figura 16.

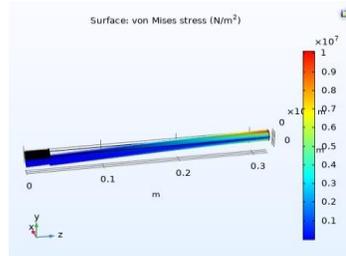


Figura 16. Deformación del eje del rodillo de arrastre de la venda

Tabla 2. Resultados de la simulación arrastre de la venda

Esfuerzo máximo	12 Mpa
Deformación máxima	0.1mm
Factor de seguridad	17,16667

Estudio elementos finitos para rodillo de eje de la bolsa, la pieza está mecanizada sobre un eje de 5/8 de pulgada y el material es de acero AISI 304, bastante comercial. Los resultados arrojan una deformación de 0,2 mm lo cual está dentro del factor de seguridad. Ver figura 17.

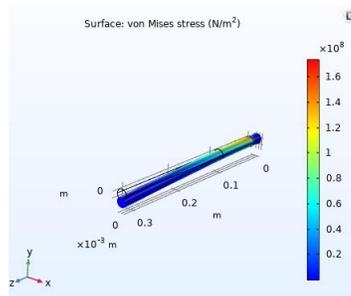


Figura 17. Deformación eje de la bolsa

Tabla 3. Resultados de la simulación eje de la bolsa

Esfuerzo máximo	179 Mpa
Deformación máxima	0.2mm
Factor de seguridad	1,150838

Estudio elementos finitos para el eje de soporte de resistencia horizontal, la pieza está mecanizada sobre un eje de 5/8 de pulgada y el material es de acero AISI 304, bastante comercial y fácil mecanizado. Los resultados arrojan una deformación de 0,4 mm lo cual está dentro del factor de seguridad. Ver figura 18.

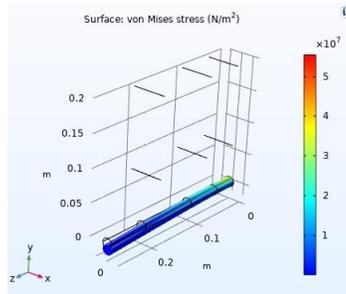


Figura 18. Deformación eje soporte resistencia horizontal

Tabla 4. Resultados de la simulación eje resistencia horizontal

Esfuerzo máximo	93 Mpa
Deformación máxima	0.4mm
Factor de seguridad	2,215054

Estudio elementos finitos para el tornillo enrollador, la pieza está mecanizada sobre un eje de 3/8 de pulgada y el material es de acero AISI 304, bastante comercial y fácil mecanizado. Los resultados arrojan una deformación de 0,6 mm lo cual está dentro del factor de seguridad. Ver figura 19.

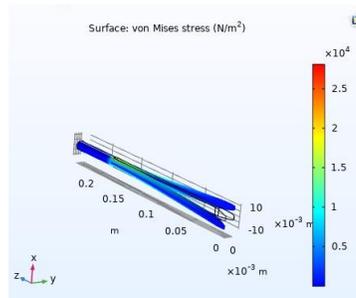


Figura 19. Deformación tornillo enrollador

Tabla 5. Resultados de la simulación del tornillo enrollador

Esfuerzo máximo	78 Mpa
Deformación máxima	0.6mm
Factor de seguridad	2,641026

Estudio elementos finitos para el eje de arrastre de la bolsa, la pieza está mecanizada sobre un eje de 3/8 de pulgada y el material es de acero AISI 304, bastante comercial y fácil mecanizado. Los resultados arrojan una deformación de 0,2 mm lo cual está dentro del factor de seguridad. Ver figura 20.

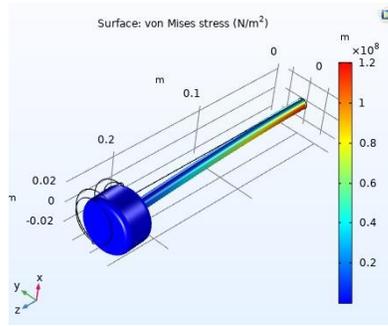


Figura 20. Deformación eje arrastre de la bolsa

Tabla 6. Resultados de la simulación del eje arrastre de la bolsa

Esfuerzo máximo	129 Mpa
Deformación máxima	0.2mm
Factor de seguridad	1,596899

## **5 INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL**

Para la automatización de la máquina se hace necesaria la implementación de una fase de control e instrumentación que permitirán programar un código de ejecución para facilitar el paso a paso en el proceso de empaqueo de las vendas. Dentro de estas etapas se considera necesario el uso de un sistema electroneumático para el movimiento lineal de los componentes, un sistema rotativo para el enrollado de las vendas y un control de temperatura para el sellado de las bolsas.

### **5.4 Neumática**

Es una tecnología que emplea un gas (normalmente aire comprimido) como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. Los circuitos neumáticos están formados por una serie de elementos que tienen la función de la creación de aire comprimido, su distribución y control para efectuar un trabajo útil por medio de unos actuadores llamados cilindros.

### **5.5 Electroneumática**

La electroneumática es una técnica de la automatización en la que la energía eléctrica es quien sustituye a la energía neumática en los sistemas de control y mando, es una técnica avanzada para control y optimización en automatizaciones de todo tipo.

### **5.6 Elementos básicos de un sistema neumático**

#### **5.6.1 Compresores**

Son máquinas encargadas de elevar la presión del aire que absorben de la atmosfera donde se comprime y entrega a una presión más elevada, trasformando así la energía mecánica en energía neumática.

En el funcionamiento de un compresor aparece implicadas dos magnitudes:

- La presión que se comunica el aire.
- El caudal que es capaz de proporcionar.

Basado en las características de los cilindros y apoyándose en su activación secuencial, se tiene una presión de trabajo de 30 psi, por lo tanto, para un factor de seguridad de 2 más pérdidas del 5%:

$$\begin{aligned} \text{Presión de trabajo} &= (P_c + (P_c * \%Perdidas)) * fs & (1) \\ \text{Presión de trabajo} &= (31,72 + (31,72 * 0,05)) * 2 \\ \text{Presión de trabajo} &= (31,72 + 1,586) * 2 \\ \text{Presión de trabajo} &= 66,61 \text{ [psi]} \end{aligned}$$



Figura 21. Compresor

### 5.6.2 Unidad de mantenimiento

Es el equipo encargado de acondicionar el aire de la instalación neumática para posterior utilización en los elementos de trabajo. Es la combinación de 3 elementos filtro de aire comprimido, válvula reguladora de presión en la entrada de la instalación de aire y lubricador de aire formando un solo conjunto. Para la selección de este elemento se requiere una válvula reguladora de presión para tarar a 30 psi.



Figura 22. Unidad de mantenimiento

### 5.6.3 Silenciador

Reduce el ruido cuando se expulsa aire a la atmosfera. Para este elemento se necesita uno con la rosca adecuada para el banco de electroválvulas.



Figura 23. Silenciador

### 5.6.4 Cilindro neumático redondo y compacto doble efecto (actuador)

En este tipo de cilindro el esfuerzo neumático se realiza en ambos sentidos, teniendo dos entradas de aire comprimido una para movimiento de avance y el otro para el retroceso. A partir del diseño mecánico de la tijera que corta la venda se determinó un desplazamiento total necesario de 100 mm con una presión de trabajo de 30 psi. también se determinó una dimensión del área anular de 25 mm de diámetro para poder efectuar el accionamiento de la pieza de corte con la fuerza necesaria de: 14 N. Estas configuraciones se utilizaron de igual manera para el cilindro compacto el cual necesita menos potencia y menor carrera.

$$\begin{aligned}F_{tijera} &= 14 \\F_{tijera} &= P_c * A_{tijera} * r_{cuchilla} \\14 &= P_c * 0,00008 * 0,08 \\P_c &= \frac{14}{0,0008 * 0,08} = 31,72 [psi]\end{aligned}\tag{4}$$



Figura 24. Cilindro neumático redondo



Figura 25. Cilindro neumático compacto

Tabla 7. Especificaciones técnicas de los cilindros neumáticos redondos y compactos

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Fluido	Aire
Movimiento	Simple acción, Doble acción
Presión Comprimida	1.35MPa
Max. Presión Comprimida	0,9 MPa – 130 psi
Min. Presión Comprimida	0.1 MPa – psi
Temperatura de Trabajo	-5 a 70° C
Velocidad de Operación	30 800mm/s
Amortiguación	Amortiguación en goma

### 5.6.5 Electroválvulas 5/2

La electroválvula biestable conmuta al aplicar tensión en una bobina y al retirar la señal mantiene su estado de conmutación hasta la siguiente señal. Ver figura 26. Por tanto, se selecciona basado en el voltaje de accionamiento de las bobinas, los racores de 1/4” y una presión de trabajo mayor a la de los cilindros, pero menor a la del compresor. además, se necesitó que fuese de 5/2 posiciones para garantizar la secuencia lógica.



Figura 26. Electroválvula 5/2.

Tabla 8. especificaciones técnicas de las electroválvulas 5/2.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Posición y forma	Doble efecto
Fluido	Aire
Función	Tratamiento del Aire
Patrón de movimiento	Vástago de guía
Presión laboral	0.15-0.8Mpa
Resistencia máxima de presión	1.2MPa

Temperatura de funcionamiento	5-50°C
Consumo energético	AC.4.5VA DC.3W
Clase de alistamiento y protección	F Class.IP65
Mayor frecuencia de acción	5 ciclos/Seg
Tiempo de respuesta	0.05 Segundos
Voltaje	24VDC

### 5.6.6 Racor regulador de flujo

Los reguladores de caudal están diseñados para ajustar la velocidad del vástago del cilindro controlando el caudal de aire. Para la selección de este elemento se destacó las dimensiones del racor que es de M10 y el rango de presión de trabajo. Este componente se asemeja en funcionamiento a una llave de paso que se puede abrir o cerrar completamente.



Figura 27. Racor con regulador de caudal.

### 5.6.7 Acople y manguera

Los conectores Rápidos y la manguera de aire se utilizan para transportar el aire comprimido entre la unidad de mantenimiento, las electroválvulas y los cilindros neumáticos y de este modo hacer una fácil conexión en los circuitos electroneumáticos. Para la selección de estos elementos se tuvo en cuenta las dimensiones de conexión que son: M10 para los racores y 1/4" para la manguera. Con una presión máxima de 10 bar.



Figura 28. Acoples rápidos y manguera de aire

## 5.7 Ensamble de sistema neumático

El sistema consta de 7 electroválvulas 5/2, el ensamble de las electroválvulas se hace sobre un banco para organizar el circuito neumático y facilitar el cableado, para cada electroválvula se utilizan dos acoples rápidos y además un silenciador para el banco. Para la selección de

este elemento se necesita definir la cantidad de electroválvulas a utilizar y una presión de trabajo igual a la requerida por las electroválvulas.



*Figura 29. Ensamble banco de electroválvulas.*

### **5.8 Ensamblajes actuadores neumáticos**

El sistema consta de seis cilindros neumáticos redondos y dos compactos, para cada uno se utilizan dos racores reguladores de flujo para controlar la velocidad del vástago tanto de salida como, de entrada.



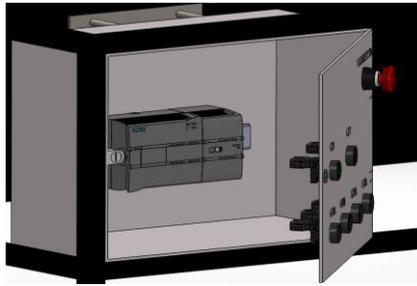
*Figura 30. Ensamblajes actuadores neumáticos*

### **5.9 Caja de control**

En las cajas de control existe variedad de componentes eléctricos y electrónicos los cuales son capaces de manejar alumbrados, máquinas e incluso procesos más complejos como lo son los industriales. Para el diseño se necesita especificar las posiciones de los botones que permitirán el control del proceso. Para tal fin se utilizan los elementos mostrados en la figura 33 que están dentro del estándar RETIE para instalaciones eléctricas. (Bolaños & Duarte, 2008)



*Figura 31. Caja de control*



*Figura 32. Ensamble PLC en la caja de control*



*Figura 33. Botones pulsadores*

Para el diseño se consideró el número de entradas y salidas digitales de la máquina, las mismas fueron cableadas a la caja control lo que da un fácil acceso y manipulación, se conectaron los pulsadores a las entradas digitales y las bobinas de las electroválvulas a las salidas digitales del PLC, para esta conexión se utilizó un conductor calibre 22 AWG, debido a la poca demanda de corriente.

## **5.10 Componentes electrónicos**

### **5.10.1 Fuente 12V 5 amperios.**

Es un dispositivo que se encarga de transformar la corriente alterna en corriente continua que es la que utilizan los dispositivos electrónicos.



*Figura 34. Fuente 12 VDC 5A*

### 5.10.2 Driver puente H L298N

Dispositivo para control de motores DC que tiene un bajo consumo de potencia y rápida respuesta para el cambio de velocidad o giro de los motores con una corriente de trabajo de 3A.

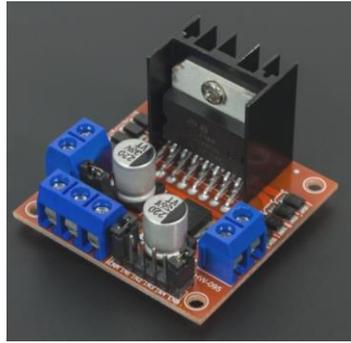


Figura 35. Puente H L298N

Tabla 9. Características puente H L298N

CARACTERISTICAS	
Rendimiento anti-interferencias	
Incluye regulador 78M05	
Doble puente H	
Incluye diodos de protección	
Alimentación placa	5V
Alimentación motores	Hasta 12V
Intensidad de trabajo	2A máximo 3A de pico
Máxima potencia	25 W

### 5.10.3 Módulo de Optoacopladores 817 C 4 canales

Permite una conexión eléctricamente aislada entre dos circuitos por cada canal que operan a distintos voltajes. El optoacoplador es un interruptor que es activado mediante luz infrarroja emitida por un diodo led hacia un fototransistor. Cuando esta luz es interrumpida o bloqueada por algún objeto el circuito se abre actuando como un interruptor abierto. Ya que se necesita una interfaz entre el PCL y los puentes H que son de 24V y 5V respectivamente, se necesitó 4 optoacopladores para el control de 3 motores.

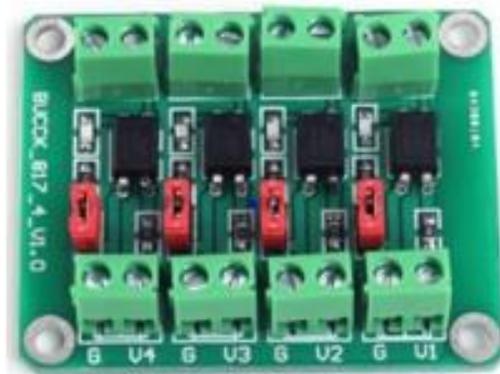


Figura 36. Módulo optoacoplador 817C 4 canales.

Tabla 10. Características de modulo optoacoplador.

CARACTERISTICAS	
4-canales 817C independientes	
controla voltajes diferentes en cada canal al mismo tiempo	
Tensión de señal de puerto de conducción	3,6-24V
Tensión del puerto de salida	3,6-30V
Voltaje de aislamiento	24 V
Voltaje máximo de funcionamiento	5 V
Corriente máxima	20 mA

#### 5.10.4 Motorreductor con encoder (Actuador)

Motorreductor es ideal para aplicaciones de baja potencia, el voltaje de funcionamiento es entre 6 y 12 V y el torque continuo que puede manejar es de 10 kg\*cm. Se requería un motor de 270 RPM basado en la ingeniería inversa del proceso manual llevado a cabo en Dispromed MK SAS por lo que se optó por el motor DC de 330 RPM Pololu.

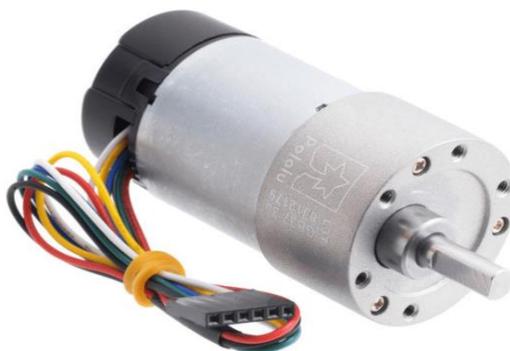


Figura 37. Motorreductor con encoder

Tabla 11. Características motorreductor.

CARACTERISTICAS	
Voltaje	12 V DC
Reducción	30:1
Velocidad sin carga 12 V	330 RPM
Stall torque 12 V	14 kg*cm
Corriente free-run	200 mA
Salida máxima potencia a 12 V	12 W
Velocidad de Operación	30 800mm/s
Amortiguación	Amortiguación en goma
DATOS DEL ENCODER	
Resolución	64CPR
Conteo de salida en cuadratura	4480
Voltaje	3.5 V – 20 V (Blue)
Motor power	(Red)
Motor power	(Black)
Encoder ground	(Green)
Encoder A output	(Yellow)
Encoder B output	(White)

### 5.10.5 Sensor inductivo PNP

Dispositivo que es capaz de detectar todo material ferroso en particular metales, es por esto que tiene gran utilidad en la industrial, debido a la corriente que circula en un conductor, se genera un campo magnético alrededor de su hilo devanado. En consecuencia, si un material ferroso se aproxima al campo magnético, este es cortado conmutando este dispositivo. Este sensor fue seleccionado debido a la detección de un tornillo metálico y la configuración de voltaje de 24V, además del costo.



Figura 38. Sensor inductivo de proximidad

## 5.11 Componentes circuito control de temperatura

### 5.11.1 Controlador de temperatura PID REX-c100

Es utilizado en la industria para el control de temperatura de las resistencias eléctricas. Se requiere que sea PID para el control de la temperatura para garantizar una temperatura constante en el sellado de las bolsas con un rango de 0 a 400°C. también se seleccionó debido a su funcionamiento como un sistema independiente.



Figura 39. Controlador de temperatura REX-c100

Tabla 12. Especificaciones técnicas del controlador de temperatura.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Controlador	PID
Fuente de alimentación	85-265 V-AC
Rango de control de temperatura	0 a 400 °C
Salida Relay	Compatible con SSR
Ciclo de muestreo	0.5 Seg

### 5.11.2 Termocupla tipo K

Es el sensor de temperatura más común utilizado en la industria, se hace de dos alambres de distinto material unidos en un extremo. Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño del orden de los milivoltios el cual aumenta con la temperatura. Y se seleccionó debido al rango de sensado de temperatura y al sistema de acople con rosca para mejor fijación. (Martínez & Arturo, 2014)



Figura 40. Termocupla tipo K

Tabla 13. Especificaciones técnicas de la termocupla

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Termocupla	Tipo K
Rango de temperatura	10 a 800 °C
Blindaje Externo	Metal

### 5.11.3 Relé de estado sólido SSR

Es un dispositivo interruptor electrónico que conmuta el paso de la electricidad cuando una pequeña corriente es aplicada en sus terminales de control, consisten en un sensor que responde a una entrada apropiada (señal de control), un interruptor electrónico de estado sólido que conmuta el circuito de carga y un mecanismo de acoplamiento a partir de la señal de control que activa este interruptor sin partes mecánicas. Se seleccionó un relé en estado sólido para evitar el ruido en el ambiente debido a este elemento además de la vida útil por conmutaciones, fácil montaje, la corriente y voltaje de trabajo.



Figura 41. Relé de estado sólido SSR.

Tabla 14. especificaciones técnicas de relé estado sólido (SSR)

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Entrada	3-32 VDC
Salida	24-380 VAC
Respuesta Tiempo	Tiempo ON 20 < ms OFF 40< ms
Salida Corriente	40 A
protección de sobretensión	Hasta 2.5 kVAC/1min

### 5.11.4 Resistencia eléctrica

Las resistencias calentadoras convierten energía eléctrica en calor, es decir si a un material conductor es aplicada una corriente eléctrica, entonces una parte de la energía cinética contenida en los electrones del material se transforma en calor y esto se produce por el movimiento que provoca la electricidad haciendo que los átomos del material conductor

choquen, y eleven la temperatura del material conductor. Resistencia eléctrica tipo cartucho de alta concentración permiten operar a una máxima temperatura de 820 °C.

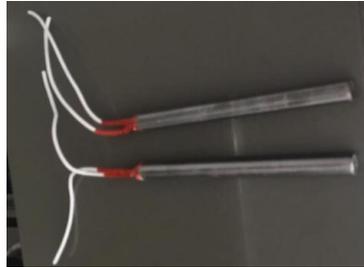


Figura 42. Resistencias eléctricas tipo cartucho de alta concentración.

### **Cálculos de corriente y potencia de la resistencia eléctrica**

Para la máquina se utilizan resistencias de 110 V, para el proceso de empaque sellado vertical y horizontal se parte de la literatura en la industria la cual dicta una potencia de entre 150 a 700 W para realizar un sellado correcto de las bolsas del material que se utilizó en este proyecto. Partiendo de la menor potencia y del voltaje se encuentra la corriente que se requiere para el sistema y posteriormente se calcula la resistencia que debe tener el calentador para llegar a la temperatura de 120°C en 10 a 15 minutos dependiendo de la temporada climática.

Datos conocidos

Voltaje 110 VAC

Potencia 300 W

Se tiene la ecuación de la potencia como:

$$P = V * I$$

$$150 = 110 * I$$

$$I = \frac{150}{110} = 1.36 [A]$$

Según la ley ohm se tiene para la resistencia #1

$$V = I * R$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{110}{1.36} = 80.88 [\Omega]$$

Para las resistencias #2 y #3 que están conectadas en paralelo una potencia del doble para llegar a una resistencia similar a la resistencia 1 de la siguiente manera:

$$P = V * I$$

$$300 = 110 * I$$

$$I = \frac{300}{110} = 2.72 \text{ [A]}$$

Según la ley ohm se tiene para la resistencia #2 y #3:

$$V = I * R$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{110}{2.72} = 40.44 \text{ [}\Omega\text{]}$$

$$R_{\text{equivalente}} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$40.44 = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}}$$

$$R = 80 \text{ ohmios}$$

Corriente total consumida por el circuito es de:

$$I_T = I_{\text{resistencia\#1}} + I_{\text{Requivalente}} \quad (4)$$

$$I_T = 1.36 + 2.72$$

$$I_T = 4.08 \text{ [A]}$$

Potencia total consumida por el circuito es de:

$$P_T = P_{\text{resistencia\#1}} + P_{\text{Requivalente}} \quad (5)$$

$$P_T = 150 + 300$$

$$P_T = 450 \text{ vatios}$$

## 5.12 PLC

Es un dispositivo electrónico programable, utilizado para cumplir funciones de automatismo lógicos y control de procesos que cuenta con un sistema de control de estado sólido que monitorea el estado de los dispositivos conectados a sus entradas (inputs) y sus salidas (outputs) con CPU 1215 DC/DC/DC, está basado en un programa escrito que es almacenado en una memoria. El PLC SIMATIC S7-1200 cuenta con un microprocesador, una fuente de alimentación de 24 VDC y los bloques de entradas y salidas analógicas y digitales que están conectadas directamente con una fuente de 24VDC, este PLC cuenta con 4 salidas PWM y 6 contadores rápidos HSC. Ver figura 43. (Duarte, Vargas, & Mecánico, 2012)



Figura 43. PLC S7-1200 CPU 1215 DC/DC/DC

### 5.12.1 Módulo de expansión

Permite agregar entradas y salidas a la CPU, estas pueden ser analógicas o digitales dependiendo la necesidad del programador. El módulo utilizado es 6ES7 222-1BH32-0XB0, de 16 salidas digitales 24 VDC y una tensión de alimentación 24VDC. Ver figura 44



Figura 44. Módulo de expansión SMI222 PLC 1200

## 6 CIRCUITOS DE LA MÁQUINA

### 6.4 Circuito de los botones pulsadores

Para el circuito se tienen 2 pulsadores normalmente cerrados (Parado de emergencia y Off) y 5 pulsadores normalmente abiertos (ON, 3 pulgadas, 4 pulgadas, 5 pulgadas, y 6 pulgadas) para clasificar la dimensión de la bolsa para la etapa de empaque de la venda, conectados entre sí por un extremo alimentado a 24 VDC y el otro extremo que se conecta las entradas digitales del PLC.

Ver figura 45.

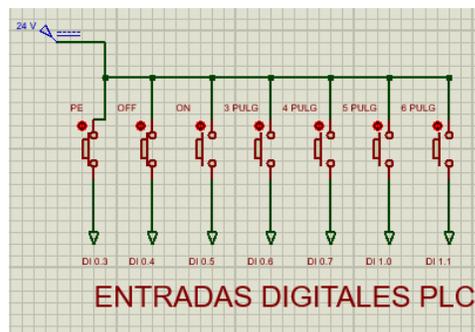


Figura 45. Circuito de los botones pulsadores

### 6.5 Circuito electro neumático

Por medio de los racores rápidos y la manguera se hace la conexión neumática de los cilindros con las electroválvulas, (Velasco & Matute, 2011) para la conexión electrónica, se hace una tierra común de las bobinas utilizadas y la fuente de alimentación del PLC a 24VDC, y la señal de activación de las bobinas de las electroválvulas que se conectan a las salidas digitales del PLC. Ver figura 46. (Vargas, Osorio, & Escobar, 2011)

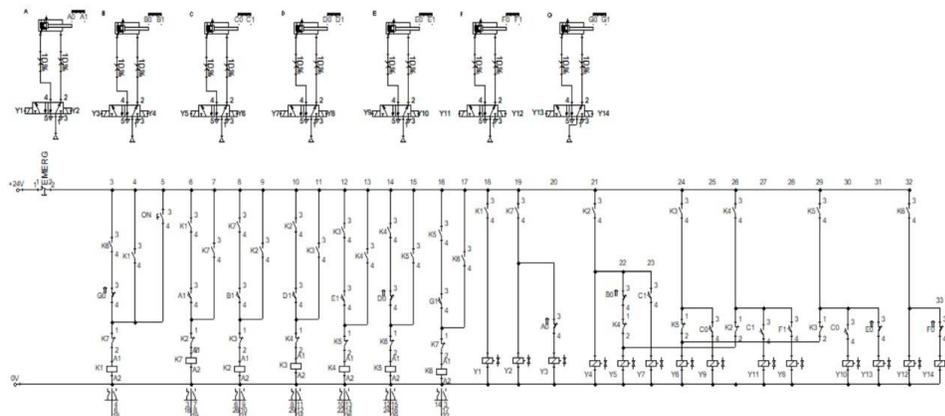


Figura 46. Circuito electro neumático

## 6.6 Circuito potencia de los motores

Para el diseño del circuito se realizó una simulación en el software Proteus, se envía una señal de PWM por medio de las salidas del PLC de 24 VDC, se utiliza un módulo optoacoplador 817c, cuenta con 4 canales por los cuales se operan diferentes señales de PWM, la señal de salida del optoacoplador es 5VDC, la cual es la señal recibida por el driver puente H L298N que es el encargado de alimentar los motores a 12 V y así mismo enviar la señal de PWM hacia los motores para el control de velocidad. Ver figura 47. (Castro, Zuñiga, & Ching, 1999)

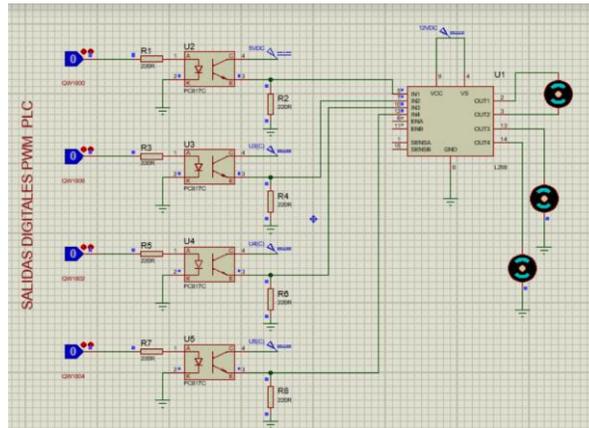


Figura 47. Circuito de los motores

## 6.7 Circuito control de temperatura

En el esquema que indica el controlador PID REX C100 se muestra que el pin 1 y 2 es por donde se alimenta con 110 VAC (Fase y neutro), en los pines 4 y 5 sale en forma de corriente continua por lo cual se tiene que conectar al relé de estado sólido SSR y los pines 9 y 10 será para conectar la termocupla tipo k. Ver figura 48. (Domínguez, 2013)

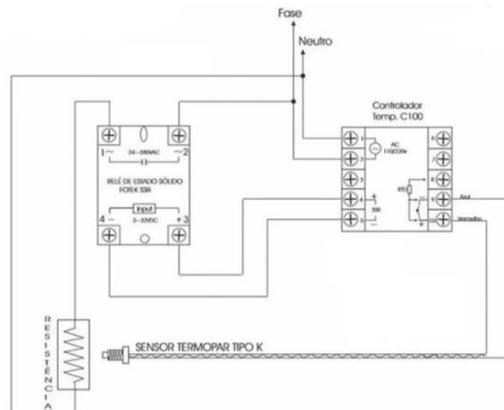
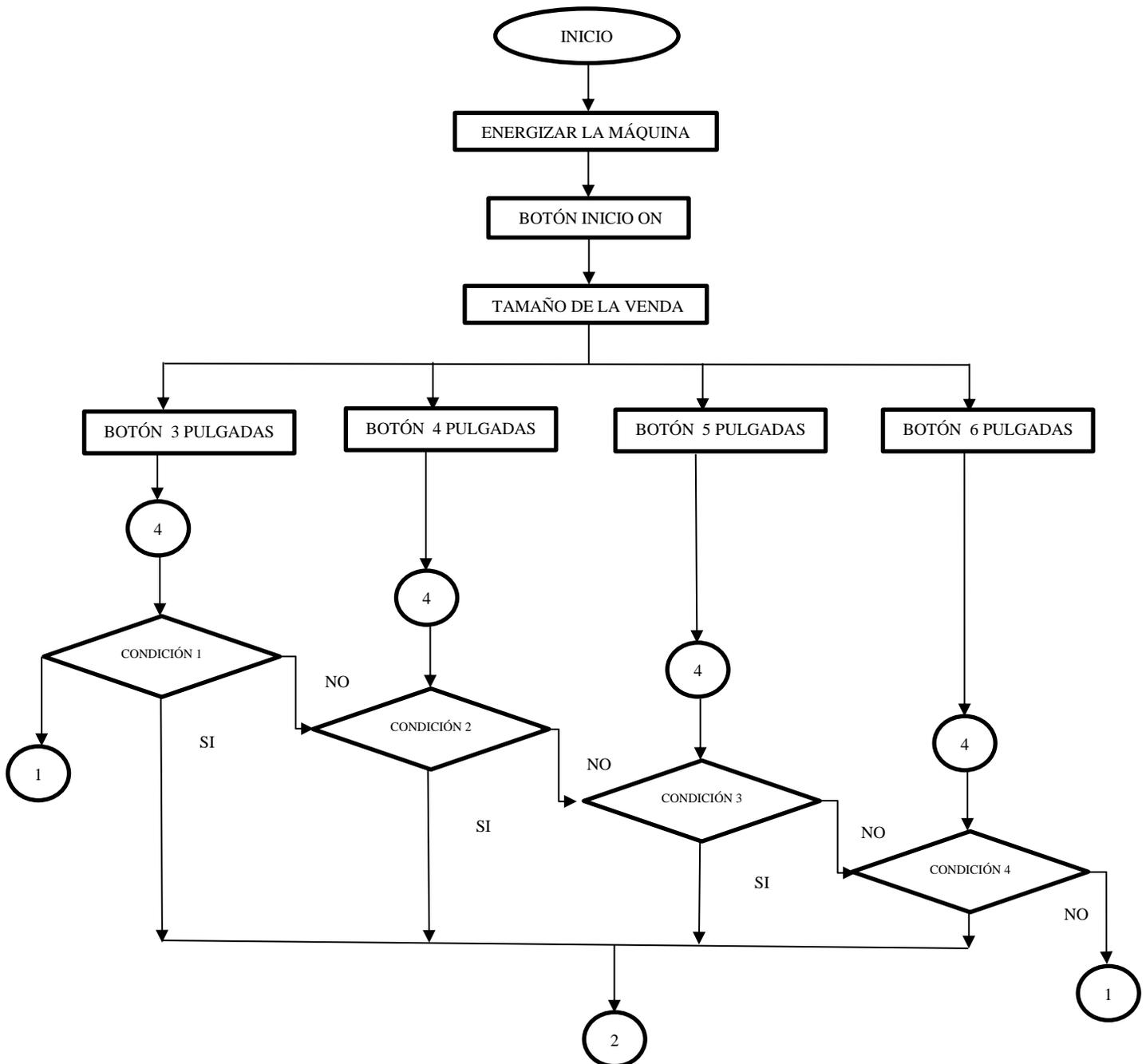
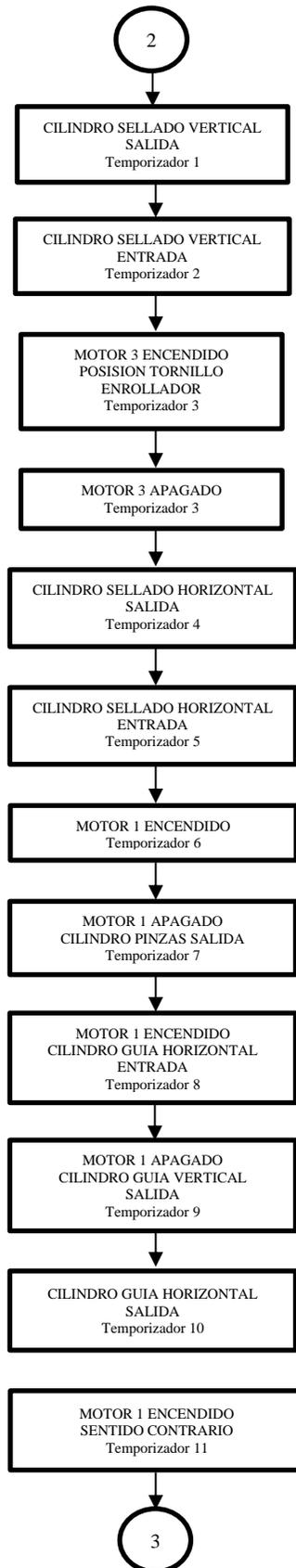


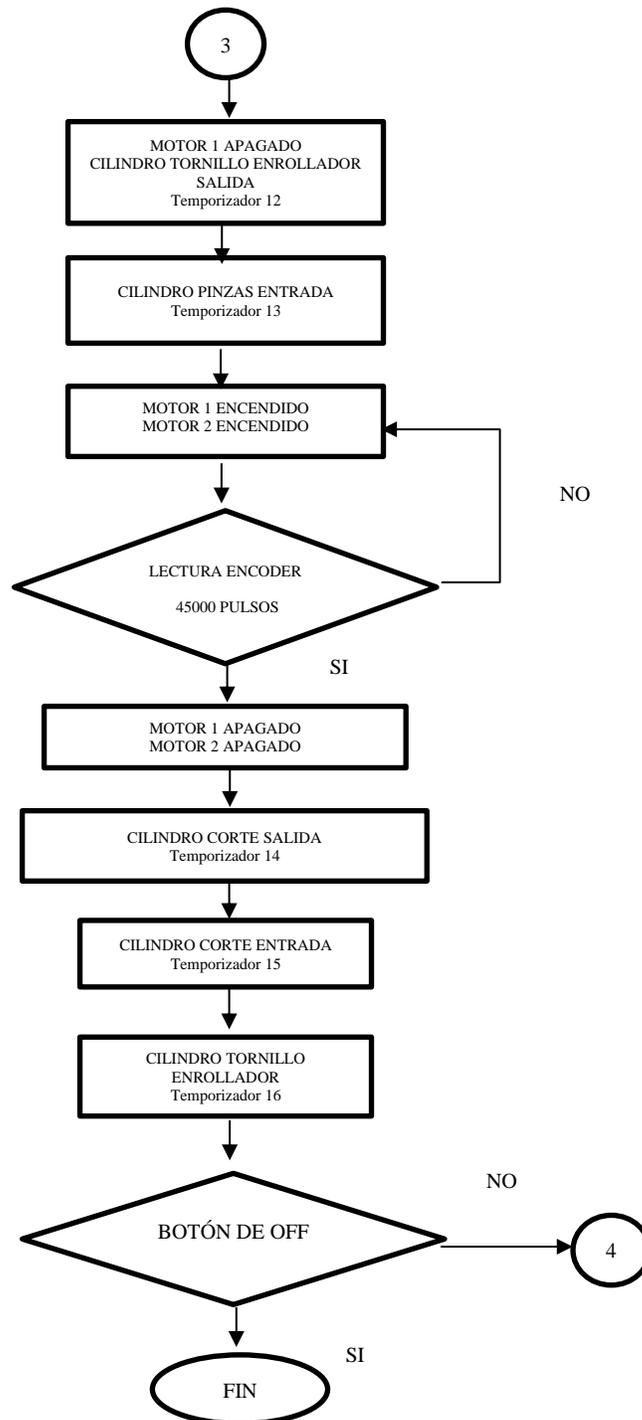
Figura 48. Circuito control de temperatura.

## 7 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA LÓGICA SECUENCIAL

En el diagrama de flujo podemos ver la representación gráfica de la lógica secuencial utilizada para el control de la máquina empacadora de vendas de algodón ortopédicas. En este caso para un proceso industrial.







Como se observa anteriormente en el diagrama de flujo de la lógica secuencial utilizada en la programación de la máquina, el primer paso es energizar la máquina a 120 VAC, una vez se conecta a la tomacorriente, se debe hacer la respectiva alimentación con la materia prima.

El diseño de la máquina se hizo para 4 tipos de vendas de algodón ortopédico de diferentes

tamaños 3", 4", 5", 6" en la caja de control se encuentran 5 pulsadores normalmente abiertos, uno de ellos es el botón de ON el cual es el encargado de poner la máquina en variables iniciales y a la espera de que el operador seleccione el tipo de venda que se desea empaquetar, esta selección se hace con los 4 pulsadores normalmente abiertos restantes (3", 4", 5", 6") respectivamente, son los que determinan cual es el tipo de lámina de venda al cual se le debe hacer el proceso.

Una vez el operador seleccione el tipo de venda empieza el proceso de empaque, al tener electroválvulas biestables se tienen dos posiciones de cada uno de los cilindros salida-entrada, además se utilizan temporizadores para cambiar de estado, una vez se oprime el pulsador de selección se activa el cilindro del sellado vertical salida-temporizador1 y luego se activa cilindro sellado vertical entrada-temporizador2, seguido se enciende el motor2 (posición del tornillo enrollador) y motor3 (arrastre de la bolsa)-Temporizador3, con un 5% de PWM y un 70% de PWM respectivamente. Una vez se acaba el tiempo de temporizador3 el motor3 se apaga y el motor2 continua hasta que el sensor inductivo se active para dejar en la posición ideal el tornillo enrollador y garantizar que la venda entre de manera correcta al proceso de enrollado. Al tiempo se activa el cilindro sellado horizontal salida-temporizador4 y luego se activa cilindro sellado horizontal entrada-temporizador5, los cuales garantizan que la bolsa este en óptimas condiciones para recibir el producto previamente enrollado y cortado. La forma de la bolsa entonces se empieza con el proceso de rebobinado se enciende el motor1(rodillo de arrastre de la venda)-temporizador6 una vez se apaga, entra al mecanismo guía en donde se activa el cilindro pinzas salida-temporizador7, se vuelve a encender el motor1 y al tiempo el cilindro guía horizontal entrada-temporizador8, para luego apagar el motor1 y activar el cilindro guía vertical salida-temporizador9, seguido se activa el cilindro guía horizontal salida-temporizador10, motor1 se vuelve a encender (sentido contrario) para ejercer una tensión mínima en la lámina de venda-temporizador11, luego se apaga el motor1 y se activa cilindro tornillo enrollador salida-temporizador12.

Cuando la lámina de venda este en la posición adecuada con respecto al tornillo enrollador, se activa cilindro pinzas entrada-temporizador13, para si encender el motor1(arrastre de la lámina de venda) con PWM 40% y motor2(tornillo enrollador) con PWM 65% y realizar el enrollado de la venda, este mecanismo cuenta con un encoder para garantizar la longitud de la venda en este caso son 45000 pulsos para un total de 5 yardas, una vez se termina este proceso de enrollado se apagan los motores 1 y 2 y al mismo tiempo se activa el cilindro de corte salida-temporizador14 que es el encargado de hacer el respectivo corte de la lámina de venda para luego activar cilindro de corte entrada-temporizador15 y luego activar el cilindro tornillo enrollador entrada y que por medio de la gravedad la venda caiga en la tolva y posteriormente al tubo formador, para así pasar al proceso de empaque y hacer secuencialmente y cíclicamente este mismo proceso. Al momento que se quiera terminar el proceso en la caja de control se tiene otros dos pulsadores, pero estos a vez son normalmente cerrados, uno de ellos es el botón de OFF su función al oprimir, es dejar que la lógica secuencial siga hasta el último paso y esperar que el operador decida si va a seguir con otro tipo de venda o por el contrario va a dar por terminado el proceso si esto es así el operador debe oprimir el botón de parada de emergencia que tiene como objetivo desactivar todas la entradas y salidas de del plc.

## 8 VALIDACIÓN DEL DISEÑO DE LA MÁQUINA

En la figura 49 se puede observar la imagen de la máquina empacadora de vendas de algodón de diferentes tamaños. Para la validación de la máquina empacadora se tiene en cuenta las tres etapas principales que conforman el proceso de empaque de vendas de algodón.



*Figura 49. Validación máquina empacadora*

En primer lugar, se tiene la etapa de enrollado se lleva a cabo con la ayuda del mecanismo guía dando un buen resultado y dentro de lo esperado en el enrollado de la venda, se hicieron pruebas con dos tipos de vendas de 3" y 4" y efectivamente cumple con el objetivo planteado, además con 40% de PWM del motor1(arrastre de la venda) y 65% de PWM del motor2(tornillo enrollador) y los 45000 pulsos del encoder se garantizan las 5 yardas de longitud, criterio importante para la empresa en el tema de la producción. Ver figura 50.



*Figura 50. Enrollado de vendas de diferentes tamaños.*

En segundo lugar, se tiene la etapa de corte con un resultado no tan favorable a la hora de realizar este proceso, dado que en el diseño de las cuchillas (superior e inferior) hicieron falta factores muy importantes, los cuales fueron el ángulo de ataque que se hizo de 60°, para el cual se necesita más fuerza del cilindro neumático, espesor de la cuchilla que se mecanizó de 3 mm y esto hace que las cuchillas se flecten con facilidad. Los cuales no permitían realizar el corte perfecto y así garantizar la longitud de la venda. Para mejorar este sistema se propone un rediseño de las cuchillas con el fin de mejorar el corte de la venda.

Para el rediseño propuesto de las cuchillas se tienen en cuenta cuatro factores fundamentales para este tipo de corte; espesor de la cuchilla, ángulo de filo, ángulo de ataque y material, tomando las dimensiones resultantes del mecanismo, la cuchilla inferior se confecciona con unas dimensiones de 238 mm de largo por 30 mm de ancho y la cuchilla superior de 206 mm de largo por 30 mm de ancho.

El espesor de las cuchillas presenta diferencias significativas a la hora de hacer el corte ya que, si el espesor es mayor a  $\frac{1}{4}$  “, se requiere mayor fuerza para efectuar el corte de la lámina de algodón y si es menor presenta deformaciones a la hora de realizar el corte. En el caso del ángulo de filo de 30°, a este ángulo la cuchilla actúa más como elemento cortante, existe menor requerimiento de fuerza para realizar el corte de la lámina de algodón que a un ángulo mayor, es decir entre la cuchilla sea más filosa requerirá menor fuerza de corte. En el caso del ángulo de ataque de  $30^\circ$ , requieren menor fuerza comparado con la posición perpendicular a la cuchilla, se deduce que al existir un ángulo de ataque se experimenta una combinación de corte y desplazamiento sobre el material facilitando el proceso. Además, se utiliza un acero D2 siendo un material aleado en carbono y cromo con excelente resistencia al desgaste y retención de filo. Ver figura 51 y 52.

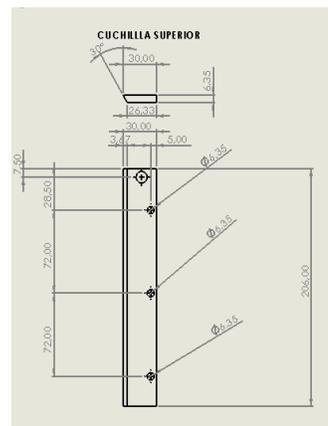


Figura 51. Diseño de la cuchilla superior.

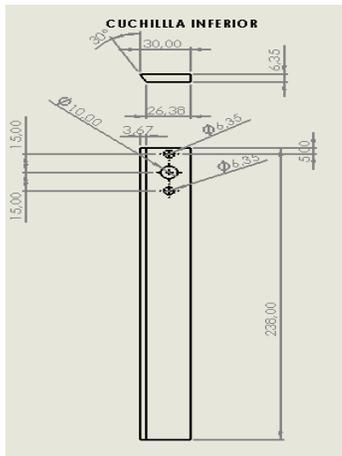


Figura 52. Diseño de la cuchilla inferior.

Una vez se tiene el ajuste en las cuchillas el mecanismo propuesto de corte por tijera industrial debe realizar el proceso de un corte limpio y garantizando la longitud de la venda requerida por la compañía. Ver figura 53.



Figura 53. Resultado esperado del rediseño de la etapa de corte.

En tercer lugar, se tiene la etapa de empaqueo la cual se lleva a cabo con un sistema de cuello de formador el cual no garantiza un traslape constante durante el proceso, ocasionando que el empaque de la venda no realice bien el sellado vertical, por esto se realiza un ajuste en el diseño del cuello formador para garantizar un traslape constante y hacer que la forma de la bolsa sea la adecuada.

Para el rediseño del cuello formador el cual es el que presenta falla, se tuvo como principal criterio la forma de la bolsa como se muestra en la siguiente figura 54, las franjas amarillas muestran los lugares donde se efectúa la unión térmica de la bolsa.

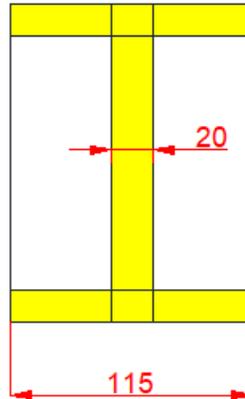


Figura 54. Forma y dimensiones de la bolsa.

Ancho de la bolsa: 115 mm

Traslape sellado vertical: 20 mm

Perímetro total de la lámina:  $(2 \times 115) + 20 = 250 \text{ mm}$

Perímetro del tubo formador  $2 \times 115 = 230 \text{ mm}$

Diámetro del tubo:  $230 / 3.141591 = 73.2 \text{ mm}$

En la siguiente figura 55, se observan las dimensiones de la tolva y el plano del cuello formador el cual es necesario para moldear la pieza en 3D y posteriormente unirlo con soldadura. Las secciones amarillas son los dobleces que le darán la forma final.

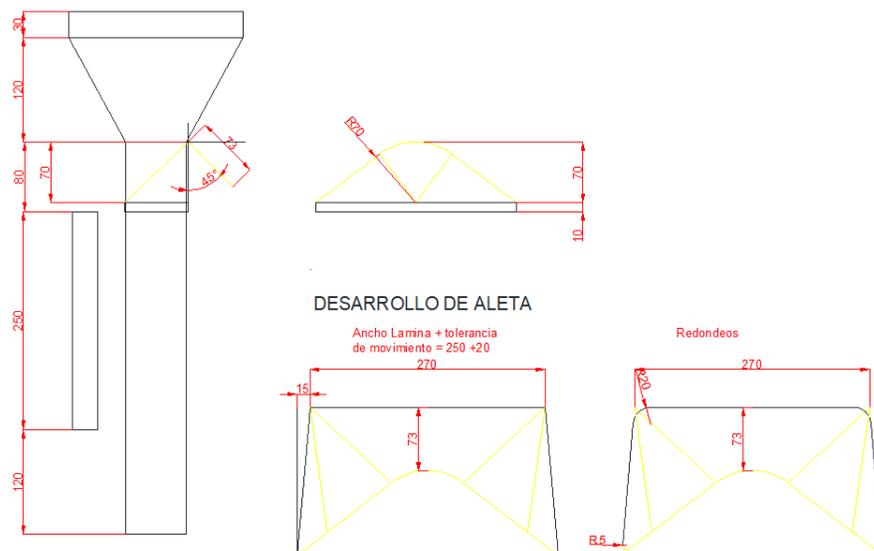


Figura 55. Desarrollo de la aleta formadora de la tolva

Este proceso también cuenta con un sistema de temperatura independiente, los controladores de temperatura son los encargados de garantizar los 150 °C (sellado vertical) y los 110 °C (sellado horizontal-dos mordazas) ya que el material de la bolsa es polipropileno de baja densidad, calibre 1.5 y es la temperatura deseada para el correcto sellado. Ver figura 56 y 57.



*Figura 56. controladores de temperatura*

Como se muestra en la figura 57, se muestra el empaque de dos tipos de vendas de 3” y 4”, la calidad del empaque esta dentro de los parámetros establecidos por la empresa Dispromed MK SAS en cuanto a tamaño y presentación. El cual permite apreciar la calidad del producto, con un sellado que garantiza su contextura e higiene, facilitando su manipulación.



*Figura 57. Empaque vendas de algodón ortopédicas.*

Para garantizar que el tornillo enrollador sale en su posición adecuada y para que la venda entre de nuevo en la etapa de enrollado se enciende el motor con un PWM del 7 %, con un obstáculo para ser detectado por un sensor inductivo y quede en posición, una vez termine este proceso la secuencia queda dentro de un ciclo para hacer las repeticiones necesarias hasta cuando el operador presione off en la caja de control ya sea para apagar la máquina o para hacer la respectiva alimentación de la materia prima.

El tiempo de cada ciclo es de 30 s lo cual indica que por cada hora de trabajo de la máquina estará empacando 120 vendas de algodón ortopédicas de 3” y 4”.

El tiempo de cada ciclo es de 35 s lo cual indica que por cada hora de trabajo de la máquina estará empacando 103 vendas de algodón ortopédicas de 5" y 6". Esto debido al temporizador del motor<sup>3</sup> que debe ser mayor ya que la longitud de la venda es más grande que el de los otros tipos.

## 9 CONCLUSIONES

- En la realización el proyecto se han aplicado los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Mecatrónica.
- En una máquina empacadora como en toda máquina destinada a la producción existen muchos factores y consideraciones que hay que tener en cuenta para que el diseño sea optimo y altamente confiable. Por ejemplo, el producto a empacar, el material de empaque, la forma final de la bolsa, el tipo de sellado.
- Se requiere de la automatización para comprobar que la maquina funcione correctamente según lo diseñado. De lo contrario, sería necesario hacer ajustes en el diseño hasta lograr que tanto la parte mecánica, neumática y electrónica funcionen adecuadamente
- La máquina está diseñada tanto para empacar vendas de 3 pulgadas, 4 pulgadas, 5 pulgadas y 6 pulgadas, convirtiéndose así en un modelo innovador y competitivo en el mercado colombiano.
- El sistema de control (PLC) utilizado ofrece flexibilidad tanto en el sistema electroneumático, como en el sistema electrónico en cuanto el rendimiento productivo ya que puede existir una optimización en la programación de la máquina.
- El sistema de control de temperatura (PID) ofrece flexibilidad en el sistema de sellado ya que solo es configurar el set point y podemos variar la temperatura de acuerdo con el material que se vaya a utilizar.

## 10 RECOMENDACIONES

- Es recomendable diseñar un plan de seguridad y respaldo, que permita evitar cualquier tipo de accidentes en caso de cualquier eventualidad.
- Capacitación y asesoramiento a los usuarios que van a utilizar la máquina automatizada empacadora de venda de algodón ortopédicas, para un mejor funcionamiento de esta.
- Realizar mantenimiento semanal de la máquina que incluya lubricación de ejes verticales y horizontales de las diferentes etapas para garantizar un correcto desplazamiento de los cilindros neumáticos y carrete de las mordazas.
- Posicionar correctamente las termocuplas de las mordazas tanto del sellado vertical como horizontal asegurando la efectiva lectura de temperatura pasa su control.
- Hermetizar todo el sistema neumático de la máquina con el fin de mantener la presión necesaria para cada cilindro neumático.
- Proteger todo el sistema eléctrico y electrónico mediante fusibles tipo cartucho cilíndrico de 5 A.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

- Bolaños, D. S., & Duarte, D. A. (2008). *Manual del código eléctrico colombiano (NTC 2050) alambrado y protección de las instalaciones eléctricas secciones (250-280)*. Recuperado el 23 de 2 de 2021, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/1769>
- Casallas, E. C., Luengas, L. A., & Balaguera, M. (2012). *Respuesta a carga de una prótesis transtibial con elementos infinitos durante el apoyo y balanceo*. Recuperado el 23 de 2 de 2021, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4234933.pdf>
- Casas Patiño, C., & Rodriguez, N. (2019). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS PARA LA COMPAÑÍA DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO CIM S.A.S*. Obtenido de Repositorio Universidad de America: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7561/1/4122595-2019-2-IM.pdf>
- Castro, F. C., Zuñiga, C. C., & Ching, N. C. (1999). *Diseño y construcción de un troceador conmutado por corriente para realizar un control de velocidad a un motor dc*. Recuperado el 23 de 2 de 2021, de <http://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1300/1/2485.pdf>
- Domínguez, A. C. (2013). *Sistema de control de temperatura a través de Arduino y la tecnología GPRS/GSM*. Recuperado el 23 de 2 de 2021, de <http://oa.upm.es/22322>
- Duarte, J. C., Vargas, R. A., & Mecánico, I. (2012). *OBJETO DE APRENDIZAJE PARA LOS AUTOMATAS S7-200 Y LOGO SIEMENS BASADO EN AUTOMATISMOS LOGICOS MEDIANTE LA EMULACION DE PROCESOS INDUSTRIALES*. Recuperado el 23 de 2 de 2021, de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6098/2/145338.pdf>
- García Reyes, F. J., & Gonzalez Santander, A. J. (2009). *Elaboración y automatización de una máquina empacadora industrial a escala*. Obtenido de UPB repository: [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/595/digital\\_18219.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/595/digital_18219.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gutierrez Vega, A. (2005). *Diseño, montaje y automatización de una máquina empacadora de productos de productos granulados en lámina polimérica por medio de sellos de calor*. Obtenido de Uniandes: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/22193/u262233.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guzman Antamba, A. R., & Jatica Pozo, E. J. (2007). *Diseño de una máquina cortadora rebobinadora de papel*. Obtenido de bibdigital: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/723/1/CD-1112.pdf>

- Herrera Bellodas, E. D., & Lumbes Alvarez, R. S. (2018). *Diseño de una maquina vertical empacadora, dosificadora y selladora de accionamiento mecánico-neumático controlado por un PLC para fundas de arroz*. Obtenido de USS Repository: <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/4414/Herrera%20Bellodas%20-%20Lumbres%20Alvarez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Manzano Sanchez, P. M., & Rodriguez Salazar, F. J. (2013). *Diseño y construcción de una máquina selladora y codificadora automática de alimentación manual para la empresa Das Leben*. Obtenido de Espe repository: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6219/1/T-ESPE-038883.pdf>
- Martínez, B., & Arturo, D. (2014). *Diseño de un contrastador de temperatura para termómetros de termocuplas tipo K*. Recuperado el 23 de 2 de 2021, de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5108>
- Peinado Flores, H. (2009). *Rediseño de sistema de guías para la máquina rebobinadora de papel*. Obtenido de bdigital: [http://www.bdigital.unal.edu.co/937/1/70530350\\_2009.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/937/1/70530350_2009.pdf)
- Ramos Gangas, A. (2018). *DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE UN SILO DE ACERO PARA ALMACENAR 1000 TONELADAS DE CEMENTO*. Obtenido de Repositorio Universidad de Cantabria: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/14174/409409.pdf;jsessionid=1ED32F38555AC78D6D73054CC887CA8F?sequence=1>
- Vargas, J. A., Osorio, J. A., & Escobar, J. A. (2011). *Control secuencial de un circuito electroneumático a través de un PLC*. Recuperado el 23 de 2 de 2021, de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/1281>
- Velasco, F. J., & Matute, P. L. (2011). *Análisis, diseño y construcción de un módulo de control de temperatura para el laboratorio de la EIE-CRI de la ESPOCH*. Recuperado el 23 de 2 de 2021, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1161/1/108t0004.pdf>

## 12 ANEXOS

### TIA portal (Totally Integrated Automation Portal)

Sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción además ofrece un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento los cuales permiten aumentar la productividad y la eficiencia del proceso.

Para la programación del PLC se necesita abrir el software TIA portal y se crea un nuevo proyecto, se le asigna el nombre y la ubicación y se crea como se muestra en la figura 58.

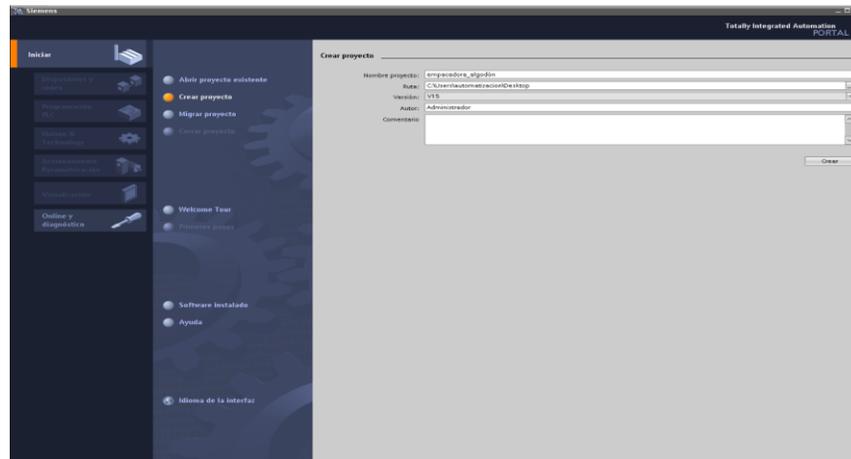


Figura 58. Crear programa TIA Portal.

Una vez creado el programa se configura un dispositivo, clic en agregar dispositivo y se selecciona el módulo de CPU con el cual se va a trabajar, en este caso se selecciona el PLC S7-1200 1215 DC/DC/DC modelo 6ES7 215-1AG40-0XB0 y se agrega el módulo de expansión de salidas digitales modelo 6ES7 222-1BH32-0XB0. Ver figura 59.

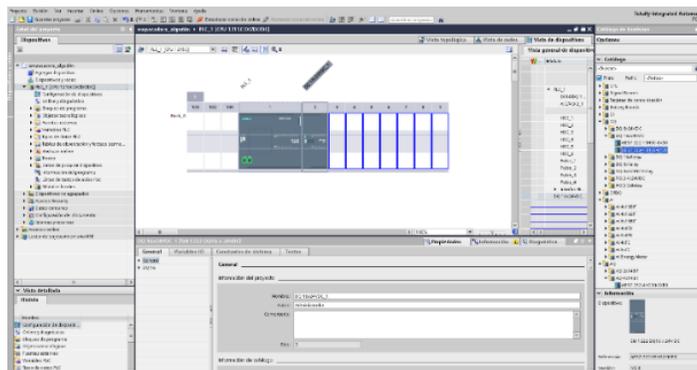


Figura 59. Configuración de dispositivo.

Luego se da doble clic a la imagen del PLC vamos a la parte inferior en interfaz PROFINET, clic en dirección Ethernet y se configura la dirección IP del PLC para no tener problemas a la hora de establecer conexión online con el PC. Ver figura 60.

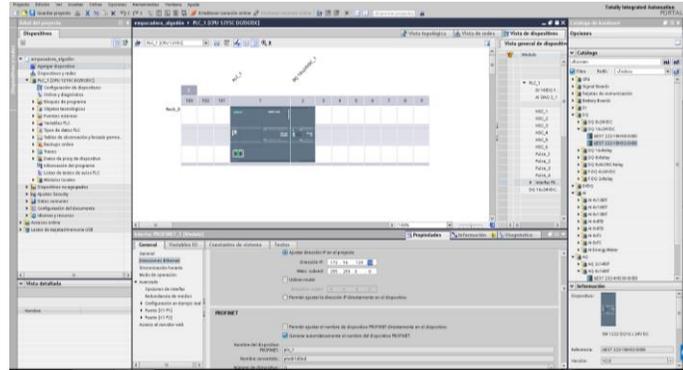


Figura 60. Configuración IP dispositivo.

Una vez configurado el IP del dispositivo en el mismo menú se busca generadores de impulso y se activan los 4 PTO/PWM, 1 de los 6 contadores rápidos HSC y se activan las marcas de ciclo del sistema. Ver figura 61.

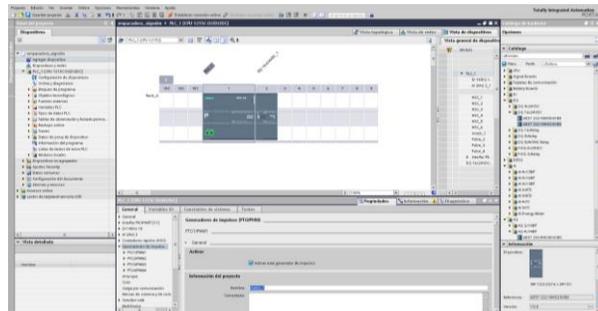


Figura 61. Activar PTO/PWM, HSC y marcas de ciclo del sistema.

Luego menú (lado izquierdo) clic en bloques del programa, clic en Main (OB1) y muestra la ventana en la cual se hace la programación una vez se tiene la configuración.

## Programación TIA portal

Para la programación en TIA portal se definen cada una de la entradas y salidas digitales con sus respectivas marcas, se habilitan los puertos PWM y puerto de contadores rápidos para la lectura del encoder. Ver figura 62,63 y 64.

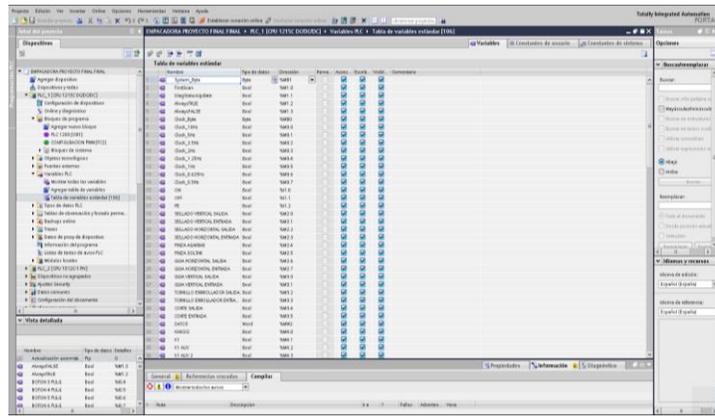


Figura 62. Asignar variables

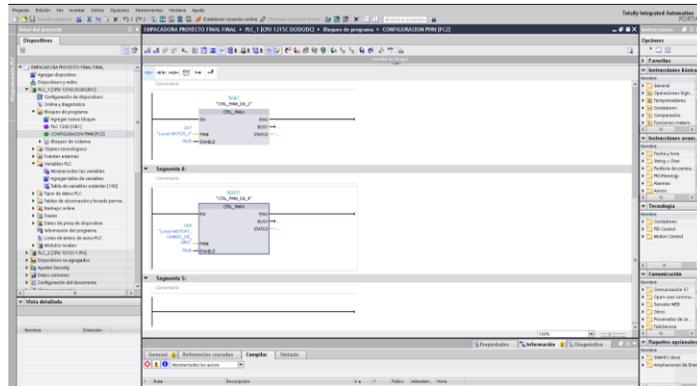


Figura 63. Habilitar puertos PWM

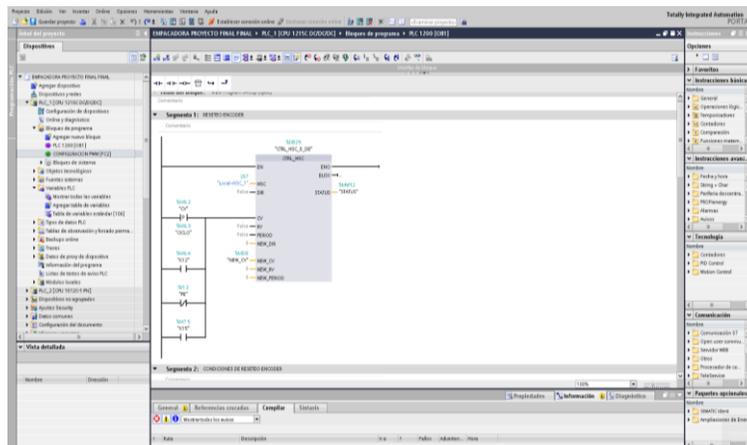


Figura 64. Habilitar contador rápido HSC, lectura del encoder

Una vez se tienen todas las configuraciones de hardware y software, se procede hacer la lógica secuencial, empezando por las condiciones del reinicio el sensor (encoder) para el conteo de los pulsos para garantizar la longitud de la venda. Ver figura 65.

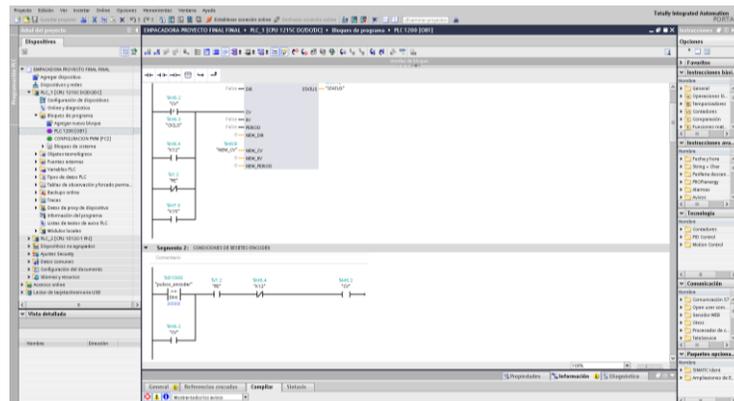


Figura 65. Condiciones reinicio encoder.

Sensor de proximidad que es el encargado posicionar el tornillo enrollador.

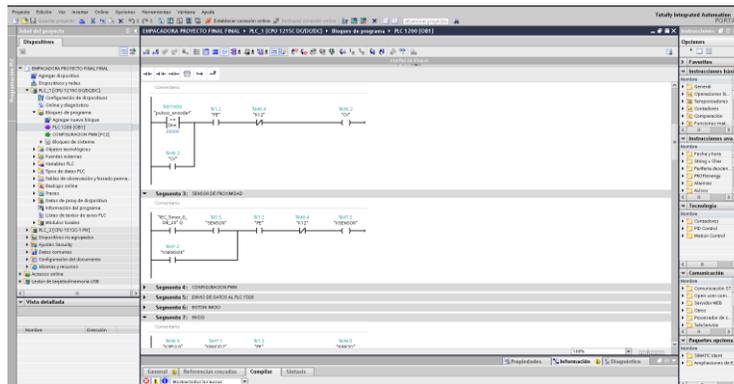


Figura 66. Sensor de proximidad

Inicio de la secuencia, botones para seleccionar el tipo de venda a enrollar ya sea 3", 4", 5", 6".

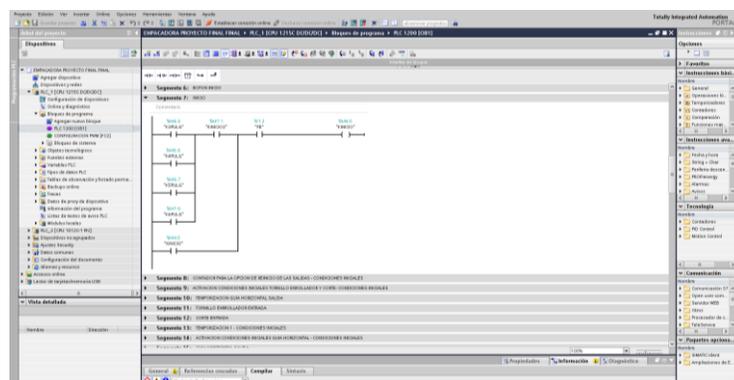


Figura 67. Inicio de secuencia.

Y como es secuencial este proceso se hace para todas las salidas digitales que son las encargadas de activar las electroválvulas para hacer efectiva la carrera de ellos cilindros neumáticos y del mismo motor encender los motores con su respectivo PWM dependiendo el proceso. Ver figuras 68 y 69.

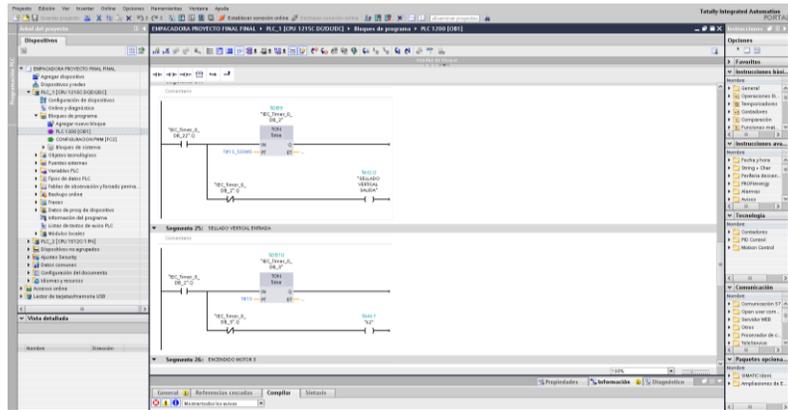


Figura 68. Activación salidas digitales

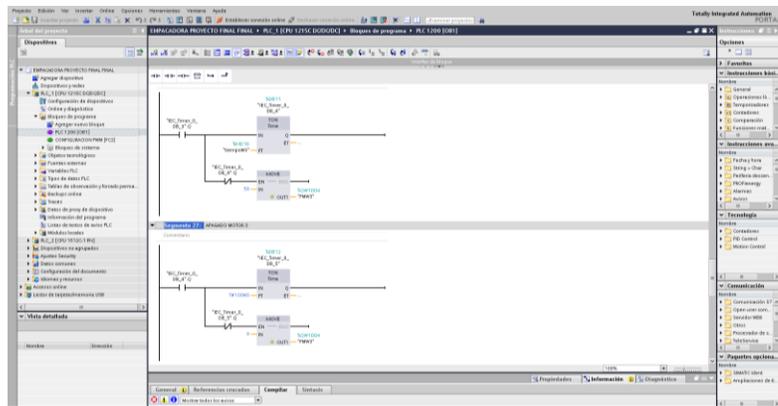
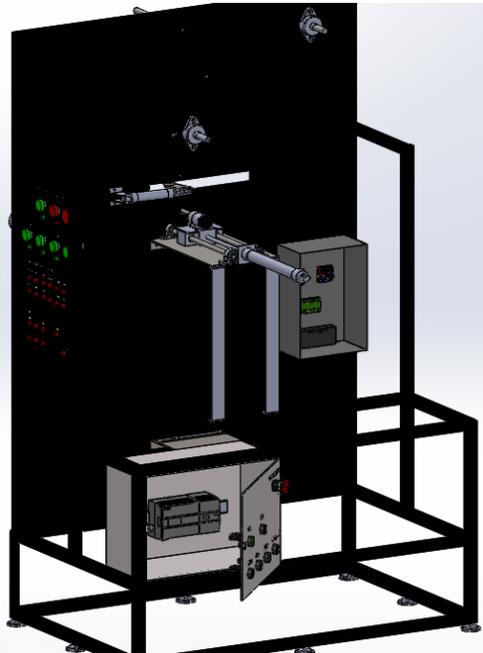


Figura 69. Encendido y apagado de los motores

**Ensamble caja de control y caja circuito electrónico de los motores en SolidWorks.**



*Figura 70. Ensamble caja de control y caja circuito electrónico en SolidWorks*



*Figura 71. Diseño caja de control y caja de circuito electrónico en SolidWorks*

## Cotización cuello formador



Bucaramanga, Febrero 23 de 2021

Señores:  
Attn: Sr. David Ricardo Suarez  
Bogota

### REF 1. COTIZACION DE UN FORMADOR EN ACERO INOXIDABLE

Un cuello formador de bolsa para presentación de Kilo con su respectivo abridor de bolsa para presentación de bolsa tipo almohada.

VALOR.....\$3.900.000, <sup>00</sup> (Tres millones Novecientos mil pesos) mcte + IVA 19%.

FORMA DE PAGO: Anticipado

TIEMPO DE ENTREGA: 10 días hábiles posteriores a la confirmación de compra y soporte de anticipo.

NOTA: **INCLUYE GUACAL Y ENVÍO HACIA LA CIUDAD DE BOGOTA.  
NO INCLUYE INSTALACION NI PUESTA A PUNTO**

Cualquier información adicional no dude en contactarnos.

Cordialmente,

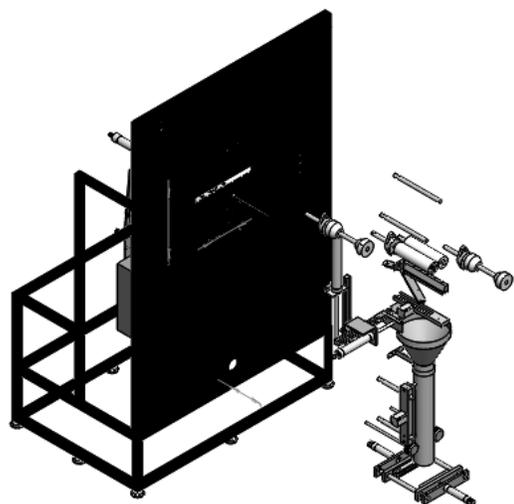
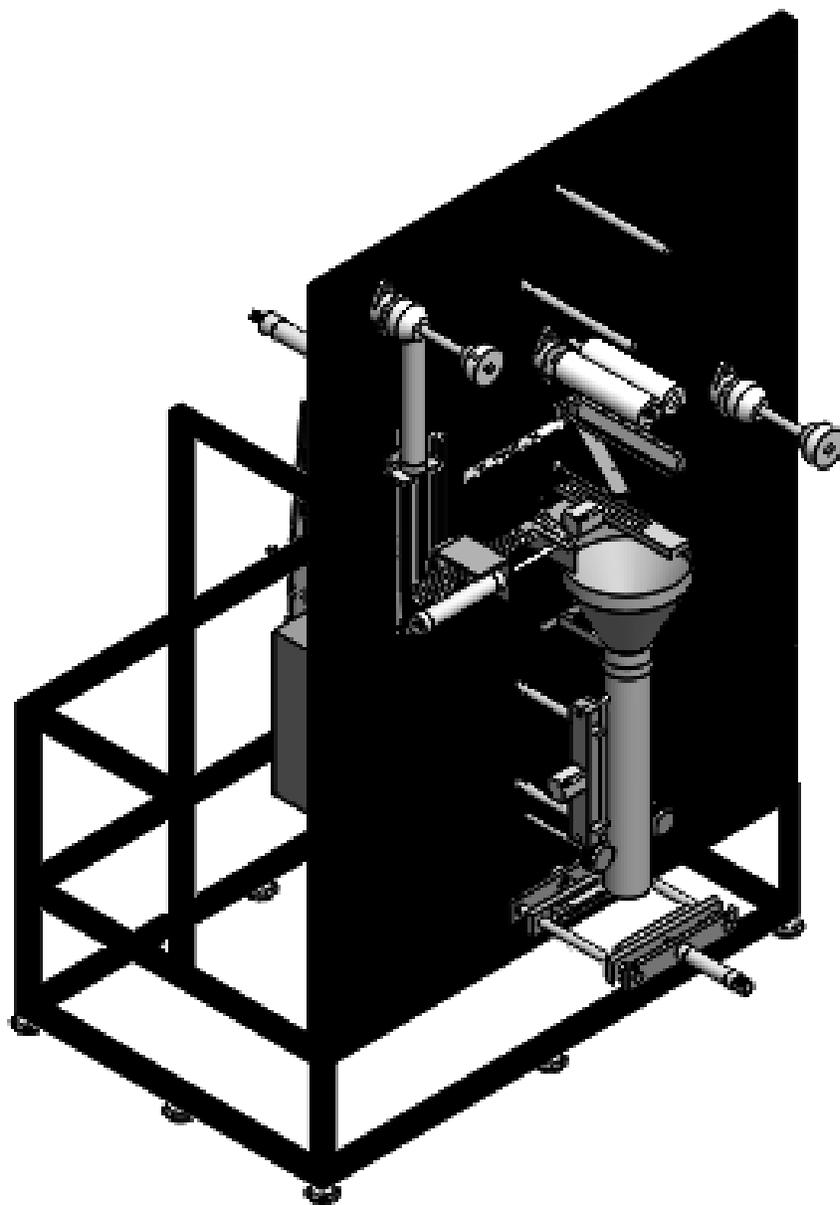


ELICENIA HERNANDEZ

Tel. (057)6445138 Telefax. (057)6414291 Cel.3156762830

e-mail: [autopacked@gmail.com](mailto:autopacked@gmail.com)

# MANUAL DE USUARIO Y DE MANTENIMIENTO



## ESPECIFICACIONES

COMPONENTES	CARACTERISTICAS
<b>Entrada del sistema</b>	
Entrada voltaje	24VDC
<b>Cilindros neumáticos redondos y compactos</b>	
Fluido	Aire
Presión comprimida	1.35 MPa
Máxima presión comprimida	0.9 MPa -130 psi
Mínima presión comprimida	0.1 MPa – 145.03 psi
Velocidad de operación	30800 mm/s
Temperatura de trabajo	-5 a 70°C
<b>Electroválvula 5/2</b>	
Posición y forma	Doble efecto
Patrón de movimiento	Vástago guía
Presión laboral	0.15 – 0.8 MPa
Resistencia máxima de presión	1.2 Mpa
Temperatura de funcionamiento	5-50 °C
Tiempo de respuesta	0.05 segundos
Voltaje	24 VDC
<b>Motorreductor</b>	
Voltaje	24 VDC
Reducción	30:1
Velocidad sin carga	330 RPM
Velocidad de operación	30800m/s
<b>Termocupla</b>	
Tipo	K
Rango de temperatura	10 a 800 °C
Blindaje externo	Metal
<b>Relé estado solido</b>	
Entrada	3-32 VDC
Salida	24-380 VAC
Respuesta tiempo	Tiempo ON 20<ms OFF 40 < ms
Salida corriente	40 A
Protección de sobretensión	Hasta 2.5 Kvac/1min



## **PELIGRO**

**PELIGRO** indica una situación potencialmente peligrosa que, si no se evita, **PROVOCARÁ** una lesión seria.



**ADVERTENCIA** Indica una situación de peligro potencial, la cual, si no se evita, podría ocasionar lesiones severas.



**PRECAUCIÓN** Indica una situación potencialmente de riesgo, la cual, si no se evita, puede ocasionar heridas personales

## REGLAS DE SEGURIDAD

- ❶ **GUARDE ESTAS INSTRUCCIONES-** El fabricante sugiere que lea y entienda las normas para la operación. Todos los operadores, los operadores potenciales, el servicio y los técnicos de reparación de esta máquina deben leer y entender estas normas de Seguridad.
  - ❷ Estudie las reglas de seguridad antes de instalar, operar o darle servicio a la máquina. Entienda perfectamente el manual de uso y de operación. La máquina puede tener una operación segura, eficiente y confiable solo si esa debidamente instalada, operada y con el mantenimiento adecuado. Muchos accidentes pueden evitarse si se siguen las reglas de precaución descritas en este manual.
  - ❸ El fabricante no puede anticipar cada circunstancia posible que puede envolver un peligro. Las advertencias en este manual, y en las etiquetas y calcomanías adheridas a la unidad son, las más comunes. Si utiliza un procedimiento, un método de trabajo o una técnica de operación diferente a la especificada por el fabricante, cerciórese de que sea segura para todos. Además también que sea segura para el equipo.
- ⚠ PELIGRO:** A pesar del diseño seguro de esta máquina, si utiliza este equipo en forma imprudente, ignorando su mantenimiento o un descuido puede causar lesiones o la muerte. Permita que sólo personas responsables y capaces instalen, operen o mantengan este equipo.
- ⚠** Asegúrese de que todos tomen medidas para hacer que la máquina sea segura antes de intentar trabajar en la maquina automatizada para empacar vendas.
- Las partes de la máquina están en movimiento y/o calientes durante la operación. Tenga cuidado al estar cerca de la máquina en funcionamiento.
- ❷ La instalación, operación, mantenimiento y reparación de esta máquina deben cumplir siempre con los códigos reglamentos. Siga estrictamente las normas y reglamentos locales, estatales y nacionales de electricidad y de construcción. Además, asegúrese de que la máquina está instalada, operada y mantenida de acuerdo con las instrucciones y recomendaciones del fabricante. Tras la instalación, no hacer nada que puedan hacer que la unidad no cumpla con los códigos antes mencionados, normas, leyes y reglamentos.
  - ❸ Algunos elementos de la máquina manejan temperaturas altas las cuales pueden ser de riesgo si son utilizadas de forma incorrecta, este monitoreando constantemente el visualizador de la temperatura para poder estar pendiente de cualquier cambio en ella y que puede ser un riesgo para el operador.
  - ❹ Mantenga las manos, pies, ropa, etc, lejos de las partes móviles o calientes. No retire ninguna parte de la máquina.
  - ❺ No altere la instalación ni permita el bloqueo aunque sea parcial de las etapas, ya que esto puede afectar seriamente el funcionamiento seguro de la máquina.
  - ❻ Mantenga el área alrededor de la maquina limpia y despejada. Retire cualquier material que pueda ser peligroso.
  - ❼ Al trabajar con esta máquina, este alerta en todo momento. Nunca trabaje con este equipo si se encuentra fatigado física o mentalmente.
  - ❽ Inspeccione periódicamente las etapas del proceso de la máquina, y repare o reemplace todas las partes gastadas, dañadas o defectuosas, utilizando sólo piezas originales.
  - ❾ Antes de realizar cualquier mantenimiento en la máquina, desconecte los cables de la batería para evitar la puesta en marcha accidental. Desconecte primero el cable de alimentación.
  - ❿ Nunca ejerza presión en ni en ninguna de sus partes. Subirse sobre la máquina puede romper las piezas, y puede dar lugar a peligrosas fugas.

## RIESGOS GENERALES

- ❶ Por razones de seguridad, el fabricante recomienda que esta máquina sea instalada, mantenida y reparada por un personal autorizado o por un ingeniero calificado o un técnico de instalación que esté familiarizado con los códigos, normas y reglamentos. El operador también debe cumplir con todos los códigos, normas y reglamentos.

## RIESGOS ELECTRICOS

- 1 La maquina contemplada en este manual producen voltajes eléctricos peligrosos y pueden causar una descarga eléctrica. La entrega de energía es media y las tensiones son de tener cuidado. Evite el contacto con los cables pelados, terminales, conexiones, etc, en la máquina.
- 2  No manipular ningún tipo de dispositivo eléctrico mientras esté parado en agua, descalzo o con las manos o pies mojados. PODRÍA SUFRIR UNA PELIGROSA DESCARGA ELECTRICA.
- 3 Si durante una instalación, operación, reparación o servicio el personal esta sobre una superficie de metal o concreto, es necesario colocar una plataforma de madera seca con lonas de plástico aislante para evitar descargas eléctricas al personal.
- 4 Trabaje sobre el equipo únicamente estando sobre una superficie totalmente aislada.  
El calibre del cable, conectores, terminales, interruptores y otros dispositivos eléctricos deben ser adecuados al tamaño máximo de la corriente eléctrica a la que serán sometidos.
- 5 Antes de instalar o darle servicio a la maquina asegúrese de que toda la energía eléctrica esté desconectada.
- 6 Nunca use joyas cuando trabaje con esta máquina. Las joyas pueden puede quedar atrapada en los elementos en movimiento causando daño.

## RIESGOS DE FUEGO

Mantenga un extintor de fuego cerca de la maquina en todo momento. Mantenga el extintor cargado adecuadamente y este familiarizado con su uso. Se sugiere el uso de un extintor de CO<sub>2</sub>. Si hay alguna pregunta en relación a los extintores de incendios, consulte con el departamento local de bomberos.

## INTRODUCCION

 La información e instrucciones en este manual fueron actualizadas en el momento de redactar el manual. Sin embargo, el fabricante se reserva el derecho de modificar, alterar o mejorar el producto en cualquier momento sin previo aviso. **LEA ESTE MANUAL COMPLETAMENTE.** Si alguna parte de este manual no se entiende, póngase en contacto con el distribuidor de Servicio Autorizado para el arranque, procedimientos de operación y mantenimiento.

NOTA: Después de estos encabezados, lea las notas que requieren atención especial. Estas advertencias de seguridad no eliminan los riesgos que indican. Son esenciales el uso del sentido común y el cumplimiento estricto de las instrucciones especiales al realizar el servicio para la prevención de accidentes.

## OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

- 1 Es responsabilidad del operador realizar todas las pruebas de seguridad, para asegurarse de que todo el mantenimiento se lleve a cabo con prontitud, el equipo debe ser examinado periódicamente.
- 2 El servicio normal de mantenimiento y sustitución de las piezas son responsabilidad del propietario / operador y, como tal, no se consideran defectos en materiales o mano de obra.
- 3 El mantenimiento adecuado y el cuidado de la máquina garantizan un mínimo de problemas y mantiene los gastos de operación al mínimo.
- 4 Las instrucciones de uso presentadas en este manual asumen que la máquina ha sido instalada por un distribuidor autorizado de servicio o de otro contratista competente y calificado. La instalación de este equipo no es un proyecto de "hágalo usted mismo".

## DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA

Esta máquina automatizada para empaquetar vendas de algodón ortopédicas de diferentes tamaños. Entre los cuales se encuentra 3", 4", 5" y 6". La máquina tiene 3 etapas: enrollado, corte y empaquetado.

## RECOMENDACIONES DE OPERATIVIDAD

Conecte la máquina con el botón en OFF activado y el paro de emergencia activado.



### PRECAUCIÓN

Se recomienda manejar la conexión de manera segura, la manipulación de la máquina es sumamente importante para su funcionamiento.

## PREPARACIÓN ANTES DE ENCENDER

Las instrucciones de esta sección suponen que la máquina ha sido correctamente instalada, mantenida, probada y ajustada para su uso por el usuario. Asegúrese de leer las "Normas de seguridad", así como toda la información de seguridad en este manual, antes de intentar utilizar este equipo (y similares).

## PREPARACIÓN ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA

La máquina está preparada para ser usado por un personal competente y capacitado. Cerciórese de leer todas las instrucciones de seguridad también cualquier otra información importante mencionada en los manuales del equipo.

Antes de poner en marcha el equipo por primera vez, el instalador debe de completar todos los procedimientos necesarios para una instalación segura. Para un seguimiento en el mantenimiento del equipo refiérase a la información proporcionada al final del manual en la sección de Programa de Mantenimiento.

Antes de proceder al arranque de su equipo deberá estar completa la instalación. Se debe corroborar que todos los componentes están bien puestos en la máquina y que el botón de paro de emergencia y de OFF están presionados-

## SISTEMA ELECTRICO

Asegúrese que la máquina esté debidamente conectada.

## INSPECCIÓN INICIAL ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA

Inspeccione lo siguiente:

Daños

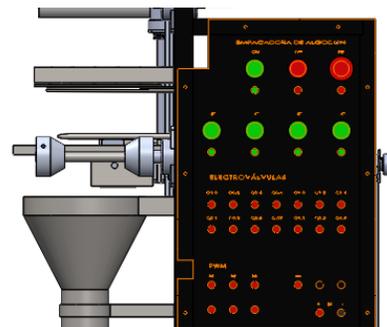
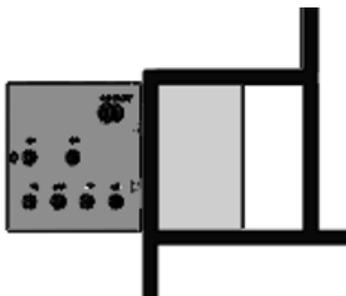
Manuales presentes

Material puesto en la máquina.

Una correcta instalación

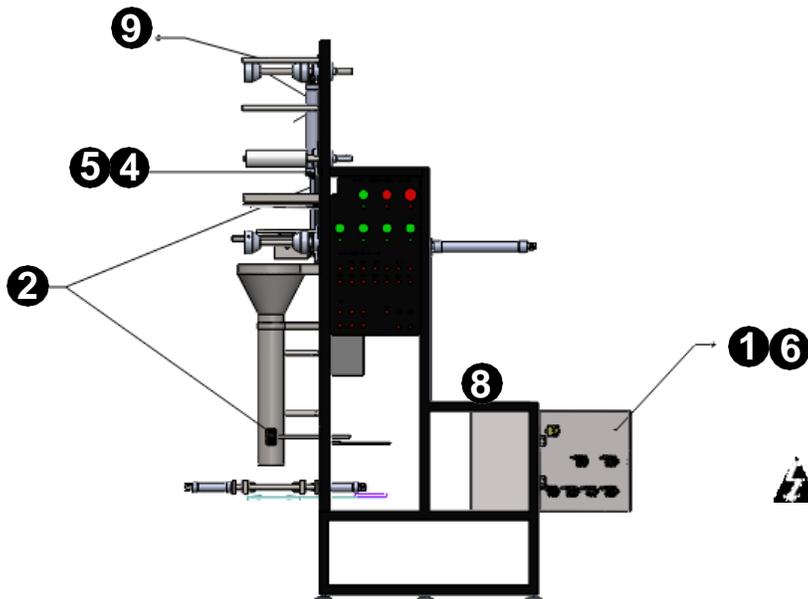
La unidad correctamente asegurada a una base o superficie.

	<b>PARO/REINICIO</b>	Al presionar este botón para inmediatamente la máquina
	<b>ON</b>	Al presionar este botón, la máquina se prepara para recibir la orden del tipo de venda que se desea empacar.
	<b>OFF</b>	Al presionar este botón se parara el sistema y se puede seleccionar otro tipo de venda.
	<b>VENDA DE 3"</b>	Al presionar este botón se realizará el proceso de enrollado, corte y empacado con la venda de 3"
	<b>VENDA DE 4"</b>	Al presionar este botón se realizará el proceso de enrollado, corte y empacado con la venda de 4"
	<b>VENDA DE 5"</b>	Al presionar este botón se realizará el proceso de enrollado, corte y empacado con la venda de 5"
	<b>VENDA DE 6"</b>	Al presionar este botón se realizará el proceso de enrollado, corte y empacado con la venda de 6"



## PREPARACIÓN PARA LA PUESTA EN MARCHA

- 1 Revise que hay una fuente de alimentación cerca.
- 2 Limpie perfectamente el equipo, elimine el material que no sea necesario del lugar de trabajo.
- 3 Revise todas las conexiones de las mangueras para ver si están apropiadamente ajustadas. Una fuga de fluidos podría resultar en un daño o peligro tanto para el operador como el equipo.
- 4 Inspeccione todas las conexiones.
- 5 Asegúrese que están apropiadamente instaladas y que estén perfectamente conectadas.
- 6 Conecte la máquina.
- 7 Asegúrese que las resistencias están subiendo de temperatura.
- 8 Coloque el manual de uso en un lugar visible.
- 9 Posicionar los rollos de 3", 4", 5" y 6".

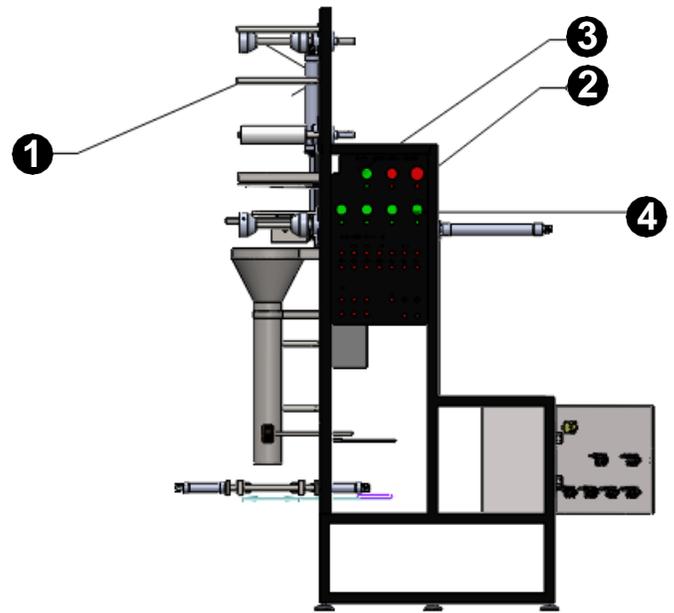


## PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA

- 1 Revisar que los rollos están en su posición.
- 2 Sacar el pulsador de paro de emergencia.
- 3 Se presiona el pulsador ON para darle puesta en marcha a la máquina.
- 4 Seleccionar el tipo de venda con los botones, puede ser de: 3", 4", 5" o 6"
- 5 Comienza a realizar el ciclo.

## CAMBIO DE CICLO

Presione el botón OFF para parar el ciclo y poder seleccionar otro tipo de venda.



**No intente una inspección manual hasta que este parada la máquina, caso contrario podría resultar una riesgo para el operario.**

Mantenga siempre la caja de control debidamente cerrada y en un lugar apropiado (para los equipos que así lo requieran). Sólo personal competente y autorizado debe tener acceso al interior de la caja.

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO POR UN CENTRO DE SERVICIO AUTORIZADO

CHECAR / INSPECCIÓN		CAMBIO / REEMPLAZO
DIARIAMENTE	FUGAS DE FLUIDOS LIMPIEZA DE LA CUCHILLA LIMPIEZA LAS MORDAZAS	
1 MES	REVIZAR FILO DE LAS CUCHILLAS	CUCHILLAS
3 MESES	REVIZAR QUE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO TENGA EL ACEITE ADECUADO	ACEITE

Cheque diariamente las fugas de los fluidos, debido a que se manejan presión en las diferentes partes de la máquina, es necesario revisarlas diariamente.

Mantenga limpia la zona de operación de la máquina debido a que se maneja materiales que desprenden partículas, es necesario estar limpiando la máquina de acuerdo al uso.

Nunca revise el filo de las cuchillas sin antes mirar que la máquina esta sin la alimentación.

Inspeccionar la unidad de mantenimiento, si es necesario cambiar el aceite.

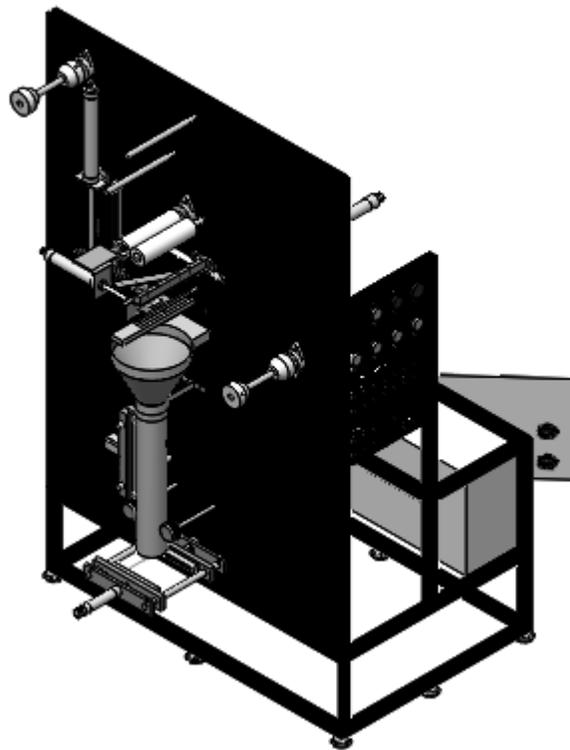
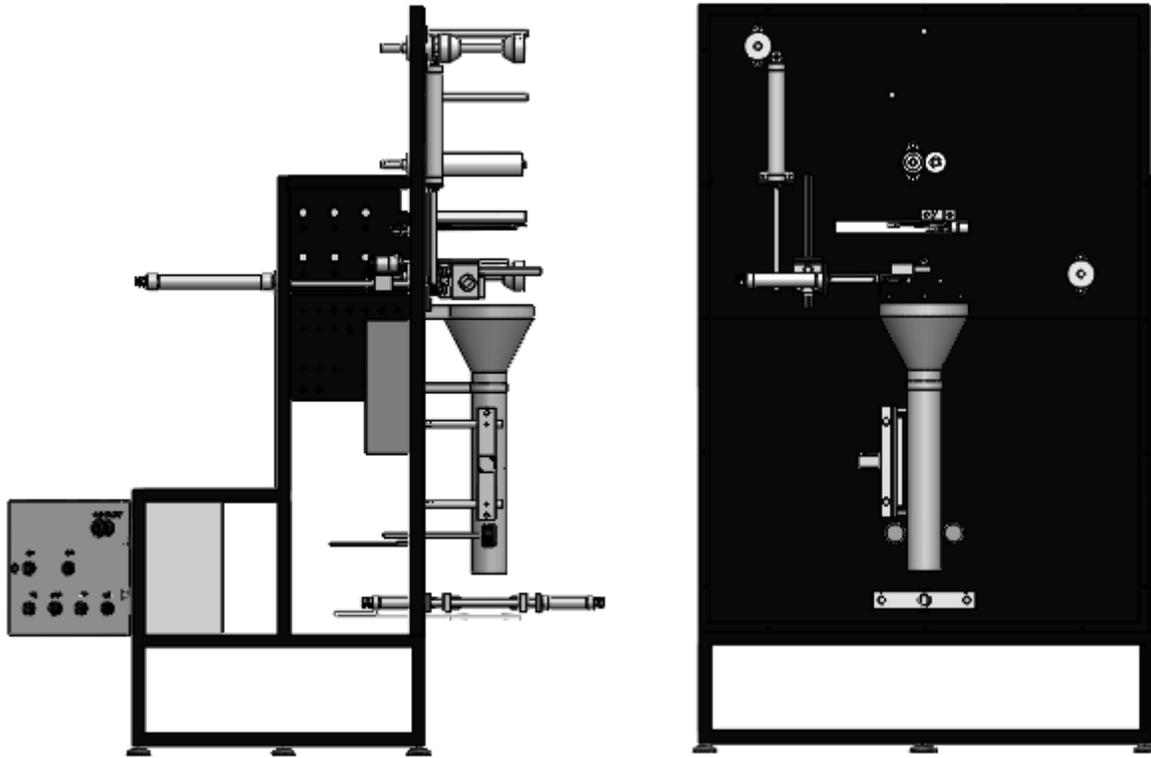
## MANTENIMIENTO CORRECTIVO

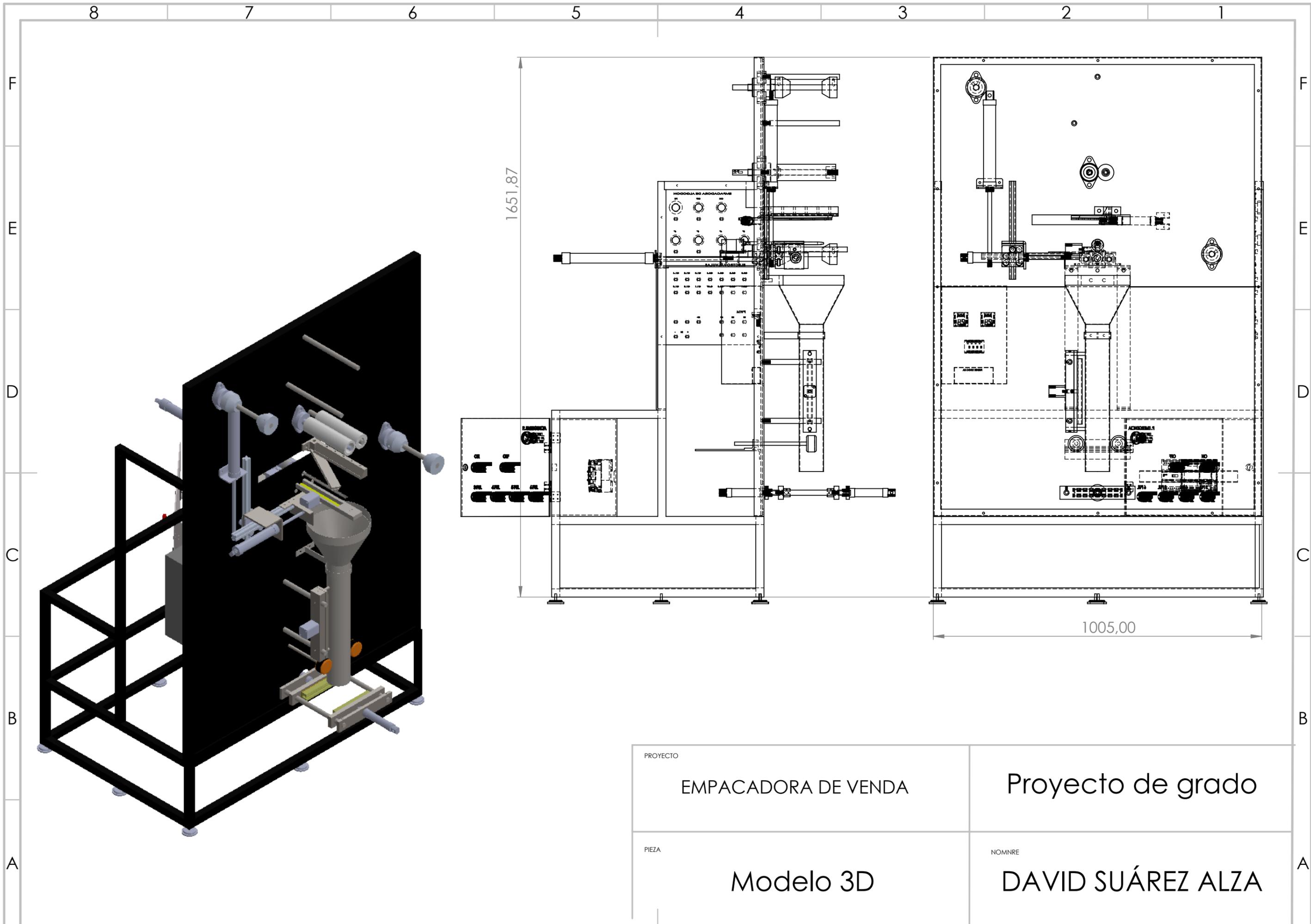
- 1 Analizar falla**  
Analizar que parte de la máquina presenta falla.
- 2 Parte afectada**  
Se retira la parte afectada o dañada para el cambio o reparación.
- 3 Especificaciones**  
Se verifica en el manual las especificaciones que tiene el fabricante para la pieza que necesita cambio.
- 4 Pieza**  
Se realiza el cambio de la pieza con el fin de operar la máquina.



**ADVERTENCIA:** Los mantenimientos tanto correctivos como preventivos debe realizarlo el personal autorizado, si el operario de la máquina no está capacitado no puede realizarlo.

# VISTAS DE LA MÁQUINA



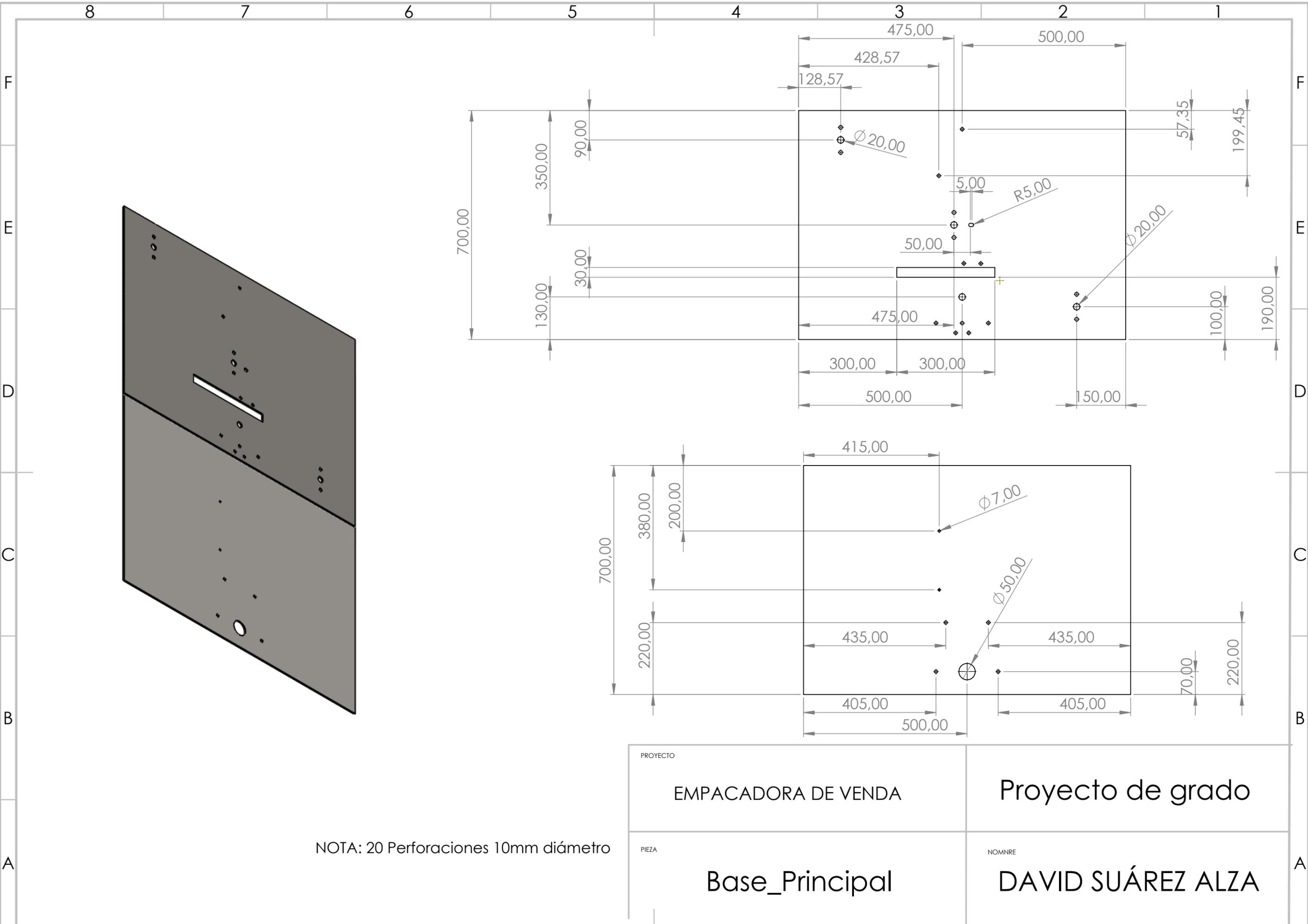


PROYECTO  
 EMPACADORA DE VENDA

Proyecto de grado

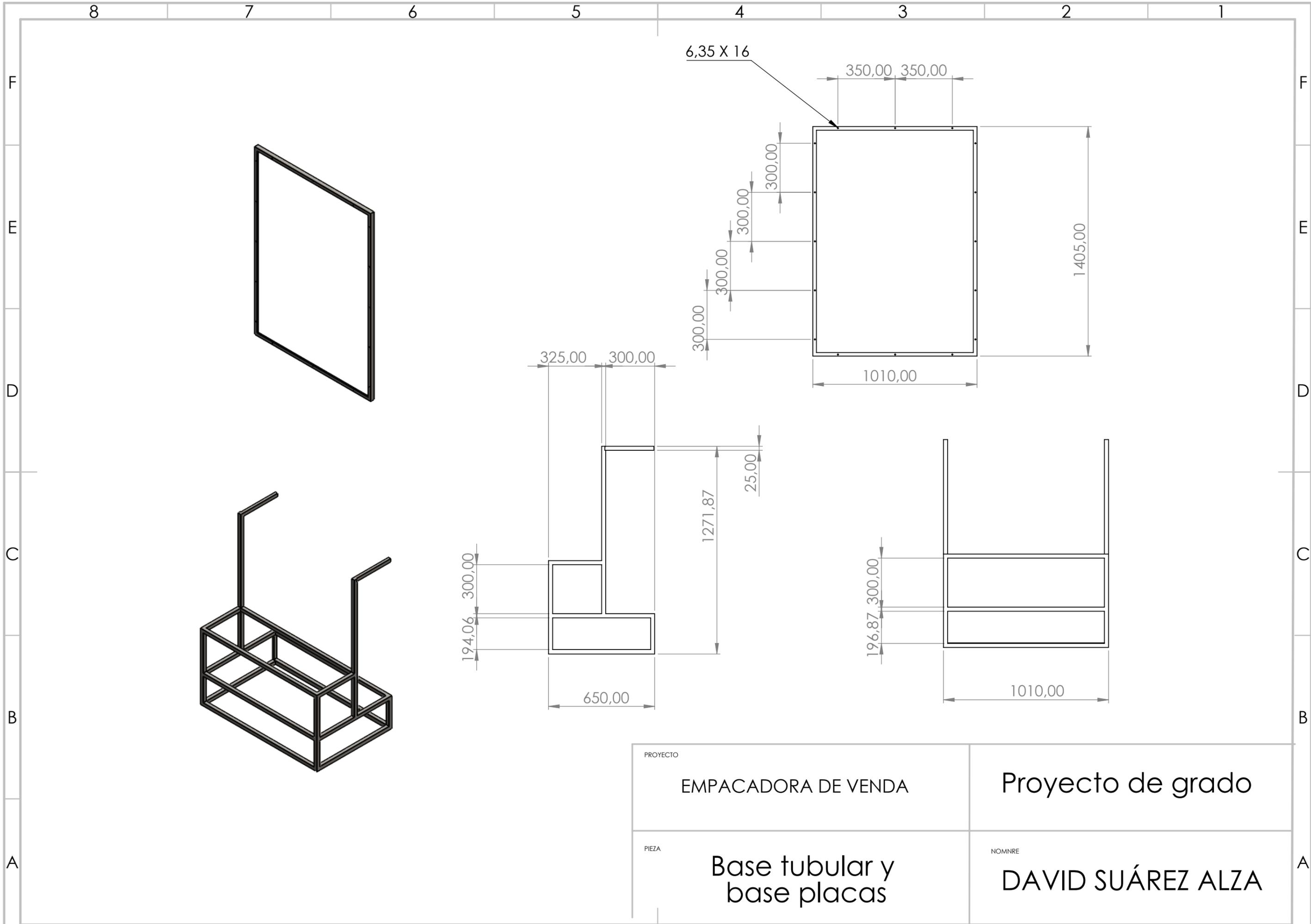
PIEZA  
 Modelo 3D

NOMBRE  
 DAVID SUÁREZ ALZA



NOTA: 20 Perforaciones 10mm diámetro

PROYECTO EMPACADORA DE VENDA	Proyecto de grado
PIEZA Base_Principal	NOMBRE DAVID SUÁREZ ALZA

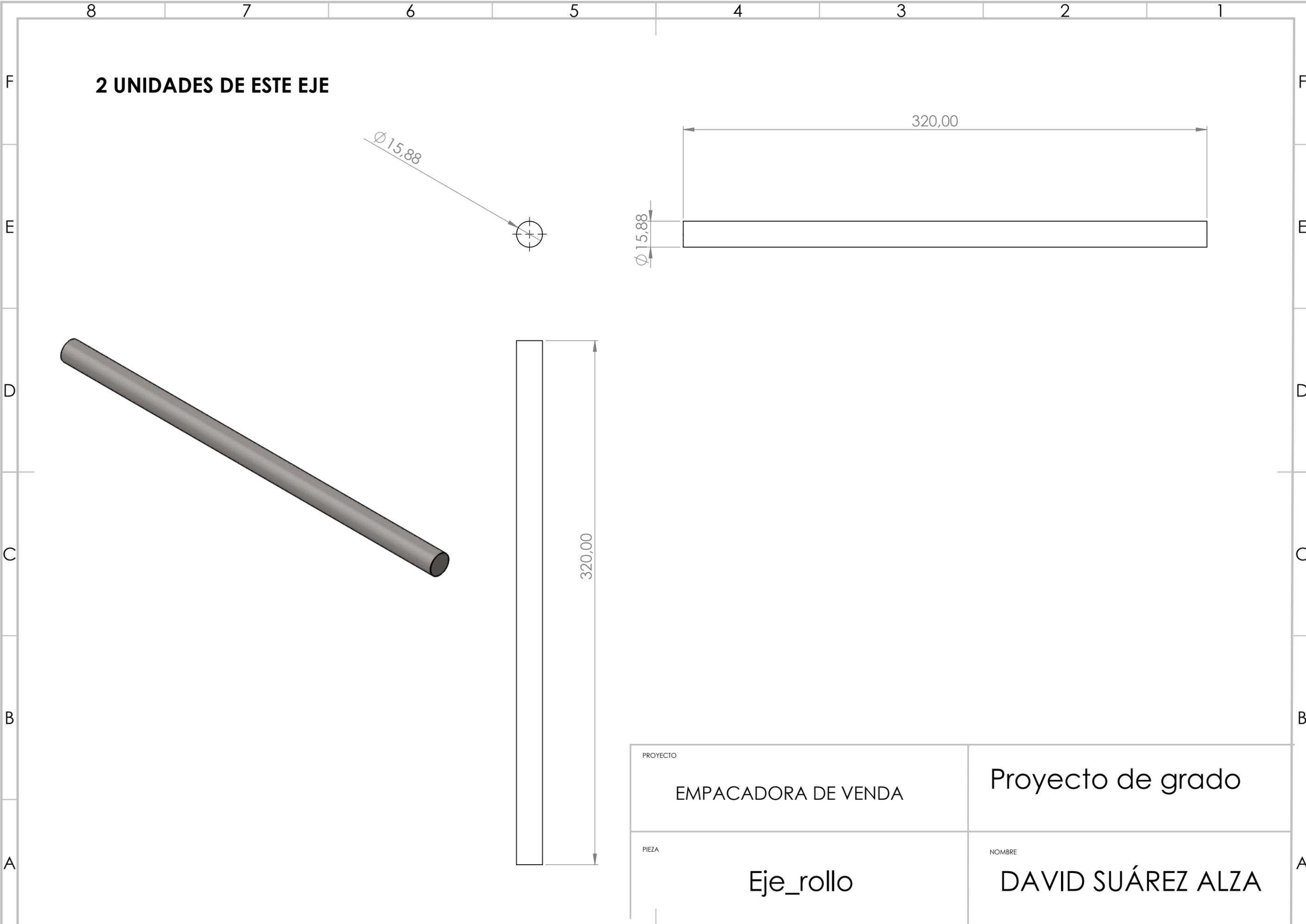


PROYECTO  
 EMPACADORA DE VENDA

Proyecto de grado

PIEZA  
 Base tubular y  
 base placas

NOMNRE  
 DAVID SUÁREZ ALZA



**2 UNIDADES DE ESTE EJE**

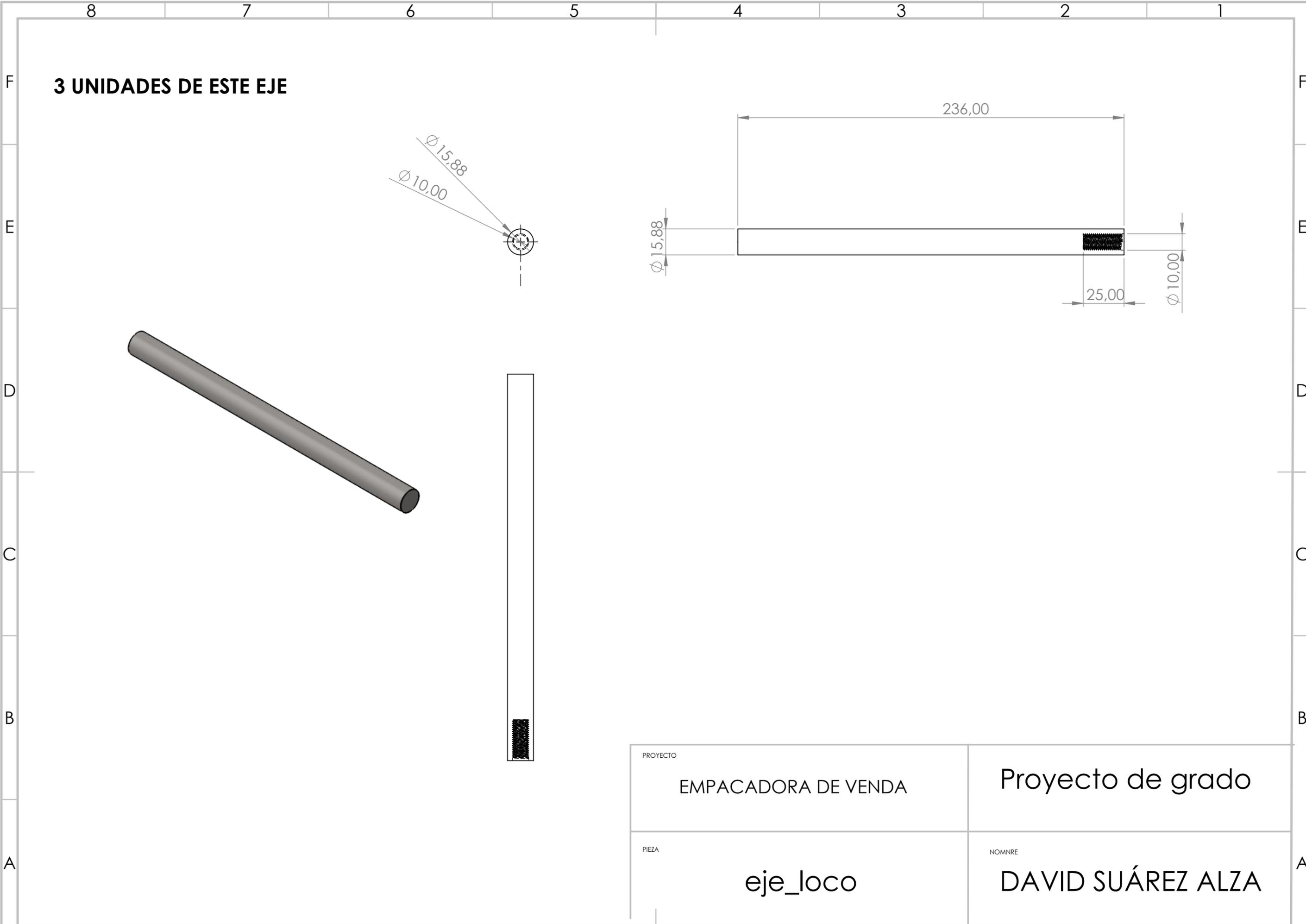
$\varnothing 15,88$

320,00

$\varnothing 15,88$

320,00

PROYECTO	EMPACADORA DE VENDA	Proyecto de grado
PIEZA	Eje_rollo	DAVID SUÁREZ ALZA



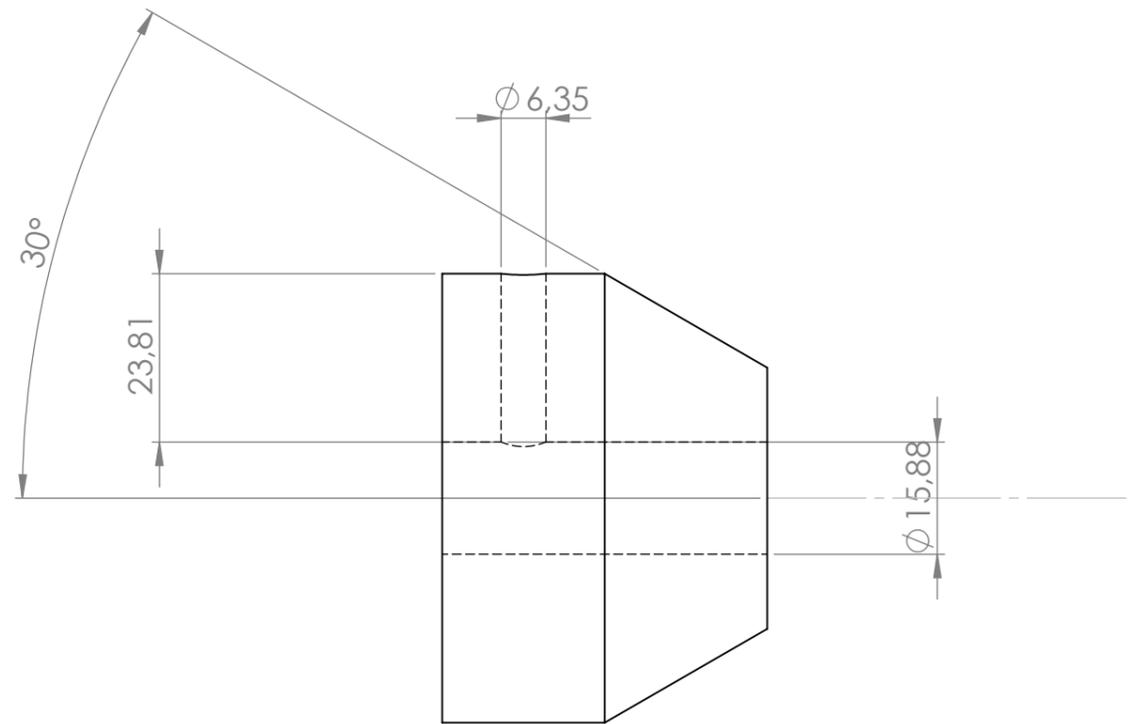
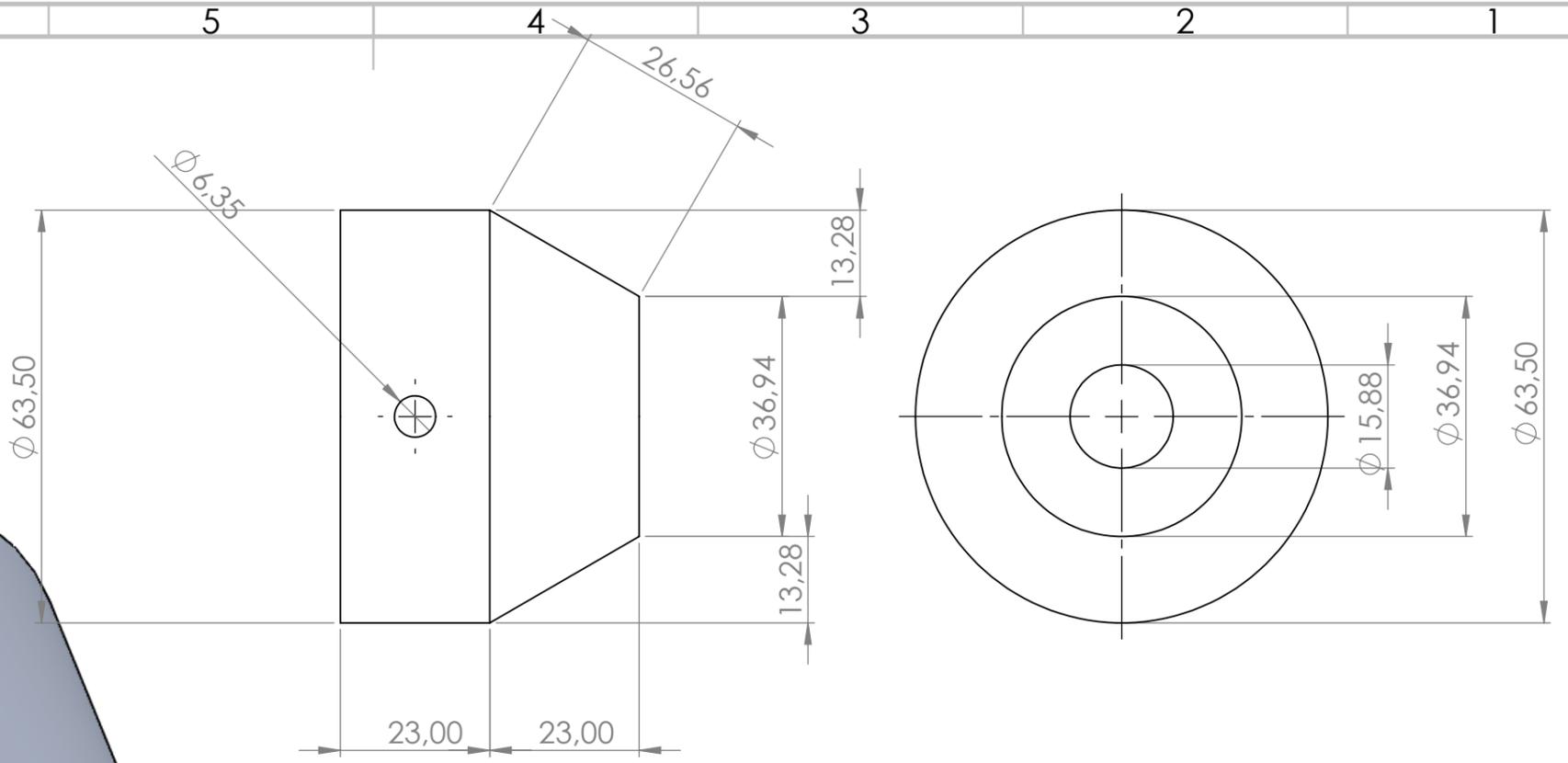
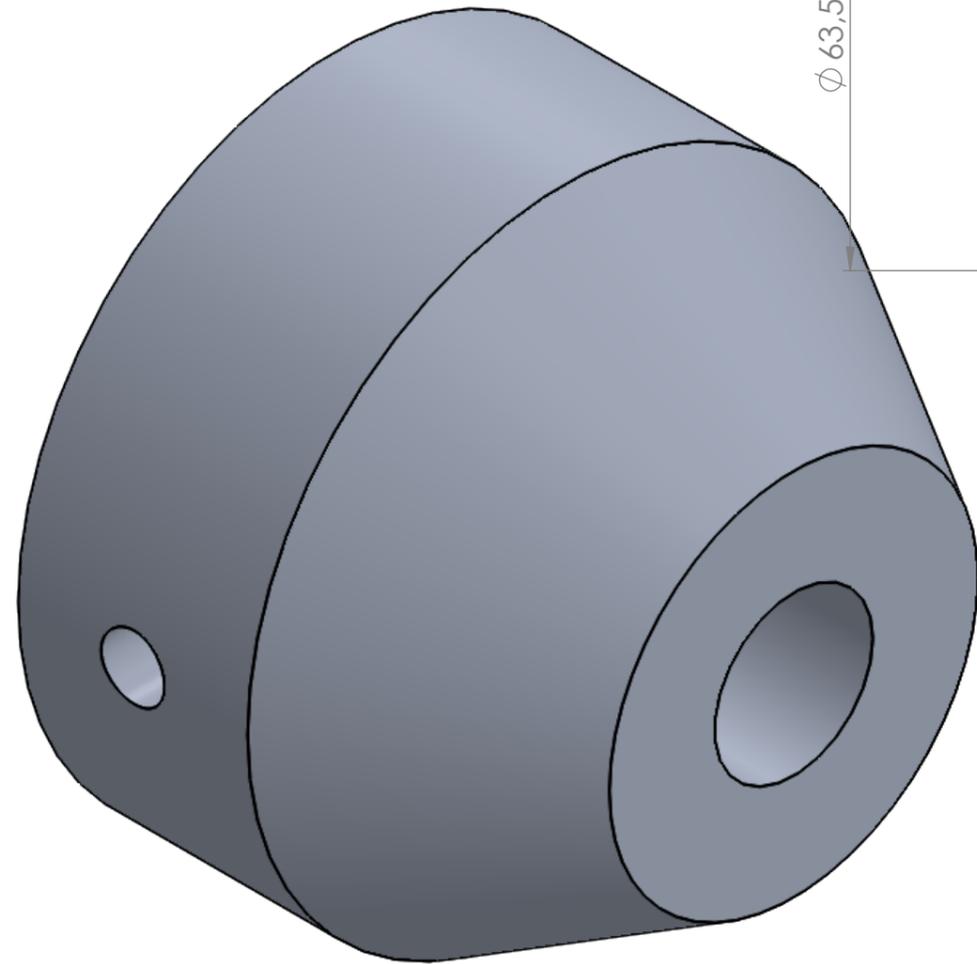
**3 UNIDADES DE ESTE EJE**

$\phi 15,88$   
 $\phi 10,00$

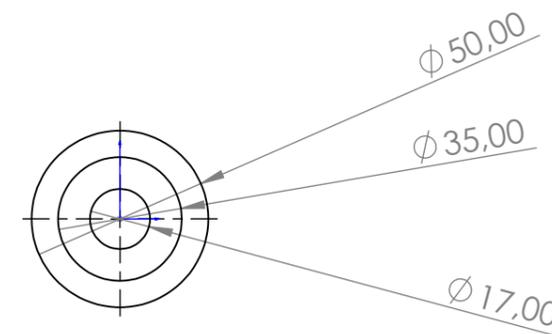
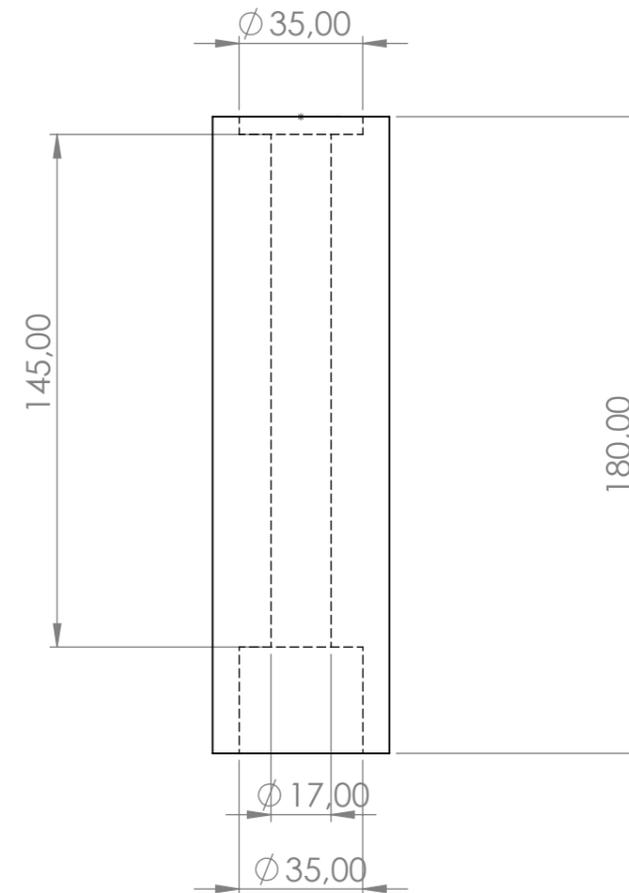
236,00  
 $\phi 15,88$   
 25,00  
 $\phi 10,00$

PROYECTO	EMPACADORA DE VENDA	Proyecto de grado
PIEZA	eje_loco	NOMNRE DAVID SUÁREZ ALZA

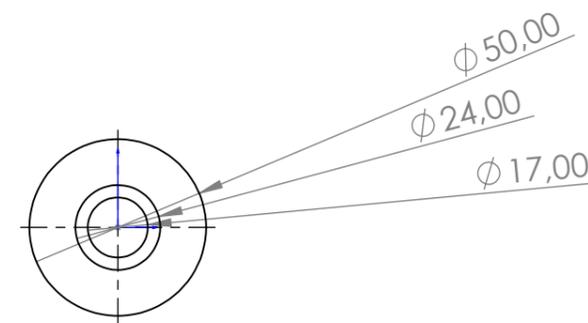
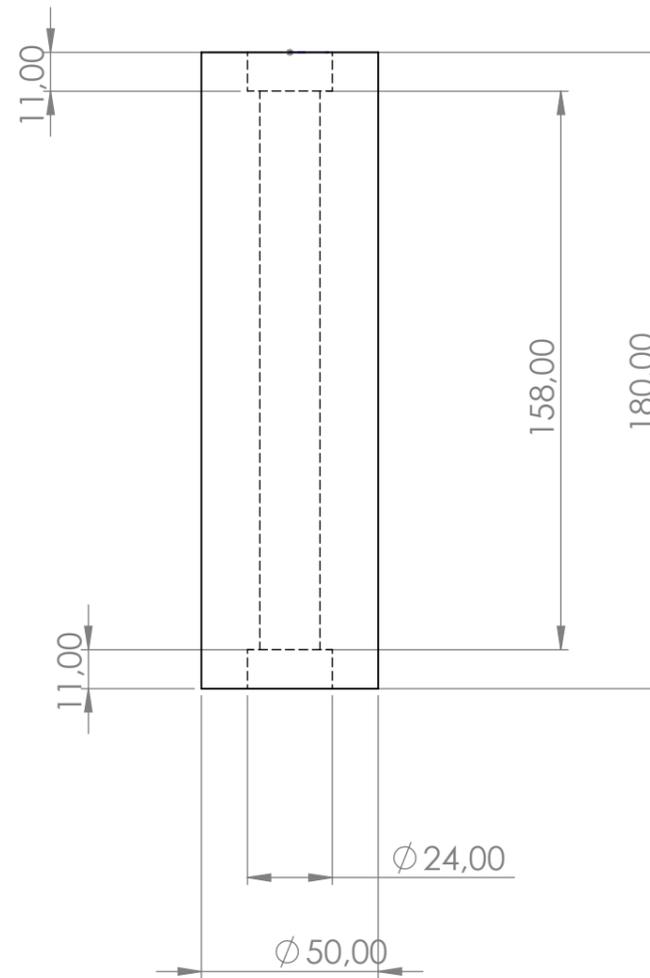
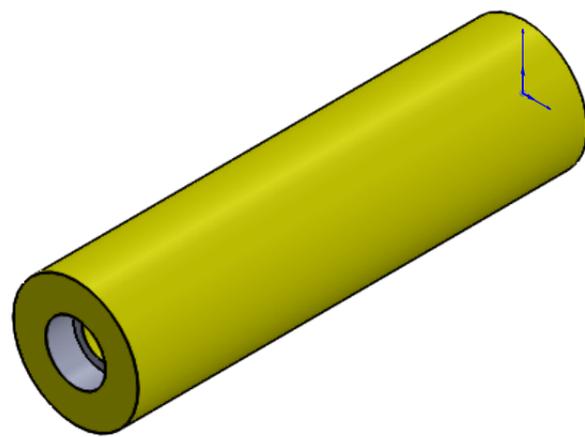
4 UNIDADES DE ESTA PIEZA



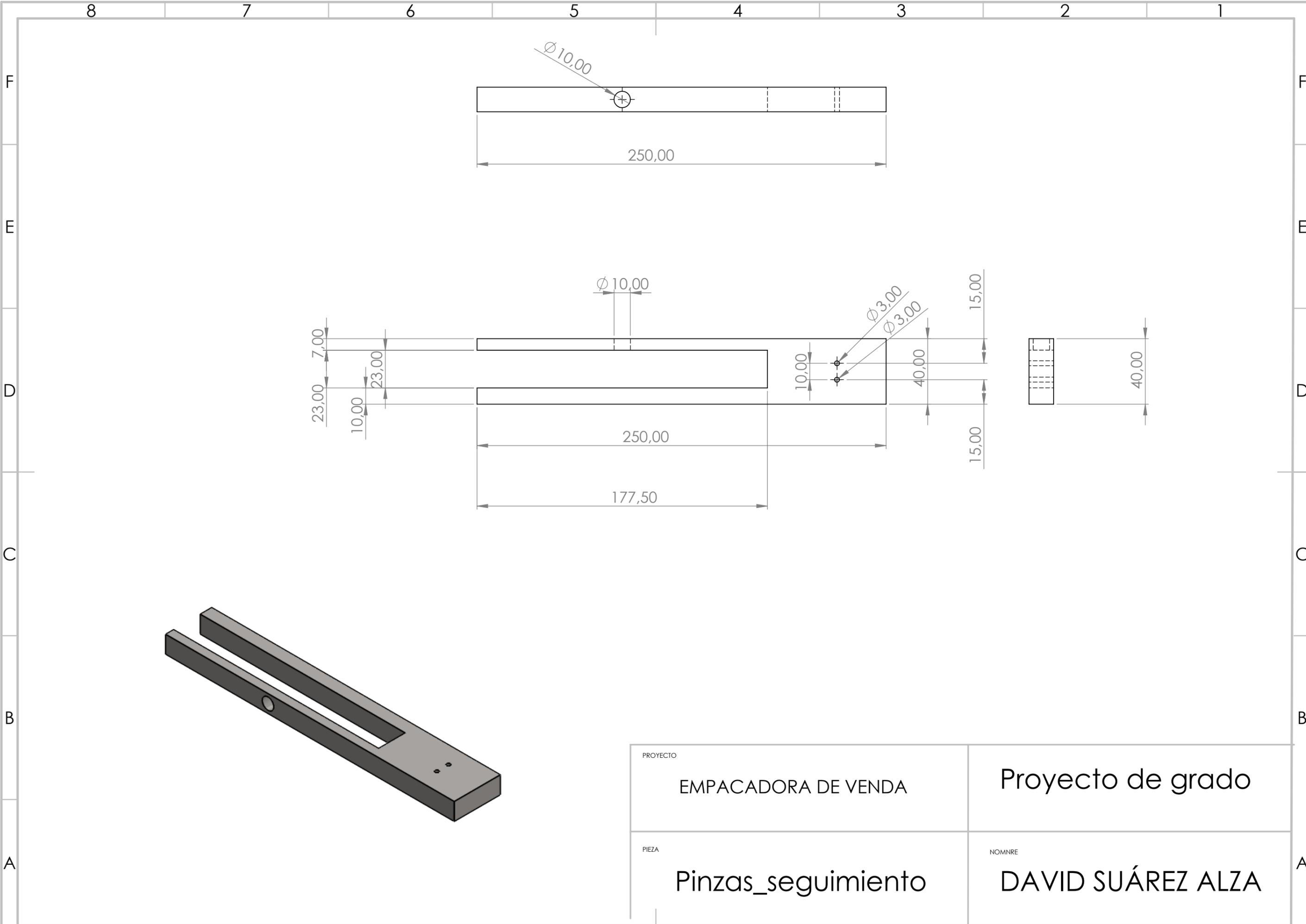
PROYECTO	EMPACADORA DE VENDA	Proyecto de grado
PIEZA	Centradores_de_rollo	NOMNRE DAVID SUÁREZ ALZA



PROYECTO	EMPACADORA DE VENDA	Proyecto de grado
PIEZA	Rodillo_arrastre	NOMNRE DAVID SUÁREZ ALZA



PROYECTO	EMPACADORA DE VENDA	Proyecto de grado
PIEZA	Rodillo_loco	NOMNRE DAVID SUÁREZ ALZA



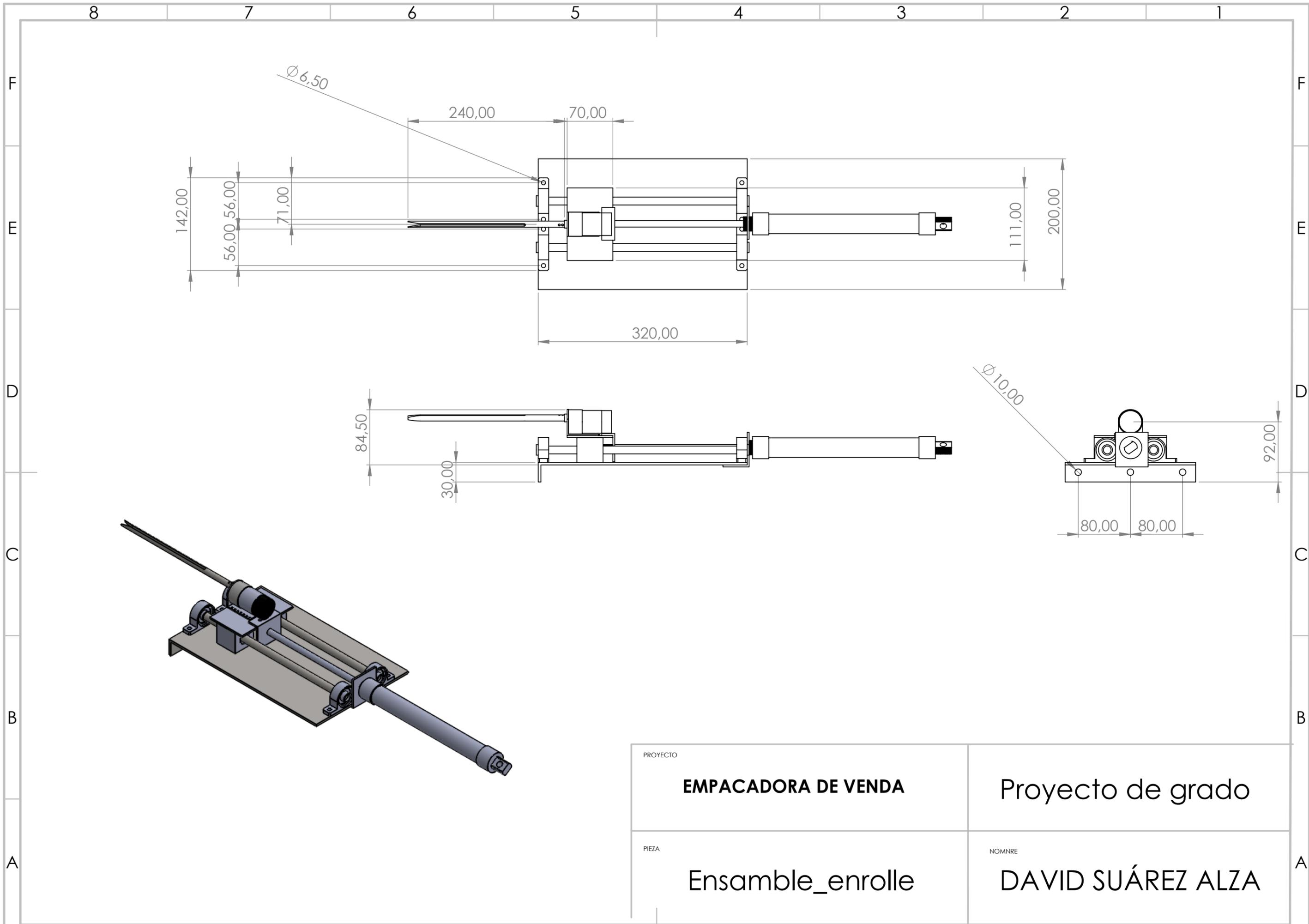
PROYECTO  
 EMPACADORA DE VENDA

Proyecto de grado

PIEZA  
 Pinzas\_segguimiento

NOMNRE  
 DAVID SUÁREZ ALZA



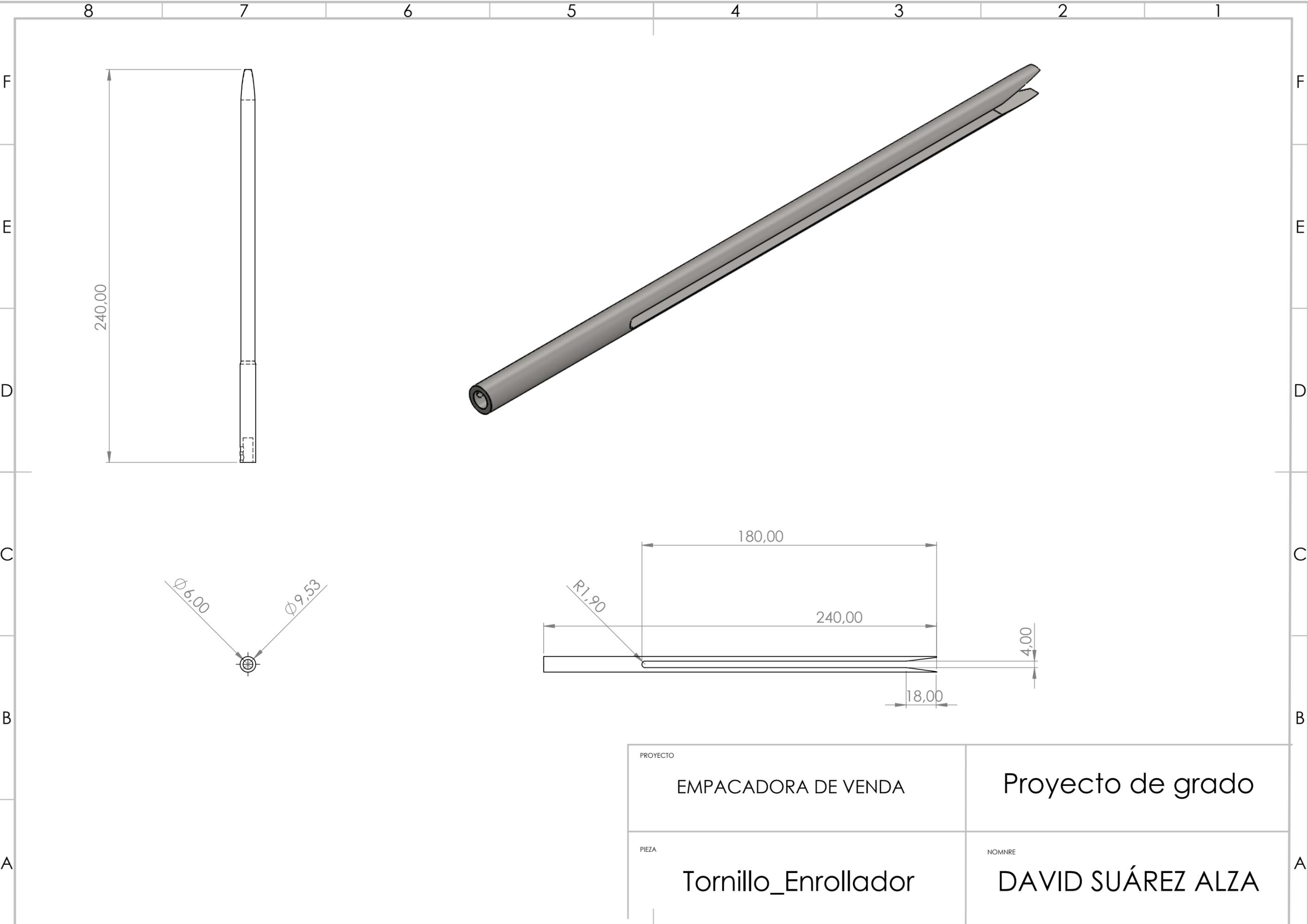


PROYECTO  
**EMPACADORA DE VENDA**

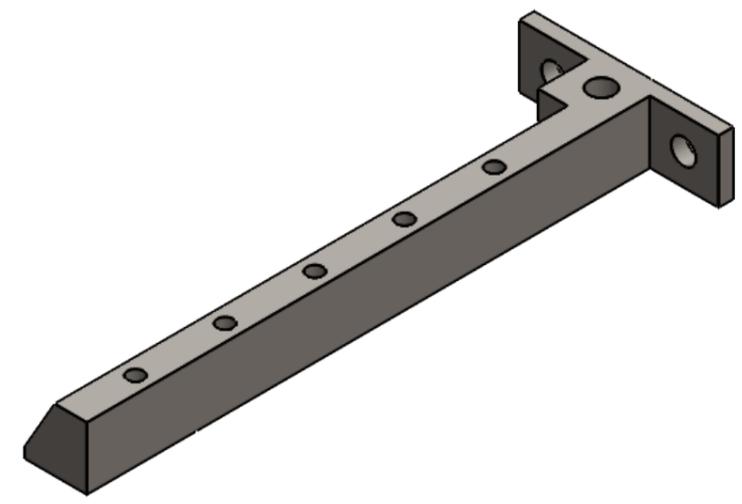
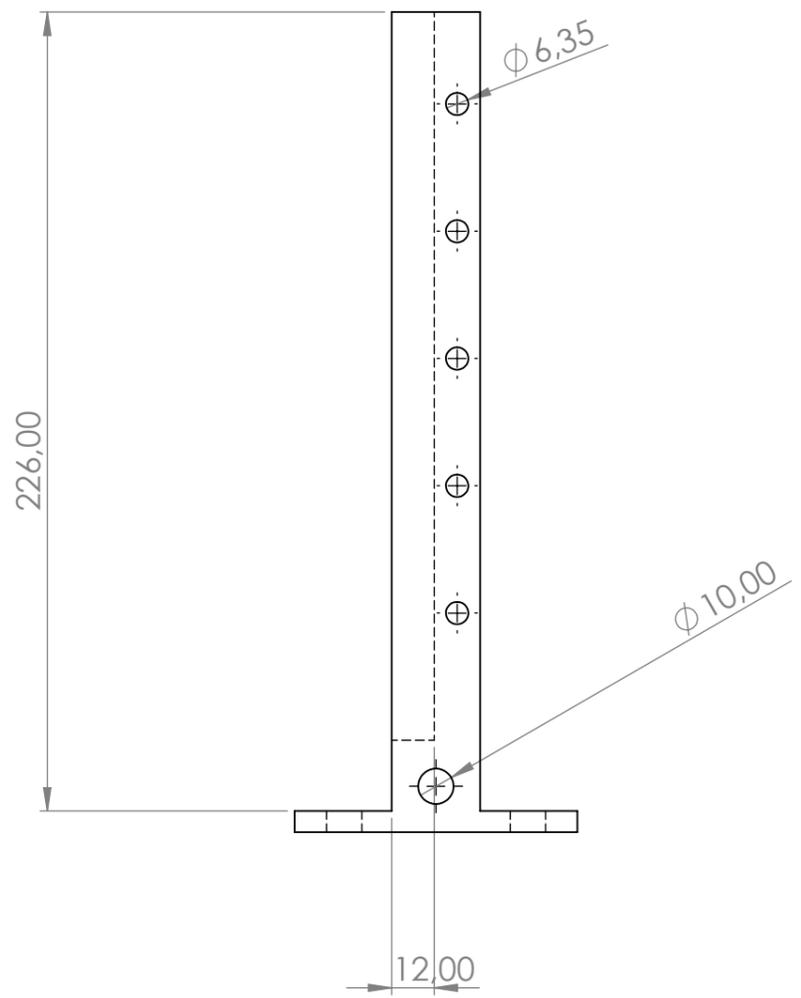
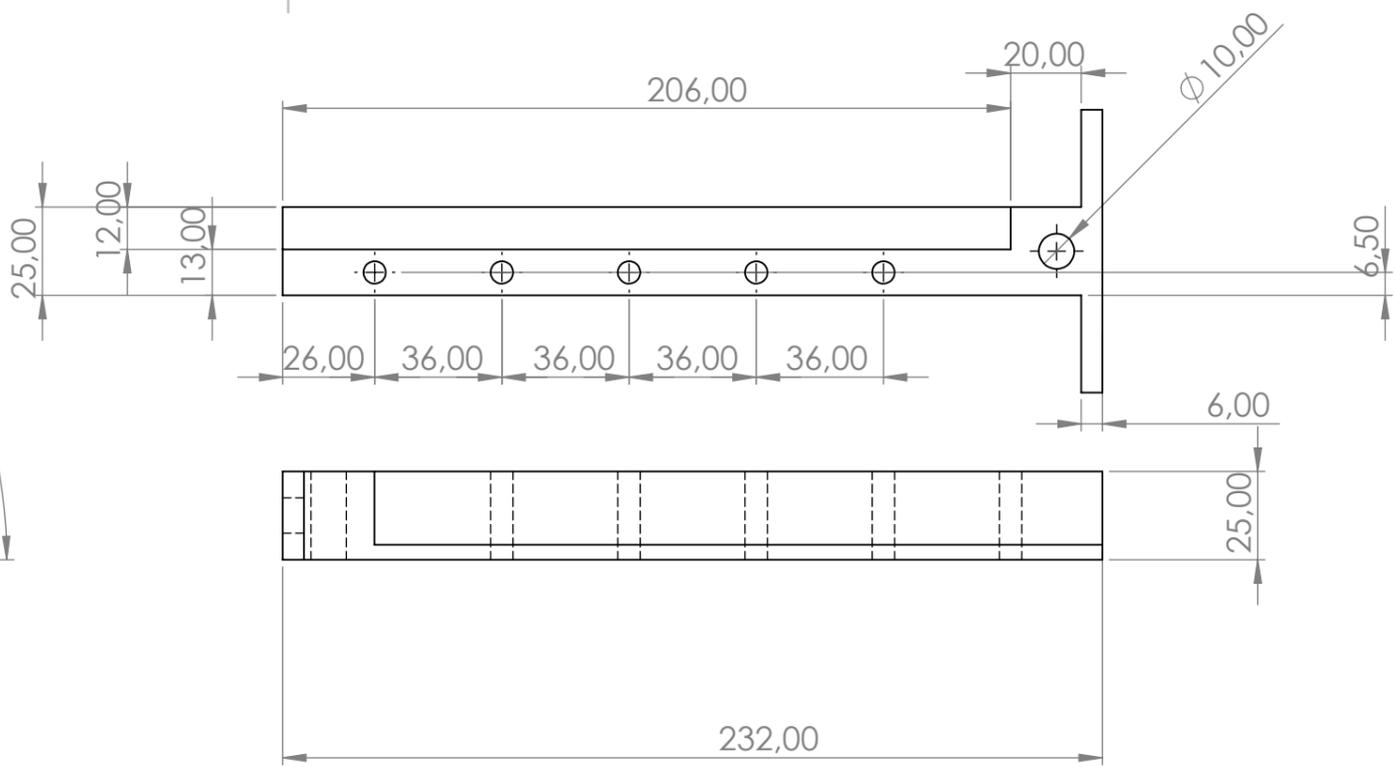
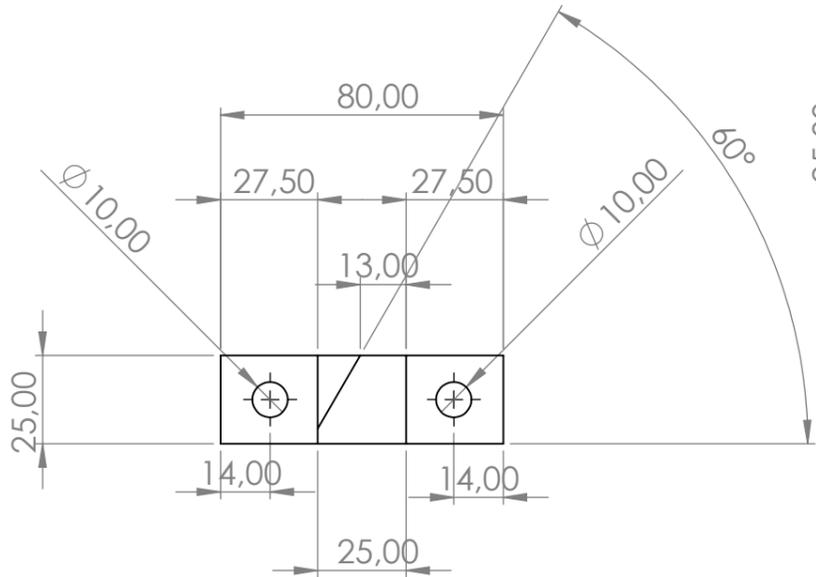
Proyecto de grado

PIEZA  
 Ensamble\_enrolle

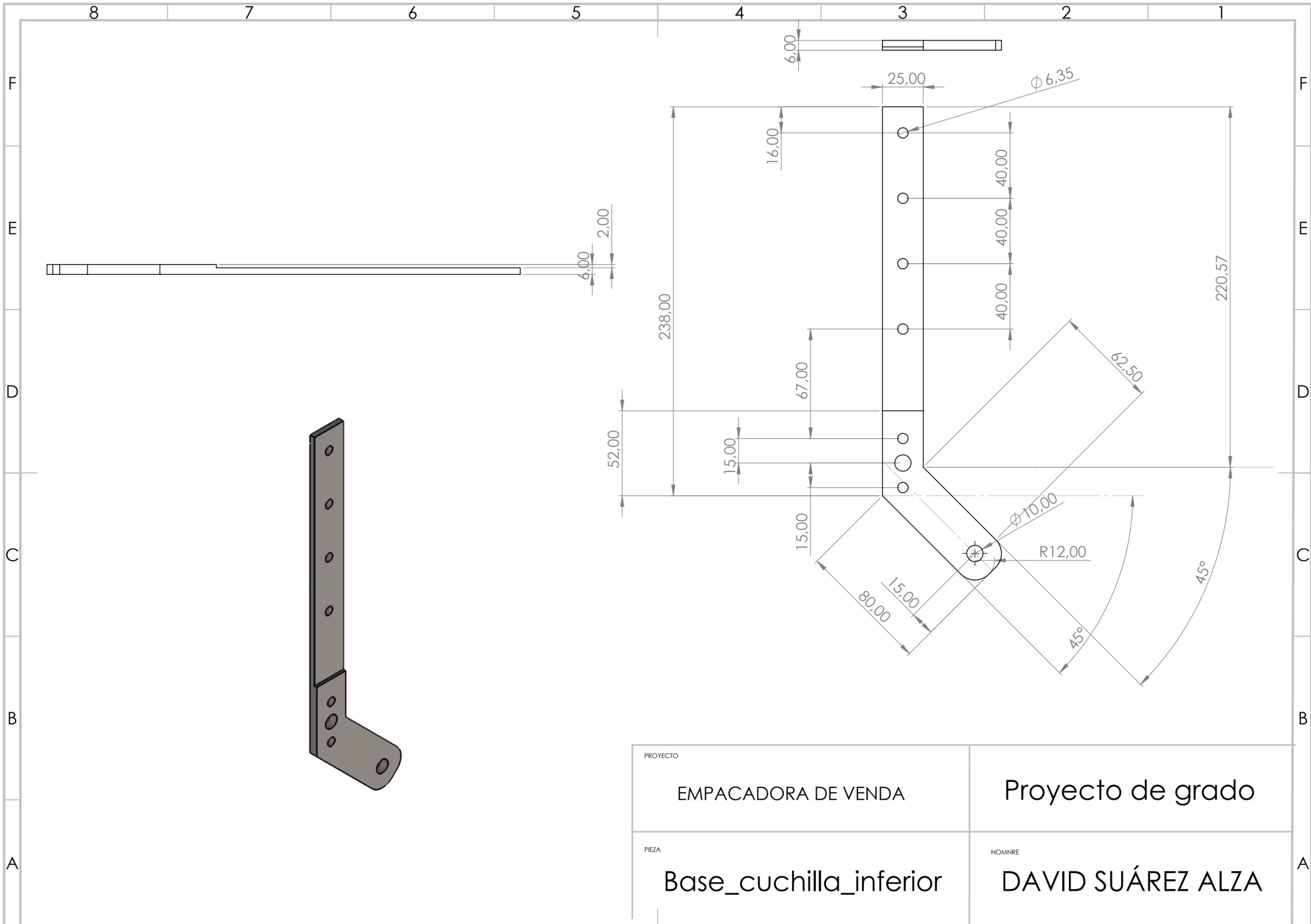
NOMNRE  
 DAVID SUÁREZ ALZA







PROYECTO	EMPACADORA DE VENDA	Proyecto de grado
PIEZA	Soporte_cuchilla_sup	DAVID SUÁREZ ALZA

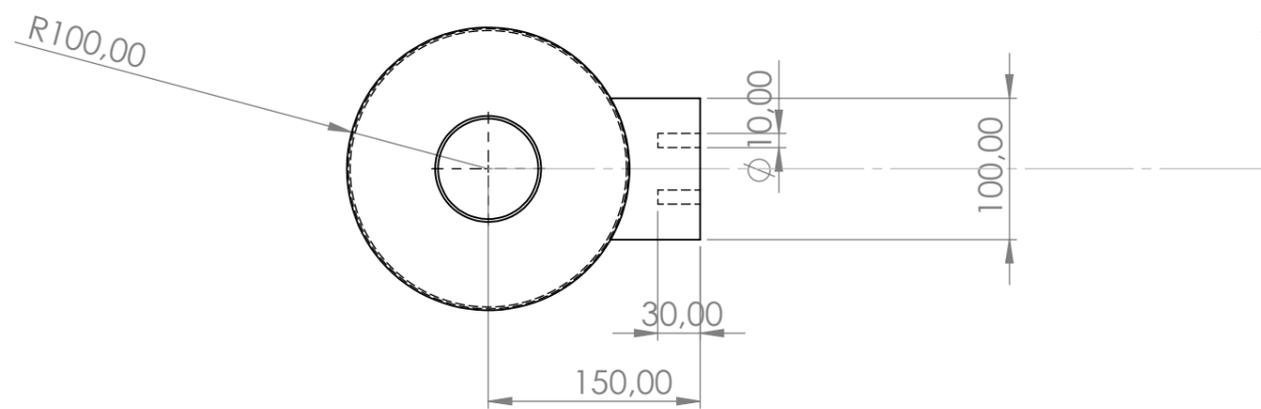
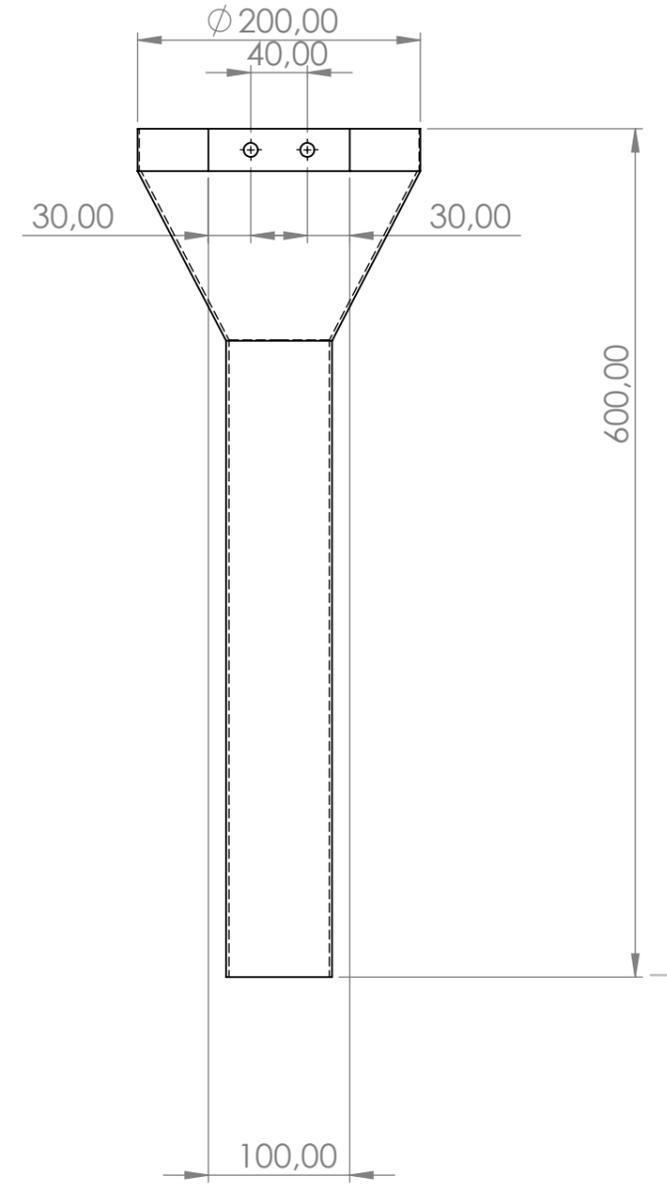
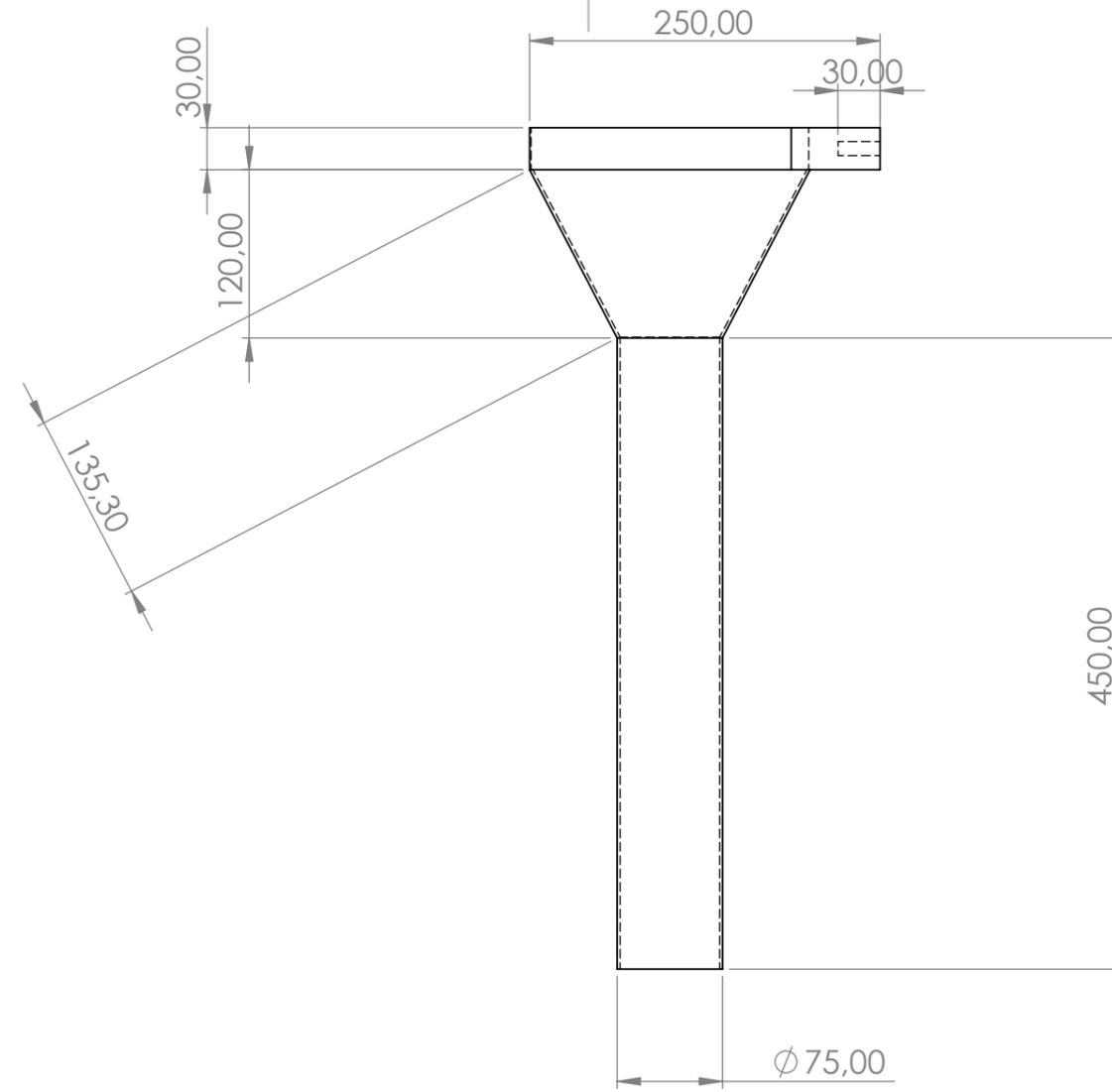
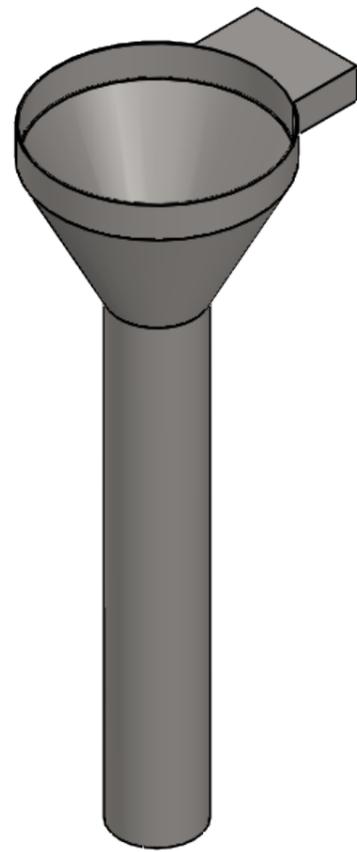


PROYECTO  
 EMPACADORA DE VENDA

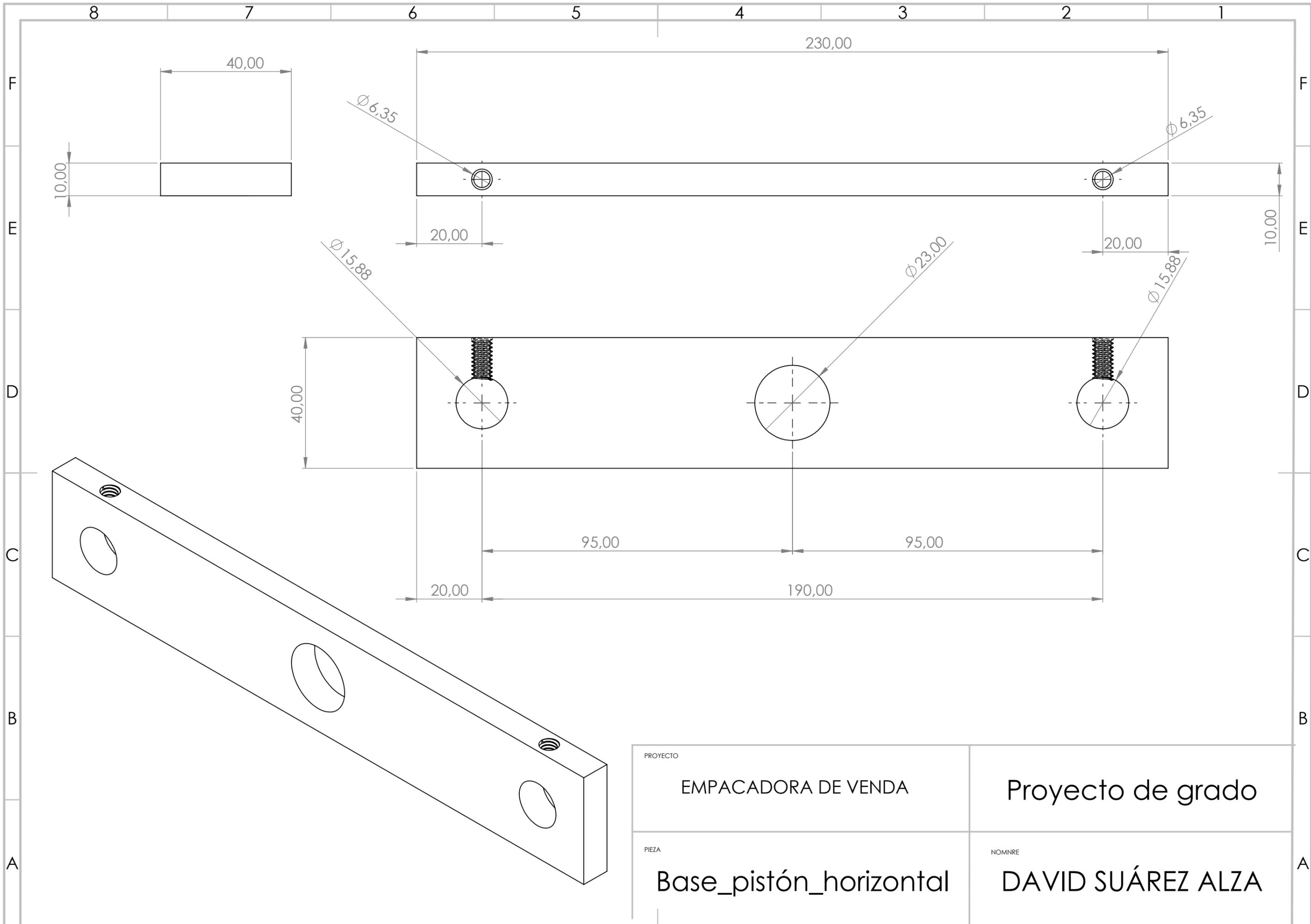
Proyecto de grado

PIEZA  
 Base\_cuchilla\_inferior

NOMNRE  
 DAVID SUÁREZ ALZA



PROYECTO EMPACADORA DE VENDA	Proyecto de grado
PIEZA Tubo_Dispensador	NOMNRE DAVID SUÁREZ ALZA

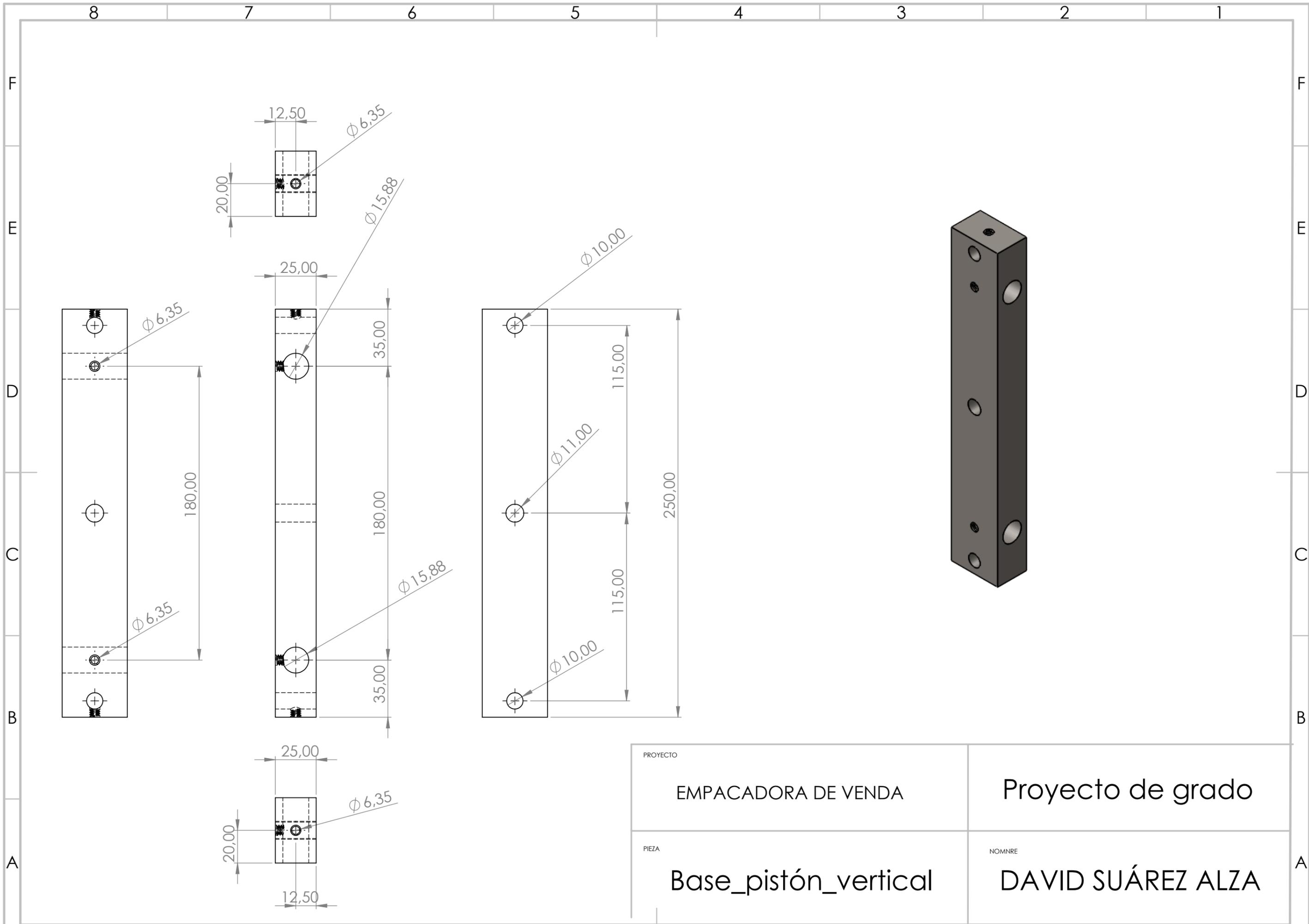


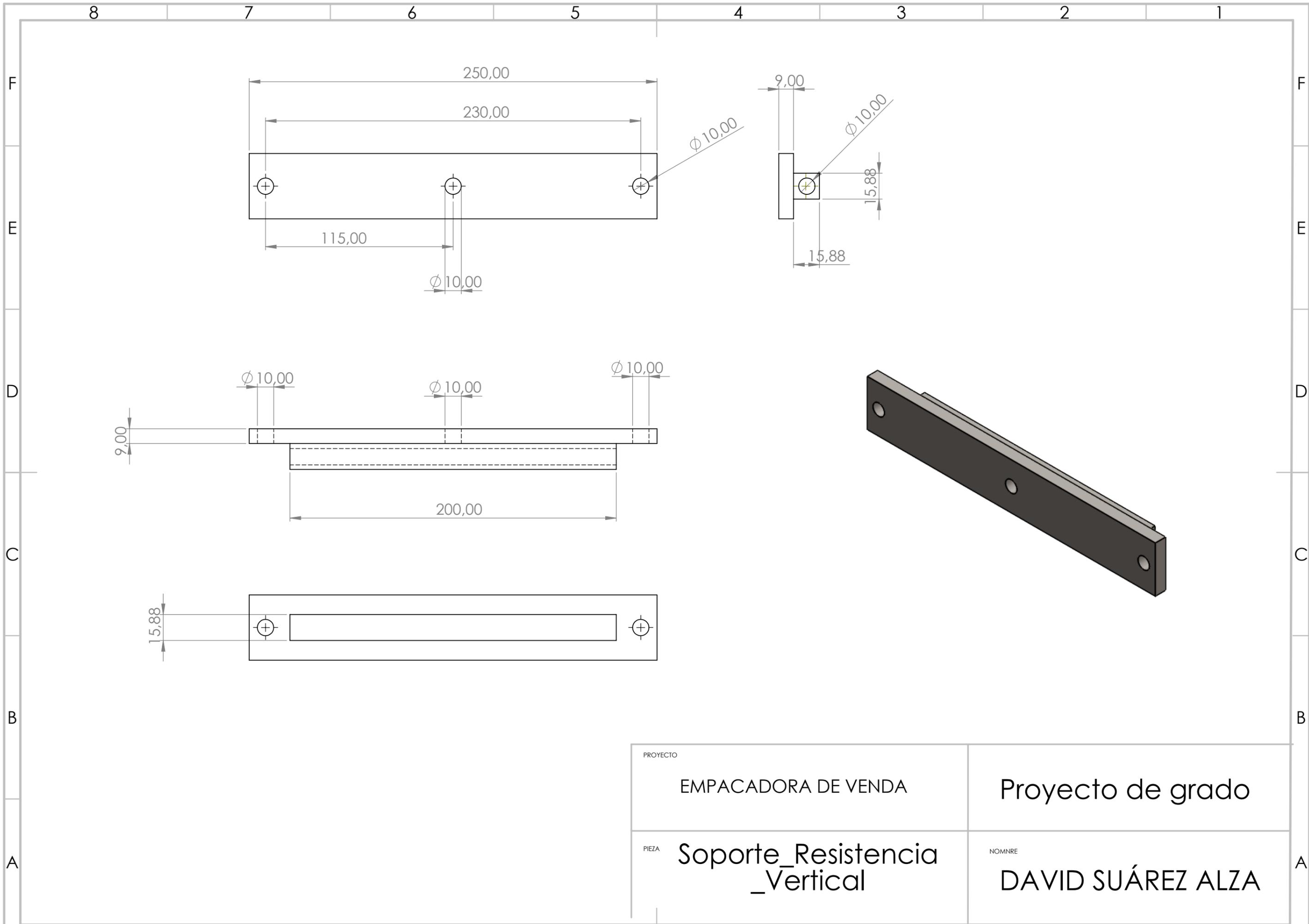
PROYECTO  
 EMPACADORA DE VENDA

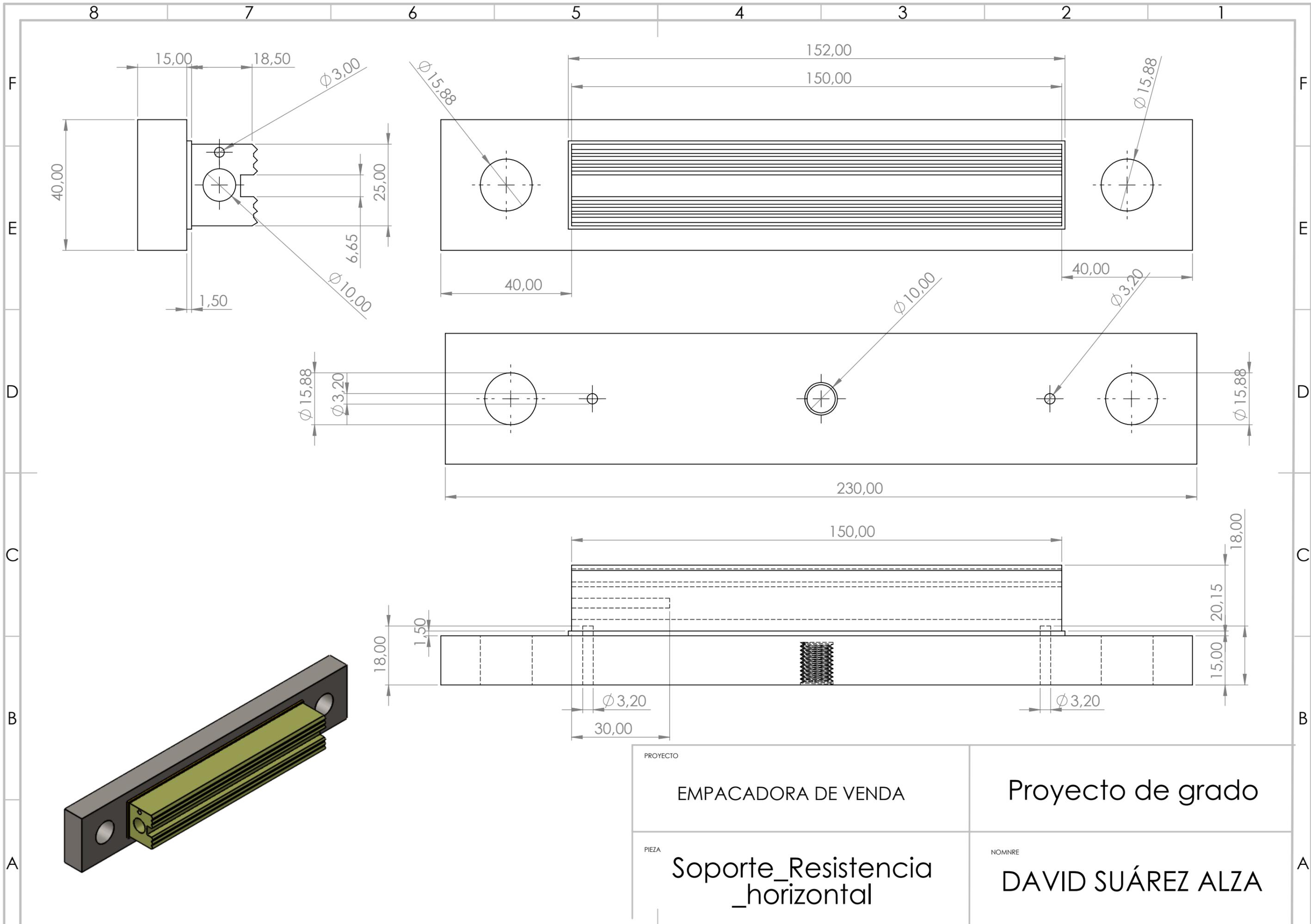
Proyecto de grado

PIEZA  
 Base\_pistón\_horizontal

NOMNRE  
 DAVID SUÁREZ ALZA





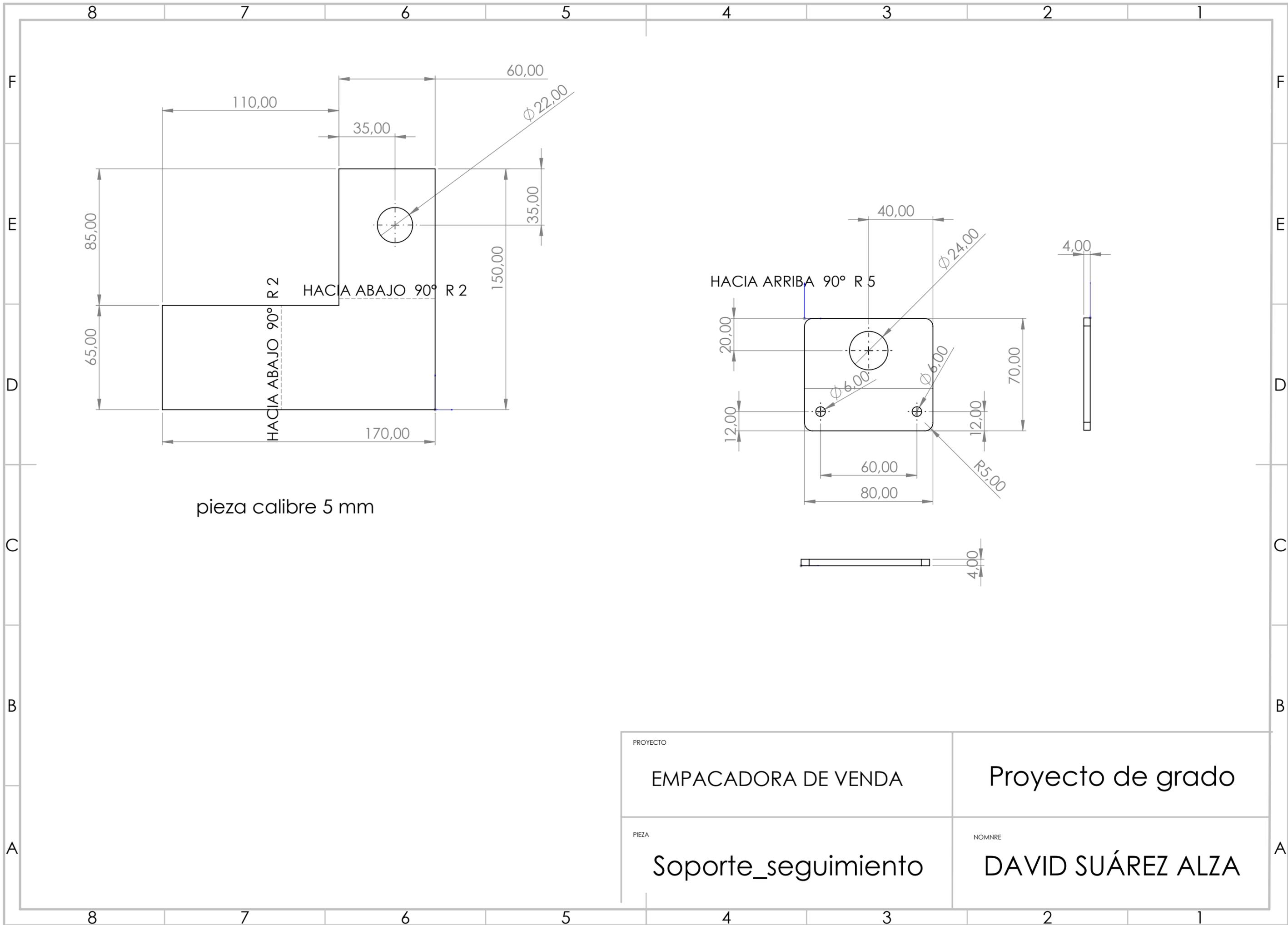


PROYECTO  
EMPACADORA DE VENDA

Proyecto de grado

PIEZA  
Soporte\_Resistencia  
\_horizontal

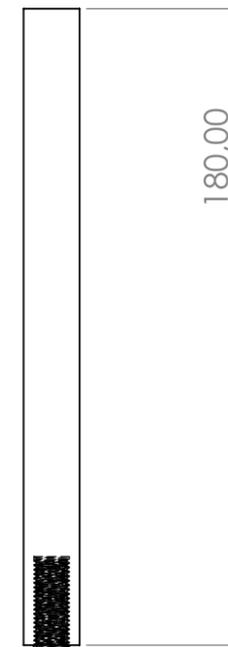
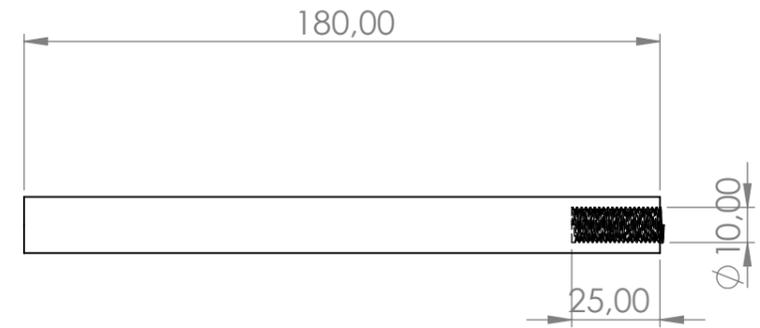
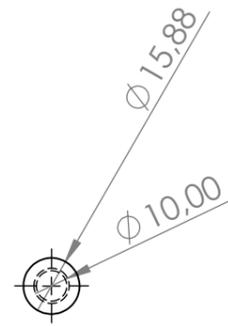
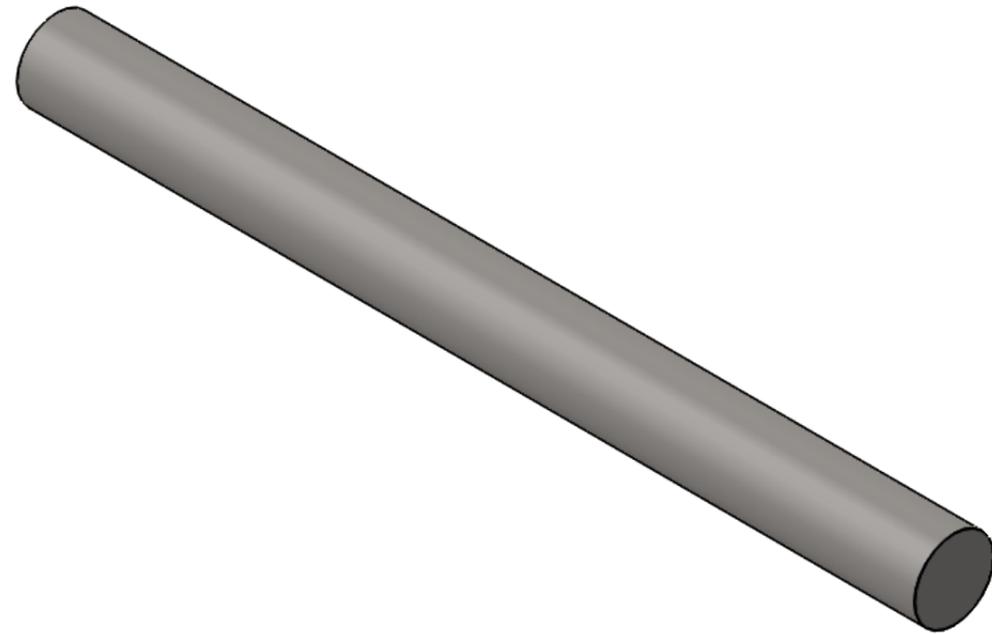
NOMNRE  
DAVID SUÁREZ ALZA



pieza calibre 5 mm

<p>PROYECTO</p> <p>EMPACADORA DE VENDA</p>	<p>Proyecto de grado</p>
<p>PIEZA</p> <p>Soporte_segguimiento</p>	<p>NOMNRE</p> <p>DAVID SUÁREZ ALZA</p>

2 UNIDADES DE ESTE EJE



PROYECTO	EMPACADORA DE VENDA	Proyecto de grado
PIEZA	Tenendor_piston_vertical	DAVID SUÁREZ ALZA



**2 UNIDADES DE ESTE EJE**

PROYECTO  
 EMPACADORA DE VENDA

Proyecto de grado

PIEZA  
 Tenedor\_piston\_horizon

NOMNRE  
 DAVID SUÁREZ ALZA