



Diseño y construcción de un mecanismo electromecánico y un troquel para el corte de tejido polimérico utilizado en la fabricación de coladores para la empresa plásticos BECELY S.A.S.

**Presentado por:
Camilo Andrés Toro Becerra
Cód. 10451417543**

**Santiago Franco Serna
Cód. 10451413342**

**Facultad:
Ingeniería mecánica, electromecánica y biomédica.**

**Universidad Antonio Nariño
Colombia, Bogotá 2020**

Diseño y construcción de un mecanismo electromecánico y un troquel para el corte de tejido polimérico utilizado en la fabricación de coladores para la empresa plásticos BECELY S.A.S.

**Presentado por:
Camilo Andrés Toro Becerra
Cód. 10451417543**

**Santiago Franco Serna
Cód. 10451413342**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
Ingeniero mecánico.**

Universidad Antonio Nariño, Sede Sur.

Evaluadores

_____ **Jurado 1**

_____ **Jurado 2**

Agradecimientos

Agradecemos primeramente a Dios por darnos la oportunidad de formarnos como profesionales en la Universidad Antonio Nariño, a nuestros padres que fueron y son un apoyo incondicional en todos nuestros proyectos, a mi mentor Rubén Becerra por compartir todo su conocimiento y experiencias de mecánica y de vida, a mi compañero por el esfuerzo, tiempo y dedicación durante la realización de este proyecto, a la ingeniera Yeimi rojas por su invaluable apoyo, a la administración y gerencia de la empresa plásticos Becely SAS. por brindarles el tiempo, espacios y herramientas que sin ellos no hubiera sido posible la culminación de este propósito, por último, pero no menos importante, damos gracias a nuestro asesor de tesis el ingeniero Henry Moreno Acosta por la confianza depositada en nosotros, por el apoyo, consejería y enseñanza durante todo este proceso.

Resumen

El presente proyecto tiene como fin contribuir a la empresa Plásticos Becely S.A.S. en el diseño y construcción de un mecanismo electromecánico y un troquel de corte de tejido utilizado en la fabricación de coladores. Se presenta como un proyecto factible que propone la solución a las necesidades en la línea de producción de la empresa, en busca de la reducción de reprocesos y desperdicio de material en la etapa de corte de la malla para el colador. Partiendo de los requerimientos de la empresa y la especificación de la pieza a cortar se realizan los procesos de diseño y selección del troquel y de los materiales necesarios para la construcción del mecanismo. Con el diseño previo del mecanismo y de la estructura se logra analizar la viabilidad de la construcción y montaje.

Palabras clave: Tejido polimérico, mecanismo, estructura, corte, colador, plástico y troquel.

Abstract: The purpose of this project is to contribute to the company Plásticos Becely S.A.S. in the design and construction of an electromechanical mechanism and a tissue cutting die used in the manufacture of strainers. It is presented as a feasible project that proposes the solution to the needs of the company's production line, in search of the reduction of reprocesos and material waste in the stage of cutting the mesh for the strainer. Starting from the requirements of the company and the specification of the piece to be cut, the design and selection processes of the die and the materials necessary for the construction of the mechanism are carried out. With the previous design of the mechanism and the structure, it is possible to analyze the feasibility of the construction and assembly.

Keywords: Polymeric tissue, mechanism, structure, cut, strainer, plastic and die cut.

Tabla de contenido

Introducción.....	1
Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema.....	1
Justificación.....	3
Objetivos.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
Alcance.....	5
Capítulo 1.....	6
1. Marco Teórico.....	6
1.1 Troqueladora.....	6
1.2 Troquelado.....	6
1.3 Definición de un troquel.....	8
1.4 Tipos de troqueles.....	8
1.5 Aplicación.....	10
1.6 Partes de un troquel para el corte.....	12
1.7 Automatización.....	15
1.7.1 Tipos de automatización.....	16
1.8 Elementos para automatizar el troquel de corte.....	17
Capítulo 2.....	18
2. Estudio de la pieza.....	18
2.1 Descripción de la pieza.....	18
2.2 Material de la pieza.....	19
Capítulo 3.....	21
3.1 Diseño del Troquel.....	21
3.1.1 Parámetros de diseño del troquel.....	21
3.1.2 Análisis de alternativas.....	21
Opciones.....	21
Selección de alternativa óptima para el troquel.....	23
3.1.3 Selección de material para el troquel.....	25
3.1.4 Diseño de los elementos del troquel de corte.....	27
Insertos Matriz.....	27
Placa porta matriz.....	28
Placa porta teflón.....	29
Placas de teflón (sufrideras).....	30
Fleje metálico.....	31
Resistencias.....	31
Columnas guías.....	32
Bujes.....	33
Cilindros neumáticos.....	33
Elemento para la expulsión de la malla.....	34
Elementos de sujeción.....	35
3.1.5 Diseño mecánico del troquel.....	35

3.1.6	Parámetros de la pieza.	36
3.1.7	Fuerza necesaria para el corte.	39
3.1.8	Separación mínima entre piezas a cortar.	40
3.1.9	Área total de la pieza cortada.	41
3.1.10	Área de malla que se introduce al troquel.	42
3.1.11	Porcentaje de aprovechamiento del tejido.	42
3.1.12	Holgura entre placa y matriz.	42
3.1.13	Fuerza de reposición.	43
3.1.14	Fuerza de expulsión de la pieza.	44
3.2	Transmisión de potencia.	45
3.2.1	Transmisión de potencia por poleas.	47
	Dónde:	52
3.2.2	Caja reductora.	55
3.2.3	transmisión por cadenas.	56
	$L = 2C + N$	61
	$L = 2 * 16 + 22$	61
	$L = 54$ pasos	61
3.2.4	Sistema de avance.	62
3.3	Sistema neumático.	67
3.3.1	Cálculos de los cilindros neumáticos.	67
3.3.2	Sistema de accionamiento.	70
3.4	Diseño de la estructura.	73
3.4.1	Cálculo de cargas para la estructura.	73
3.4.2	Selección del material para la estructura.	76
3.4.3	Diseño de la estructura.	82
3.4.4	Diseño de uniones soldadas.	86
Capítulo 4.		89
4.	Proceso de Construcción.	89
4.1	Construcción de la Estructura	89
4.1.1	Construcción del sistema mecánico de accionamiento neumático	90
4.1.2	Construcción del sistema mecánico	90
4.1.3	Construcción del Troquel	91
4.1.4	Elementos normalizados	93
4.2	Montaje	100
4.2.1	Montaje del Troquel	100
4.2.2	Montaje troquel en la estructura	104
4.2.3	Montaje del mecanismo de avance.	104
4.2.4	Montaje del sistema neumático.	105
	Montaje sistema de actuación neumática.	105
	Montaje botellas neumáticas.	105
4.2.5	Montaje rodillos tensores.	106
4.2.6	Montaje controlador de temperatura	107
Conclusiones		108
Anexos.		110

Lista de referencias	156
----------------------------	-----

Lista de tablas

Tabla 1. Propiedades Físicas y Mecánicas del Polipropileno.	19
Tabla 2. Propiedades Físicas y Mecánicas del Polietileno de Alta densidad.....	20
Tabla 3. Factor de Ponderación (Troquel).	24
Tabla 4. Evaluación de Alternativas, Método de Ponderación.	24
Tabla 5. Factor de ponderación (material para el troquel).	26
Tabla 6. Evaluación de Alternativas, Método de Ponderación.....	27
Tabla 7. Propiedades de Termoplásticos	38
Tabla 8. Tolerancias de corte	43
Tabla 9. Fuerza de extracción de la pieza	44
Tabla 10. Factor de ponderación (material para la estructura).	81
Tabla 11. Evaluación de Alternativas, Método de Ponderación.....	81
Tabla 12. Carta Tecnológica Estructura.....	89
Tabla 13. Carta Tecnológica sistema mecánico de accionamiento neumático.	90
Tabla 14. Carta Tecnológica Sistema Mecánico.....	91
Tabla 15. Carta Tecnológica Placa Porta Matriz	92
Tabla 16. Carta Tecnológica Placa Porta teflón.....	93
Tabla 17. Elementos normalizados	96

Lista de figuras

Figura 1. Colador Plástico producido por Plásticos Becely S.A.S.	1
Figura 2 .Diagrama del Proceso Producción de Coladores en Plásticos BECELY S.A.S.....	2
Figura 3. Esquema procedimientos de corte actuales	3
Figura 4. Corte en troqueladora	6
Figura 5. Proceso de doblado.....	7
Figura 6. Proceso de embutido.....	7
Figura 7. Troquel simple.....	8
Figura 8. Troquel compuesto.....	9
Figura 9. Troquel progresivo.....	9
Figura 10. Aplicación de troqueles simples.....	10
Figura 11. Aplicación de troqueles compuestos.....	11
Figura 12. Aplicación de troqueles progresivos.....	11
Figura 13. Placa teflón.....	12
Figura 14. Fleje.....	12
Figura 15. Hembra o Matriz.....	13
Figura 16. Placa inferior del troquel	13
Figura 17. Placa superior del troquel.....	13
Figura 18. Columnas guías.....	14
Figura 19. Buje.....	14
Figura 20. Cilindros neumáticos.....	15
Figura 21. Resistencias cilíndricas.....	15
Figura 22. Tipos de automatización.....	16
Figura 23. Válvula pilotada de control neumático.....	17
Figura 24. Válvula piloto.....	17
Figura 25. Malla para el colador.....	18
Figura 26. Función de un colador.....	18
Figura 27. Troquel simple.....	21
Figura 28. Troquel compuesto.....	22
Figura 29. Troquel progresivo.....	23
Figura 30. Dimensiones Insertos Matriz.....	28
Figura 31. Placa porta matriz.....	29
Figura 32. Placa porta teflón.....	30
Figura 33. Placa de teflón	30
Figura 34. Fleje con sus dimensiones	31
Figura 35. Resistencias.....	32
Figura 36. Columna guía.....	32
Figura 37. Buje.....	33
Figura 38. Cilindro del troquel.....	34
Figura 39. Cilindro de expulsión de la pieza.....	34
Figura 40. Expulsión para la malla.....	35

Figura 41. Tornillos allen.....	35
Figura 42. Diseño de la pieza.....	36
Figura 43. Área Transversal Filamentos del Tejido.....	36
Figura 44. Separación mínima entre piezas.	41
Figura 45 Área de la pieza cortada	41
Figura 46 diseño conceptual de los mecanismos de transmisión de potencia	46
Figura 47 Fuente de energía del troquel.	47
Figura 48 Trasmisión de potencia por bandas.	48
Figura 49 factores de servicio para bandas V	49
Figura 50 Potencia nominal de banda.....	50
Figura 51 Gráfica para selección de bandas en V	51
Figura 52 Factor de corrección por ángulo.....	53
Figura 53 Factor de corrección por longitud de banda.	54
Figura 54 Caja reductora.....	56
Figura 55 diseño conceptual distribución de potencia.....	57
Figura 56 factores de servicio para trasmisión por cadenas.	58
Figura 57 Capacidad en caballos de fuerza- cadena simple.	59
Figura 58 Rodillos de avance de la malla	62
figura 59 Rueda de ginebra	63
Figura 60. Croquis del Sistema de Avance	63
Figura 61 Dibujo esquemático engranaje	64
Figura 62. Accionamiento mecánico y neumático.....	71
Figura 63 Croquis del sistema neumático.....	72
Figura 64 Esquema del sistema neumático.....	72
Figura 65. Fuerza cortante y momento flector.....	75
Figura 66. Tubo redondo de 2 pulgadas.....	76
Figura 67. tabla A16-5 propiedades de tubo de acero soldado sin costuras.	77
Figura 68. Tubo rectangular 3*2 pulgadas	78
Figura 69. Tubo cuadrado de 2 pulgadas.....	79
figura 70. tabla A16-5 propiedades de tubo estructural de acero cuadrado y rectangular.....	80
Figura 71. Croquiz estructura base	82
Figura 72. Croquiz soporte de la Estructura	83
Figura 73. Croquiz nuevo Soporte de la Estructura.....	83
Figura 74. Croquiz soportes para los cilindros neumáticos	84
Figura 75 Refuerzo de la parte superior de la estructura.	84
Figura 76. Croquiz estructura completa.....	85
Figura 77. Planos de la estructura.	85
Figura 78. Tipo de unión soldada.	86
Figura 79. Dimensiones de Soldadura	87
Figura 80. Tipo de soldadura utilizada.	87
Figura 81 diseño de elementos de maquinas.....	94
Figura 82 Dimensiones estándar.....	95
Figura 83. Columnas guías en la placa portamatrices.....	100
Figura 84. Placa baquelita.....	100

Figura 85. Placa porta matrices con fleja..... 101

Figura 86. Resistencias eléctricas. 101

Figura 87. Bujes de bronce fosforado. 102

Figura 88. Placa de teflón 102

Figura 89. Expulsión de la malla 103

Figura 90. Sujeción botellas neumáticas..... 103

Figura 91. Ensamble troquel y estructura. 104

Figura 92. Mecanismo de avance..... 105

Figura 93. Conexión de botellas neumáticas. 106

Figura 94. Rodillos tensores. 106

Figura 95. Controlador de temperatura..... 107

Figura 96. Bandeja recolectora de malla..... 107

Introducción.

Antecedentes.

En la industria del plástico se utilizan diferentes métodos de corte que permiten la transformación o modificación de distintos polímeros, entre estos métodos se encuentran: el corte con hilo, con láser o con cizalla eléctrica. Actualmente, ninguno de estos métodos es implementado en el proceso de fabricación de los coladores en la fase de corte de la malla debido a su alto costo, por esta razón se realiza de forma manual y rudimentaria. Las limitaciones que presentan estos tipos de cortes conllevan a la búsqueda de una alternativa económica y eficiente que permita la estandarización del seccionamiento de la malla.

Hoy en día las máquinas troqueladoras son muy utilizadas en la industria ya que permiten cortar, perforar, plegar o texturizar superficies de diversos materiales, un buen funcionamiento de un troquel nos permite la obtención de piezas con mayor precisión, una tolerancia aceptable y una forma continua de producción, reduciendo los tiempos de elaboración, minimizando los costos y aumentando la seguridad del operador. Con la implementación de un troquel para el corte de tejido se logra la estandarización del proceso y mejorar la calidad del producto.

Planteamiento del problema.

La industria del plástico representa el 15% del PIB manufacturero en Colombia y cerca del 7.2% de las empresas convertidoras de plástico se dedican a la fabricación de productos para el hogar.¹ La empresa Plásticos BECELY S.A.S hace parte de este importante sector y uno de sus principales productos es el colador (Figura 1. Colador).

Figura 1. Colador Plástico producido por Plásticos Becely S.A.S.



Fuente: Autor

La producción de coladores con base en plástico se realiza por medio de un sistema de inyección, en la Figura 2 se observa el diagrama del proceso que se realiza en Plásticos BECELY S.A.S.,

¹ DANE, E. (2017). Encuesta anual manufacturera. Obtenido de: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones>

este diagrama muestra los tiempos de ejecución que toma realizar un colador en cada una de las etapas.

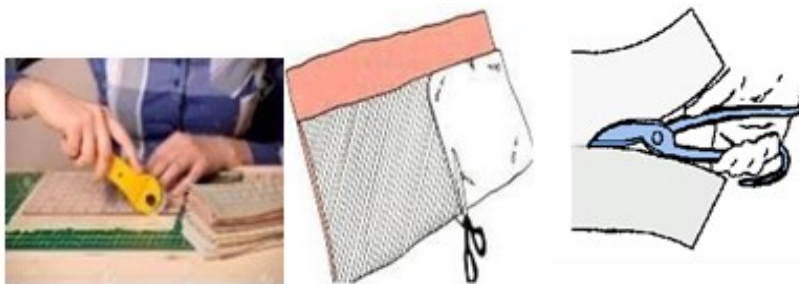
Figura 2 .Diagrama del Proceso Producción de Coladores en Plásticos BECELY S.A.S



Fuente: Autor

En este proceso interviene como principal materia prima el polipropileno para el cuerpo de colador y el tejido del colador que servirá como malla. Estos tejidos deben ser sometidos a un proceso previo de corte para que cumpla con las dimensiones específicas del colador a fabricar. Actualmente este procedimiento es realizado de forma manual y con ayuda de diferentes herramientas de corte, como la cortadora circular, las tijeras industriales o la cizalla (Figura 3), generando así que este proceso no esté estandarizado y se originen diferencias entre los resultados de un operario y otro.

Figura 3. Esquema procedimientos de corte actuales



Fuente: (Holmatro, 2014)²

En un proceso de inspección realizado en la empresa Plásticos Becely S.A.S. se evidencia que en promedio estas diferencias dan cabida a que 5 de cada 100 coladores sean reprocesados debido a que el tejido no está en condiciones óptimas en cuanto al dimensionamiento. Además de esto, en la Figura 2 se puede observar que esta etapa de corte tiene un tiempo de duración de 25s el cual es mayor a las demás etapas, generando así el cuello de botella en la producción de coladores.

Debido al aumento de la demanda, y para satisfacer los requerimientos de los clientes, la empresa Plásticos Becely S.A.S se ve en la necesidad de disminuir sus tiempos de producción y por ello el objetivo es mejorar el tiempo de procesamiento en la etapa de corte.

Partiendo de la necesidad de estandarizar y reducir el tiempo en el proceso de corte de la malla, es necesario resolver problemas técnicos relacionados con: Diseño del mecanismo, diseño de los componentes del troquel, movimiento del material en la zona de corte, sincronización de movimiento, entrega y disposición del material cortado, diseño del sistema de transmisión de potencia y la selección del material para los diferentes componentes del mecanismo y del troquel.

Justificación.

Surgió la idea de construir un mecanismo implementando el principio básico de funcionamiento de un troquel, sabiendo así, que esta solución satisface las necesidades de estandarización y reducción en el tiempo de operación implicando un bajo costo de inversión.

Con la construcción del mecanismo de troquelado se busca estandarizar y reducir el tiempo en el proceso de corte del tejido, esto permitirá tener un manejo controlado del proceso, evitando diferencias de dimensionamiento de un corte a otro, eliminando los reprocesos, disminuyendo los desperdicios de materia prima y reduciendo el tiempo de corte, logrando una producción de

² Holmatro. (2014). Obtenido de <https://www.holmatro.com/es/industrial/herramientas>

200 unidades hora, con un aumento en comparación a la producción actual de Plásticos BECELY S.A.S que es de 125 unidades por hora.

El mecanismo permitirá realizar el corte simultáneo de 3 unidades de tejido mediante un troquel, lo que generará una disminución en el tiempo de corte. En primera instancia el mecanismo permitirá el corte de un único tamaño de colador, con el tiempo se espera la implementación de nuevos troqueles que permitan cortes de diferentes tamaños.

El diseño e implementación del mecanismo de corte permitirá a la empresa Plásticos BECELY S.A.S. tener un proceso de corte estandarizado, garantizando una mejor calidad del producto final, contribuyendo en la reducción de costos por reprocesos y mano de obra.

Objetivos.

Objetivo general

Diseñar y construir un mecanismo electromecánico y un troquel para corte de tejido de polipropileno y polietileno de alta densidad, que permita cortar 200 unidades / hora y 3 cortes simultáneos de forma semicircular, utilizado en la fabricación de coladores para la empresa Plásticos BECELY SAS.

Objetivos específicos.

- Diseñar y obtener planos de construcción del mecanismo y del troquel.
- Elaborar la documentación que soporta el diseño y construcción del mecanismo y del troquel.
- Fabricar el mecanismo y el troquel de corte de malla, para 3 cortes simultáneos con un diámetro aproximado de 28 cm cada uno.
- Elaborar los manuales de operación y mantenimiento del mecanismo.

Alcance

El presente proyecto contempla el diseño y construcción de un mecanismo que asegure el mejoramiento del proceso corte para el tejido de polipropileno y polietileno de alta densidad, permitiendo perfeccionar la calidad del colador en términos de dimensiones, estandarizando el tamaño de corte, disminuyendo la cantidad de reprocesos.

En un principio este mecanismo permitirá el corte de un único tamaño de colador, eventualmente con el tiempo se podrá implementar nuevos troqueles que permitan diversos tamaños de corte.

El presente proyecto contempla las siguientes restricciones, en el diseño y obtención de planos del mecanismo se trabajará únicamente con el software Solidworks disponible en las instalaciones de la Universidad Antonio Nariño y para la construcción de este solo se contará con las máquinas y herramientas disponibles en el taller de mecánica industrial de la UAN, junto con algunas disponibles en la empresa Plásticos BECELY S.A.S

Capítulo 1

1. Marco Teórico.

1.1 Troqueladora.

La troqueladora es la máquina herramienta destinada a cortar, doblar o embutir un material en aquellos procesos que demandan grandes niveles de producción y que requieren uniformidad en sus piezas.

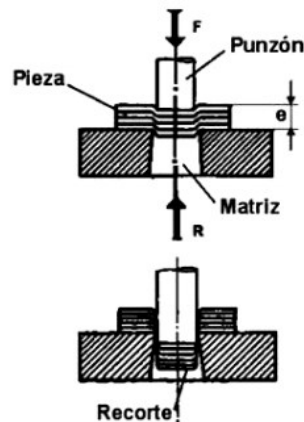
1.2 Troquelado.

El troquelado es el conjunto de operaciones en el cual, un material sufre una transformación con el fin de obtener una pieza con cierta rigurosidad y precisión.

Existen tres tipos de troquelado según su operación corte, doblado y embutido, la selección de este dependerá del trabajo para el cual se necesite la pieza.³

- **Corte.** El corte en una troqueladora se da por una operación mecánica en la cual se secciona un pedazo de material con el fin de obtener determinada forma. (figura 4).

Figura 4. Corte en troqueladora



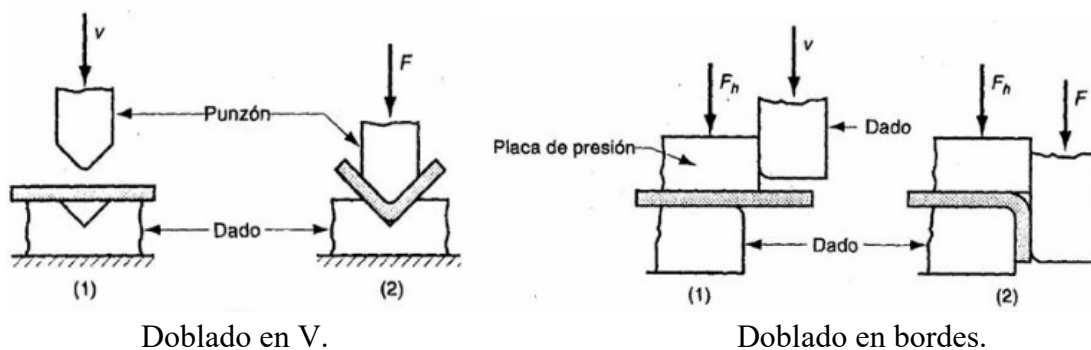
Fuente: (INTEREMPRESAS, 2010)⁴

³ METALMIND. (17 de agosto de 2017). ABC del troquelado. Obtenido de <http://www.metalmind.com.co/ABC-del-troquelado>

⁴ INTEREMPRESAS. (2010). Metalmecánica. Obtenido de: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/12110-Tecnologias-de-corte-de-chapa.html>

- **Doblado.** El doblado consiste en trabajar con las deformaciones plásticas de un material y convertirla en una pieza con cierta configuración para su aplicación. (figura 5)

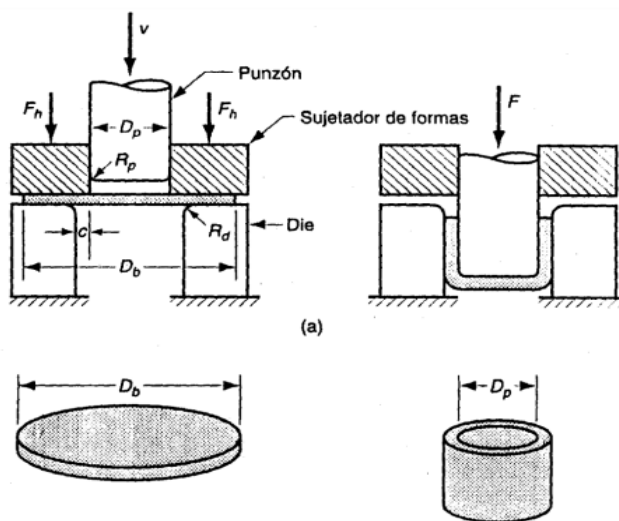
Figura 5. Proceso de doblado.



Fuente: (slideplayer, 2014)⁵

- **Embutido.** El embutido se efectúa con el fin de realizar objetos o piezas huecas, por lo general se utilizan láminas de metal sobre una cavidad con la forma a realizar y empujando con un punzón la lámina. (figura 6)

Figura 6. Proceso de embutido.



Fuente: (Blogspot, 2008)⁶

⁵ Slideplayer. (2014). Operaciones de corte y doblado. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/1078166/>

⁶ Blogspot. (2008). Troquel. Obtenido de <http://3.bp.blogspot.com/v0yssQoxOY4/UUTKEhgaQFI/AAAAAAAAAADg/FRyhHJiFgkQ/s1600/Imagen5.png>

1.3 Definición de un troquel.

El troquel es una herramienta mecánica que gracias a sus prensas accionadas mecánica o hidráulicamente transmiten la fuerza a la base superior del troquel para que este con la ayuda de la presión, penetre la matriz sujeta a la mesa y transforme el material, por lo general tiene movimiento rectilíneo uniforme.

1.4 Tipos de troqueles.

Los troqueles se clasifican en tres tipos, simples (de una estación o un paso), compuestos (de dos o tres estaciones o pasos) o progresivos (más de tres estaciones o pasos) dependiendo de la pieza necesaria a fabricar.

- **Simples.** Los troqueles simples permiten realizar una operación en cada golpe de la prensa, tiene una productividad **baja** y en ocasiones para terminar piezas metálicas es necesario la ayuda de otro tipo de troqueles o procedimiento. (Figura 7)

Figura 7. Troquel simple



Fuente: (INTEREMPRESAS, 2016)⁷

- **Compuestos.** Los troqueles compuestos permiten realizar dos o más operaciones en cada golpe aprovechando mejor la fuerza ejercida por la prensa, generando una mayor productividad y una mejor eficiencia (Figura 8).

⁷ INTEREMPRESAS. (2016). Troqueles para prensas. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Ferreteria/FeriaVirtual/Producto-Troqueles-para-prensas-Tecnoutiles-165125.htm>

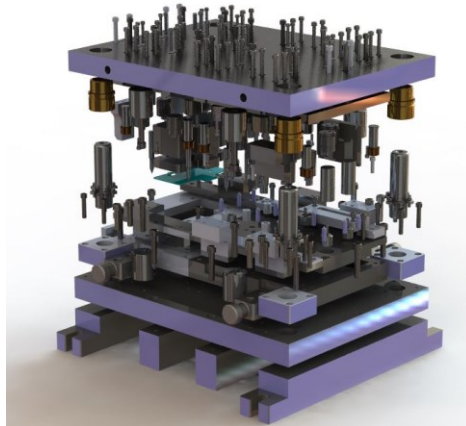
Figura 8. Troquel compuesto.



Fuente: (Marvin, 2017)⁸

- **Progresivos.** Los troqueles progresivos son los más complejos y de más desarrollo ya que consta de decenas de etapas y pasos, modificando en cada paso el material utilizado de tal manera que al final se obtienen una o múltiples piezas terminadas. (figura 9).

Figura 9. Troquel progresivo.



Fuente: (Ramirez, 2018)⁹

⁸ Marvin, J. (25 de abril de 2017). Tipos de troqueles. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Ferreteria/FeriaVirtual/Producto-Troqueles-para-prensas-Tecnoutiles-165125.html>

⁹ Ramirez, V. (16 de julio de 2018). Troquel progresivo. Obtenido de <http://vic1210.blogspot.com/2016/07/troquel-semiprogresivo-explosivo.html>

1.5 Aplicación.

El troquel permite el corte de diferentes materiales, teniendo ventajas como la reducción de tiempos de fabricación y una repetitividad sin perjuicios de calidad de determinada pieza.

- **Aplicación de troqueles simples.**

Las aplicaciones más comunes de los troqueles simples son:

- El estampado.
- El doblado.
- El perforado.

Como lo muestra la figura 10 podemos observar algunos ejemplos con su respectiva ilustración gráfica.

Figura 10. Aplicación de troqueles simples.



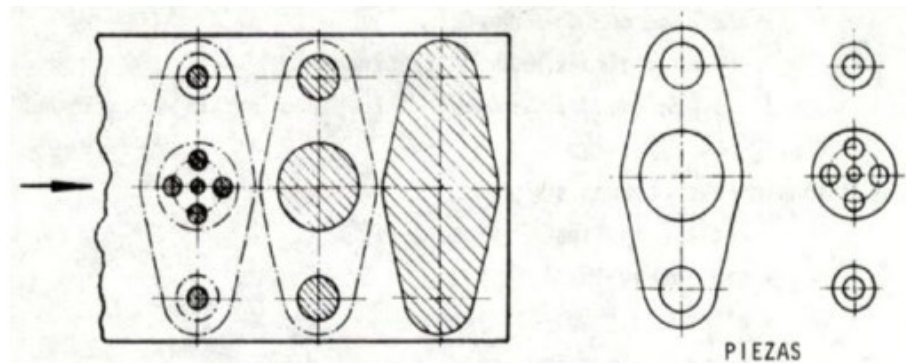
Fuente: (Wikimedia, 2011)¹⁰

- **Aplicación de troqueles compuestos.**

La aplicación más común de los troqueles compuestos son el perforado generando piezas que necesitan de diferentes golpes para su fabricación. En la figura 11 se observa un ejemplo de una pieza elaborada mediante la aplicación de un troquel compuesto.

¹⁰ Wikimedia. (2011). operaciones de troquel. Obtenido de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2d/Operaciones_troquelado.JPG/420px-Operaciones_troquelado.JPG

Figura 11. Aplicación de troqueles compuestos.



Fuente: (Muñoz, 2010)¹¹

- **Aplicación de troqueles progresivos.**

La aplicación más común de los troqueles progresivos es el estampado de carrocerías vehiculares. En la figura 12 se observa diferentes ejemplos de un troquel progresivo.

Figura 12. Aplicación de troqueles progresivos.



Fuente: (Auomotive, 2012)¹²

¹¹ Muñoz, J. (05 de 22 de 2010). Matriz de corte. Obtenido de <http://www.scribd.com/doc/31789225/Informacion-Tecnologica-Matrices-deCorte-Definicion-y-Nomenclatura>

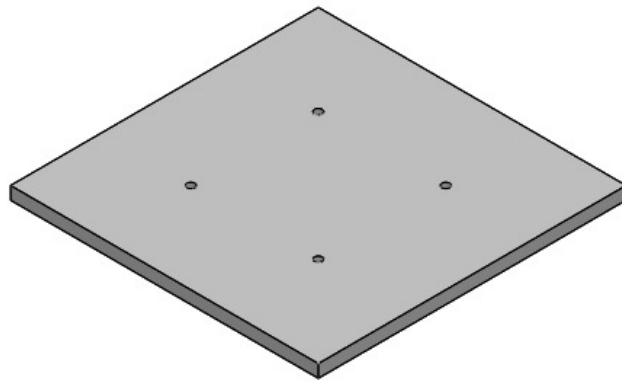
¹² Auomotive. (2012). progressive stamping car. Obtenido de <http://image.made-in-china.com/45f3j00ktTaNGiEFQcb/Automotive-DieProgressive-Die-for-Stamping-Auto-Parts-Used-in-Well-Known-Car.jpg>

1.6 Partes de un troquel para el corte.

Un troquel se compone de dos partes fundamentales el troquel de corte y el mecanismo de accionamiento del troquel, las partes del troquel se describen a continuación:

- **Placa de teflón.** Es la encargada de soportar el corte de la malla, sin generar daños a el fleje para que soporte repetidos golpes. (figura 13).

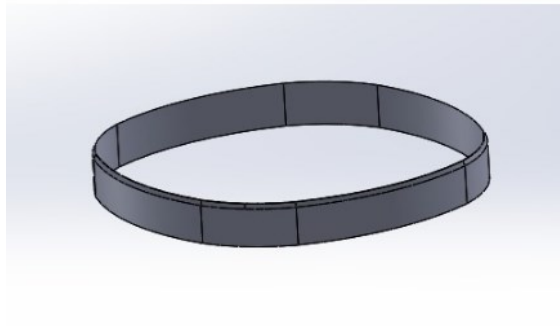
Figura 13. Placa teflón.



Fuente: Autor

- **Fleje.** cuchilla metálica encargada de cortar el material obteniendo la forma de la matriz. (figura 14).

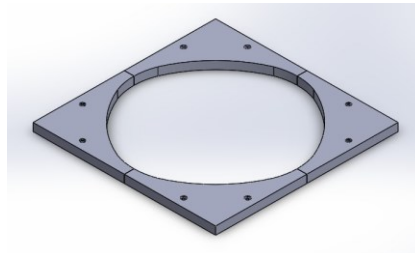
Figura 14. Fleje.



Fuente: Autor.

- **Hembra o Matriz.** Material templado el cual se encuentra en la base inferior del troquel y tiene la función de darle la forma al material que se va a seccionar o a cortar dependiendo del tipo de troquel. (figura 15)

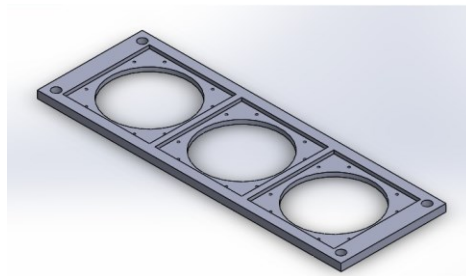
Figura 15. Hembra o Matriz



Fuente: Autor.

- **Placa inferior del troquel.** Placa de hierro cuya función es sostener la matriz en su lugar. (figura 16)

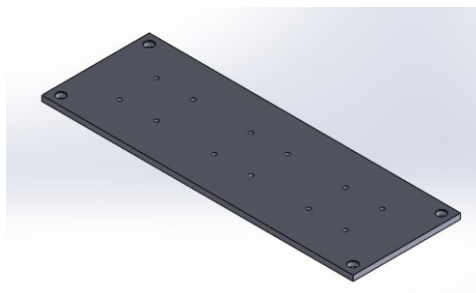
Figura 16. Placa inferior del troquel



Fuente: Autor.

- **Placa superior del troquel.** Placa de hierro que se encarga de soportar la placa de teflón. (figura 17)

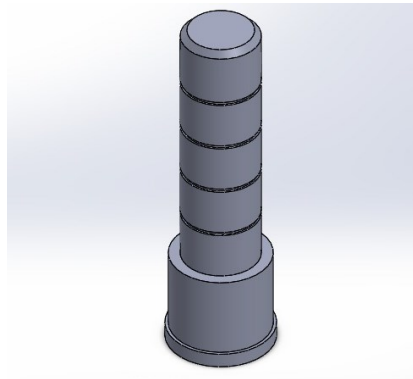
Figura 17. Placa superior del troquel.



Fuente: Autor.

- **Columnas guías.** Son varillas metálicas las cuales permiten el correcto deslizamiento de la placa superior. (figura 18)

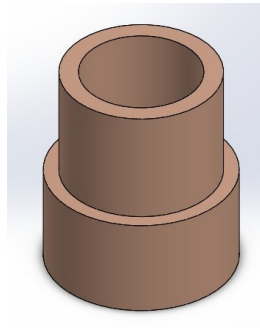
Figura 18. Columnas guías.



Fuente: Autor.

- **Buje.** Es el recubrimiento que tiene la placa superior por donde pasa las columnas guías, para que estas se deslicen con suavidad y no genere daños a la placa de hierro, por lo general están hechos de un metal más blando que el eje. (figura 19)

Figura 19. Buje



Fuente: Autor

- **Cilindros neumáticos.** Es el elemento encargado de transformar la energía mecánica acumulada por el aire para generar un movimiento rectilíneo. (figura 20)

Figura 20. Cilindros neumáticos



Fuente: (SEAS, 2015)¹³

- **Resistencias cilíndricas.** Las resistencias son las herramientas encargadas de generar calor en la fleja facilitando el proceso de corte. (figura 21)

Figura 21. Resistencias cilíndricas.



Fuente: (JJM PRODUCTOS, 2019)¹⁴

1.7 Automatización.

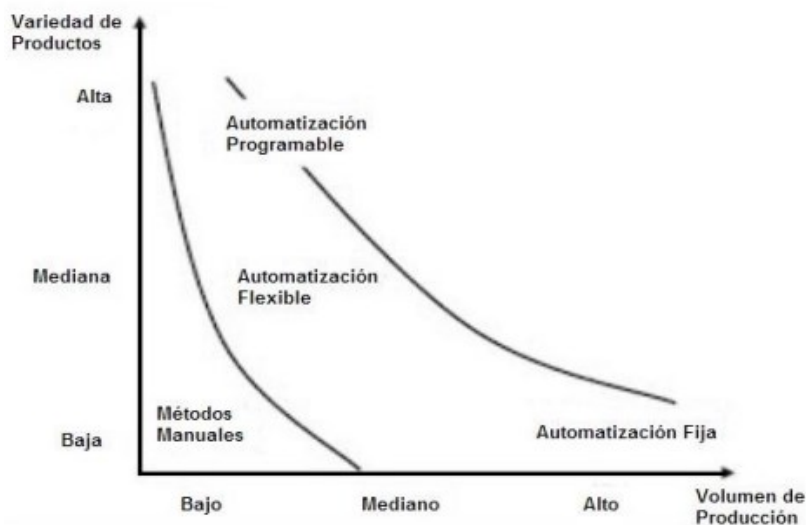
El proceso de automatización es el encargado de facilitar de cierto modo el uso de la máquina mediante la implementación de elementos electromecánicos o neumáticos que permiten controlar algunos parámetros de trabajo.

¹³ SEAS. (11 de febrero de 2015). Cilindros Neumáticos. Obtenido de https://www.google.com/search?q=cilindros+neumaticos&sxsrf=ALeKk02QRk3NnYcGwo-2_S8BjJG0fWICUA:1585268322491&tbn

¹⁴ JJM PRODUCTOS. (2019). Resistencias. Obtenido de <http://productosjjm.com/resistencias-electricas/>

1.7.1 Tipos de automatización.

Figura 22. Tipos de automatización.



Fuente: (FLOBA Automation Specialists, 2012)¹⁵

Existen tres tipos de automatización¹⁶:

- **Automatización fija.** El objetivo de la automatización fija es la producción de grandes volúmenes teniendo como desventaja no poder aceptar cambios en el proceso de los productos.
- **Automatización programable.** La automatización programable está relacionada con la producción de volúmenes bajos, teniendo la posibilidad de reconfigurar el software permitiendo nuevas series de personalización de la pieza, la desventaja que posee es la pérdida de tiempo al reprogramar la nueva configuración.
- **Automatización flexible.** La automatización flexible es la combinación del sistema fijo y programable, teniendo la capacidad de cambiar un programa sin tener que hacer cambios físicos en el equipo, con lo cual no hay pérdidas de tiempo en la producción, la desventaja que posee este tipo de automatización es su inversión inicial.

¹⁵ FLOBA Automation Specialists. (2012). Definición de automatización. Obtenido de <http://flobaautomation.blogspot.com/2012/02/definicion-de-automatizacion.html>

¹⁶ JOM . (2016). Metal Stamping Services. Obtenido de TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL ¿CUÁL ES EL MÁS INDICADO?: <https://www.jom.es/tipos-automatizacion-industrial-mas-indicado/>

1.8 Elementos para automatizar el troquel de corte.

- **Válvula pilotada de control neumático 5/2.** La válvula pilotada permite el flujo de aire controlado por dos salidas, aplicando presión sobre el pistón del cilindro neumático, permitiendo la apertura y la retracción del cilindro. (figura 23)

Figura 23. Válvula pilotada de control neumático.



Fuente: (RS, 2020)¹⁷

- **Válvula piloto de accionamiento mecánico.** La válvula piloto, sirve como seguidor de leva recibiendo el movimiento de esta y envía un flujo de aire hacia la válvula pilotada logrando controlarla y accionado los cilindros neumáticos. (figura 24).

Figura 24. Válvula piloto.



Fuente: (HNSA, 2020)¹⁸

¹⁷ RS. (2020). Componentes. Obtenido de https://www.google.com/search?q=parker+pneumatic+valve&tbm=isch&ved=2ahUKEwjgw8_nu8DoAhUSgVMKHVLEB2gQ2-cCegQIABAA&oq=parker+pneumatic+&gs_lcp

¹⁸ (SA, s.f.) Componentes. Obtenido de <http://www.hnsa.com.co/valvulas-de-accionamiento-mecanico/>

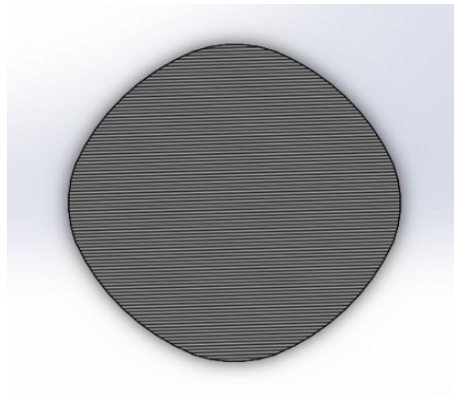
Capítulo 2

2. Estudio de la pieza.

2.1 Descripción de la pieza.

La pieza por fabricar (figura 25) es la malla para el colador producido por la empresa plásticos BECELLY S.A.S, esta pieza cuenta con unas dimensiones de: Ancho de 280 mm, espesor de 0.3mm.

Figura 25. Malla para el colador.



Fuente: Autor

La función de la malla es actuar como filtro o escurridor de alimentos, dejando a un lado las partículas sólidas de las líquidas. (Figura 26)

Figura 26. Función de un colador.



Fuente: (Lets Go Shopping, 2017)¹⁹

2.2 Material de la pieza.

Existen diferentes tipos de malla para coladores, la implementación de estos materiales depende del uso o manejo que se le dé al colador, estos pueden ser en aluminio o en diferentes polímeros, para este caso, Plásticos BECELY S.A.S trabaja con una combinación de polipropileno y polietileno de alta densidad debido a que son materiales que previenen la corrosión derivada del ambiente de trabajo de la pieza que es bastante húmedo. En las tablas (1) y (2) se observan las propiedades mecánicas y físicas del polipropileno y polietileno de alta densidad, que deben tenerse en cuenta para el diseño del troquel.

Tabla 1. Propiedades Físicas y Mecánicas del Polipropileno.

Propiedades Físicas del Polipropileno.

Absorción de Agua - Equilibrio (%)	0,03
Densidad (g cm ⁻³)	0,9
Índice de Oxígeno Límite (%)	18
Índice Refractivo	1,49
Inflamabilidad	HB
Resistencia a la Radiación	Aceptable
Resistencia a los Ultra-violetas	Mala

Propiedades Mecánicas del Polipropileno

Alargamiento a la Rotura (%)	150-300
Coefficiente de Fricción	0,1-0,3
Dureza - Rockwell	R80-100
Módulo de Tracción (GPa)	0,9-1,5
Resistencia a la Abrasión - ASTM D1044 (mg/1000 ciclos)	13-16
Resistencia a la Tracción (MPa)	25-40

Fuente: (GoodFellow, 2008)²⁰

¹⁹ Lets Go Shopping. (2017). Obtenido de <http://www.centroveterinariocuarte.es/tamices-para-reposter%C3%ADArfg-27/basage-colador-de-aceite-de-malla-fina-de-acero-inoxidable-tamiz-de-harina-de-oro-colador-de-tamiz-harina-filtro-de-malla-de-cafeacute-herramientas-para-hornear-utensilios-de-cocina>

Tabla 2. Propiedades Físicas y Mecánicas del Polietileno de Alta densidad.

Propiedades Físicas Polietileno de alta densidad.

Absorción de Agua - en 24 horas (%)	<0,01
Densidad (g cm ⁻³)	0,95
Índice de Oxígeno Límite (%)	17
Índice Refractivo	1,54
Inflamabilidad	HB
Resistencia a la Radiación	Aceptable
Resistencia a los Ultra-violetas	Mala

Propiedades Mecánicas Polietileno de alta densidad.

Coefficiente de Fricción	0,29
Dureza - Rockwell	D60-73 - Shore
Módulo de Tracción (GPa)	0,5-1,2
Relación de Poisson	0,46
Resistencia a la Tracción (MPa)	15-40

Fuente: (Good Fellow, 2009)²¹

²⁰ GoodFellow. (2008). Polipropileno. Obtenido de Información Sobre el Material:
<http://www.goodfellow.com/S/Polipropileno.html>

²¹ Good Fellow. (2009). Polietileno - Alta Densidad. Obtenido de Informe sobre el Material:
<http://www.goodfellow.com/S/Polietileno-Alta-Densidad.html>

Capítulo 3

3.1 Diseño del Troquel.

3.1.1 Parámetros de diseño del troquel.

Con el diseño del troquel se busca aumentar los niveles de producción de malla para los coladores, optimizando el proceso de corte y a su vez el disminuyendo el consumo de materiales de trabajo, reduciendo así tiempos y costos de producción, para esto es necesario que este diseño cumpla con los siguientes parámetros.

- Debe ser claro y de sencilla operación.
- Debe garantizar la precisión de corte.
- Debe permitir un corte continuo.
- Debe garantizar el corte simultáneo de tres secciones de malla por golpe.
- Debe garantizar el mínimo desperdicio de material.

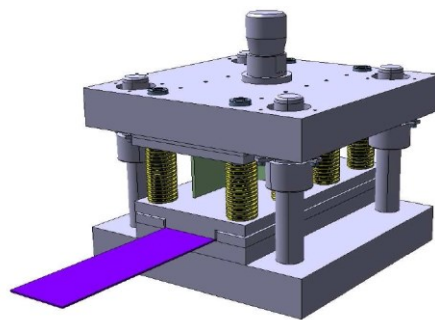
3.1.2 Análisis de alternativas.

Opciones.

Se analizan diferentes alternativas para realizar el diseño del troquel de corte con el fin de seleccionar la más adecuada garantizando el cumplimiento de los parámetros mencionados anteriormente.

Opción 1: Troquel simple (Figura 27).

Figura 27. Troquel simple



Fuente: (INTEREMPRESAS, 2016)²²

Ventajas:

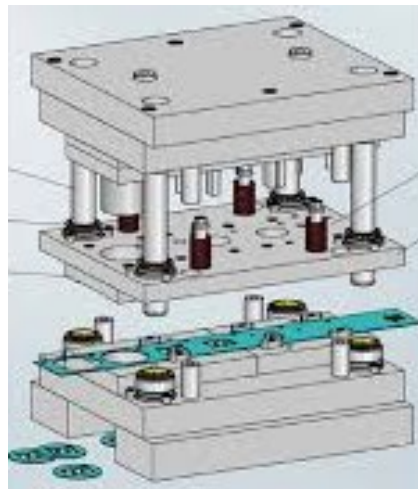
- Las piezas tienen una durabilidad demasiado alta y su mantenimiento tiene un costo muy bajo.
- Costo de producción relativamente bajo.

Desventajas:

- La pieza dependerá de la matriz que se genere.
- No permite combinar operaciones en un solo golpe de troquelado.

Opción 2: Troquel compuesto (Figura 28).

Figura 28. Troquel compuesto.



Fuente: (Marvin, 2017)²³

Ventajas:

- Permite generar piezas geoméricamente complejas.
- Su producción es alta y tiene una serie de diferentes piezas disponibles para troquelar.

Desventajas:

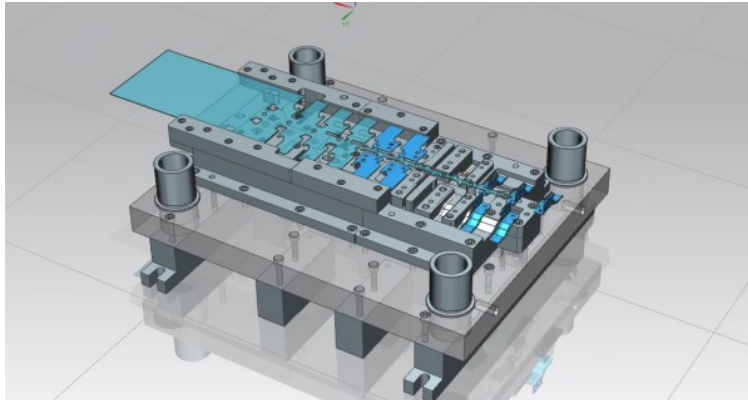
- Necesita un mantenimiento continuo.
- Su costo de fabricación es más alto debido a su complejidad.

²² INTEREMPRESAS. (2016). Troqueles para prensas. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Ferreteria/FeriaVirtual/Producto-Troqueles-para-prensas-Tecnoutiles-165125.htm>

²³ Marvin, J. (25 de abril de 2017). Tipos de troqueles. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Ferreteria/FeriaVirtual/Producto-Troqueles-para-prensas-Tecnoutiles-165125.html>

Opción 3: Troquel progresivo (Figura 29).

Figura 29. Troquel progresivo.



Fuente: (Ramirez, 2018)²⁴

Ventajas:

- Las piezas geométricas que realiza este tipo de troqueles tienen una complejidad demasiada alta.
- Tienen una producción de trabajo alta con distintos tipos de piezas por elaborar.

Desventajas:

- Tiene un costo de producción demasiado alto.
- Las piezas que constituyen un troquel progresivo son de mucho cuidado, dado el caso de un mantenimiento tiene que ser un especialista en estos tipos de troqueles.

Selección de alternativa óptima para el troquel

Para la selección del troquel se utiliza el método de ponderación de factores, el cual por medio de un análisis cuantitativo permite comparar las diferentes alternativas mencionadas en función de las propiedades técnicas necesarias.

Para ello, primero se deben determinar las propiedades técnicas pertinentes en la construcción del mecanismo y asignar un peso a cada una de ellas que refleje su importancia relativa. Como se muestra en la Tabla 3 se asigna el peso relativo a cada una de las propiedades técnicas.

²⁴ Ramirez, V. (16 de julio de 2018). Troquel progresivo. Obtenido de <http://vic1210.blogspot.com/2016/07/troquel-semiprogresivo-explosivo.html>

Tabla 3. Factor de Ponderación (Troquel).

CRITERIOS	PESO RELATIVO (%)
COSTO INICIAL	20
FUNCIONALIDAD	30
RENTABILIDAD	30
SEGURIDAD	15
COSTO DE MANTENIMIENTO	5

Fuente: Autor

Una vez especificadas las propiedades y sus respectivos pesos, se fija una escala de valoración de 0 a 10 puntos, evaluando el cumplimiento de cada alternativa respecto a las propiedades técnicas, en donde 10 implica que el cumplimiento es muy satisfactorio y 0 nada satisfactorio. Todo esto se recoge en la tabla 4.

Tabla 4. Evaluación de Alternativas, Método de Ponderación.

CRITERIOS	PESO RELATIVO (%)	ALTERNATIVAS					
		OPCIÓN 1		OPCIÓN 2		OPCIÓN 3	
COSTO INICIAL	20	9	1.8	7	1.4	5	1
FUNCIONALIDAD	30	10	3	9	2.7	8	2.4
RENTABILIDAD	30	9	2.7	8	2.4	6	1.8
SEGURIDAD	15	7	1.05	9	1.35	9	1.35
COSTO DE MANTENIMIENTO	5	10	0.5	6	0.3	3	0.15
PUNTUACIÓN TOTAL:		9.05		8.15		6.7	

Fuente: Autor

Una vez evaluadas cada una de las alternativas frente a cada propiedad se procede a evaluar por medio del método de ponderación en donde aquella alternativa con mayor puntuación total es la más viable para la ejecución del proyecto. El cálculo de la puntuación total está dado por la siguiente expresión:

$$PTx: \sum_x^{\infty} (V * Pr)$$

Donde,

PTx: Puntuación total de la alternativa x

V: Valoración de cada alternativa con respecto a las propiedades técnicas

Pr: Peso relativo

Partiendo del resultado obtenido en la tabla 4 se puede observar que la opción número 1 es la alternativa más viable, por lo tanto, se procede a la elaboración del proyecto bajo el funcionamiento de un troquel simple.

3.1.3 Selección de material para el troquel.

Para la fabricación del troquel, es necesario seleccionar un material que posea una buena estabilidad en los bordes y que permita realizar un corte perfecto evitando deformaciones e imperfectos del material en un corto plazo.

A continuación, se presentan 3 opciones de posibles materiales para realizar el proceso de selección.

Opción 1: K100 de la BÖHLER

K100 – Según la Böhler este tipo de acero está compuesto por un 12 % de cromo y es apropiado para aplicaciones de alta resistencia al desgaste y poca resistencia a la tenacidad y compresión, es utilizada en herramientas de conformación de materiales muy abrasivos en la industria de la cerámica y fabricación de ladrillos²⁵.

²⁵ Böhler. (2020). Voestalpine. Obtenido de K100 : <https://www.bohler-edelstahl.com/en/products/k100/>

Opción 2: K353 de la BÖHLER

K353 Según la Böhler es un acero compuesto por 8% de cromo, caracterizado por su alta dureza y resistencia al desgaste, adicional a esto cuenta con buena maquinabilidad, estabilidad dimensional y tenacidad.²⁶

Opción 3: K890 de la BÖHLER

K890 Microclean, según la Böhler es un acero ideal para el trabajo en frío y se caracteriza por una buena tenacidad, buena resistencia a la compresión y excelente resistencia a la fatiga.²⁷

Tabla 5. Factor de ponderación (material para el troquel).

CRITERIOS	PESO RELATIVO %
COSTO INICIAL	30
FUNCIONALIDAD	30
RENTABILIDAD	30
COSTO DE MANTENIMIENTO	10

Fuente: Autor

Una vez especificadas las propiedades y sus respectivos pesos, se fija una escala de valoración de 0 a 10 puntos, evaluando el cumplimiento de cada alternativa respecto a las propiedades técnicas, en donde 10 implica que el cumplimiento es muy satisfactorio y 0 nada satisfactorio. Todo esto se recoge en la siguiente tabla.

²⁶ Böhler. (2020). Voestalpine. Obtenido de K353: <https://www.bohler-edelstahl.com/en/products/k353/>

²⁷ Böhler. (2020). Voestalpine. Obtenido de K890 Microclean: <https://www.bohler-edelstahl.com/en/products/k890/>

Tabla 6. Evaluación de Alternativas, Método de Ponderación

CRITERIOS	PESO RELATIVO (%)	ALTERNATIVAS					
		OPCIÓN 1		OPCIÓN 2		OPCIÓN 3	
COSTO INICIAL	30	10	3	9	2.7	5	1.5
FUNCIONALIDAD	30	3	0.9	7	2.1	9	2.7
RENTABILIDAD	30	4	1.2	6	1.8	5	1.5
COSTO DE MANTENIMIENTO	10	8	0.8	8	0.8	8	0.8
PUNTUACIÓN TOTAL:		5.9		7.4		6.5	

Fuente: Autor

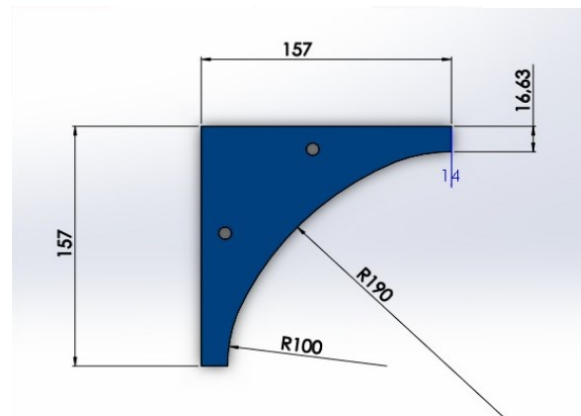
Partiendo del resultado obtenido en la Tabla 6 se puede observar que la opción número 2 la alternativa más viable, por lo tanto, se procede a la elaboración del proyecto bajo el material del K353 para la construcción del troquel.

3.1.4 Diseño de los elementos del troquel de corte.

Insertos Matriz.

La matriz como lo muestra la Figura 30 se compone de 4 piezas las cuales están sujetas por medio de pines y tornillos a la placa inferior, tienen un tratamiento térmico que nos da una mayor fortaleza y durabilidad al material K353, partiendo de las especificaciones y dimensiones de la pieza a cortar, los insertos de la matriz deben contar con las siguientes dimensiones:

Figura 30. Dimensiones Insertos Matriz



Fuente: Autor

Placa porta matriz.

La placa porta matriz es la encargada de mantener la matriz y fleje de corte en su posición, evitando los desplazamientos cuando se está realizando este proceso.

Para el dimensionamiento de la matriz se tienen en cuenta las especificaciones de la malla, la pieza a fabricar, las dimensiones de la matriz, la separación entre piezas y el espacio para necesario para ubicar las columnas guía.

La separación mínima entre matrices está dada por la siguiente expresión,

$$Smm = (Lmalla - (Lmatriz * 3))/2$$

Dónde:

Smm: Separación mínima de la matriz.

Lmalla: Largo de la malla.

Lmatriz: Largo matriz.

$$Smm = (1000mm - (314mm * 3))/2$$

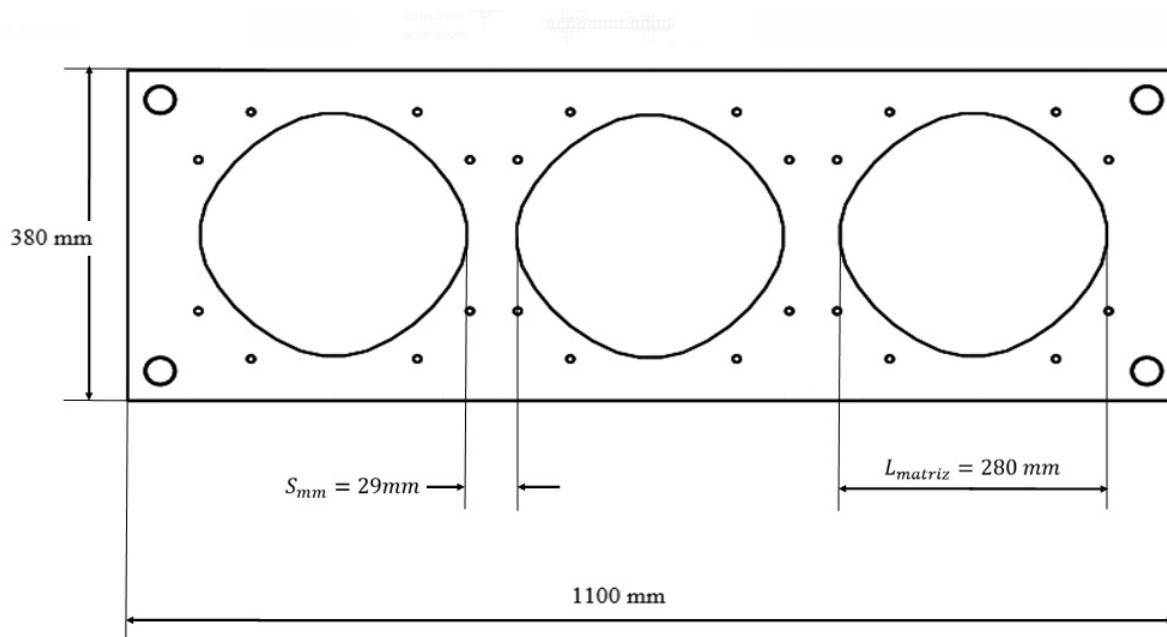
$$Smm = (1000mm - 942mm)/2$$

$$Smm = 58mm/2$$

$$Smm = 29mm$$

Teniendo en cuenta esto, la placa porta matriz debe cumplir con las siguientes dimensiones,

Figura 31. Placa porta matriz.



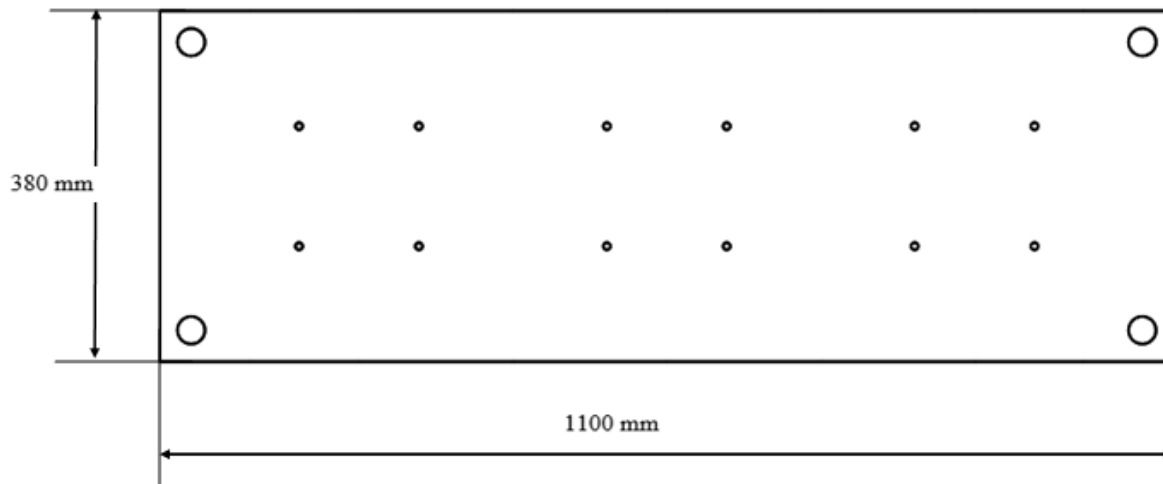
Fuente: Autor

Placa porta teflón.

La placa porta teflón (figura 32) es la encargada de mantener y sujetar las placas de teflón en su posición evitando el desplazamiento mientras el troquel está en funcionamiento.

Teniendo en cuenta que esta placa debe contar con las mismas dimensiones de la placa porta matriz, se diseña bajo las mismas especificaciones.

Figura 32. Placa porta teflón.

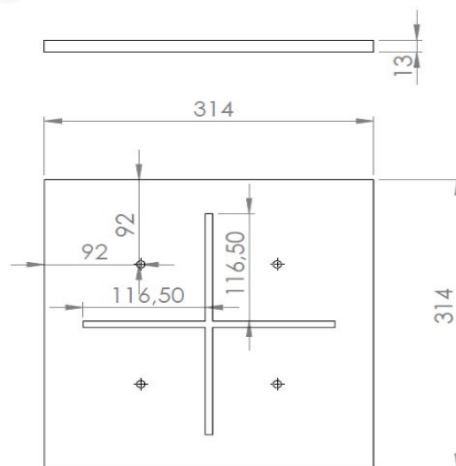


Fuente: Autor

Placas de teflón (sufrideras).

Las placas sufrideras (figura 33) están diseñadas en función de la matriz y son las encargadas de soportar el golpe contra la fleja para el corte de la malla, su resistencia a la temperatura es de 260°C. A continuación, se presentan las especificaciones que debe cumplir el diseño de las placas de teflón.

Figura 33. Placa de teflón

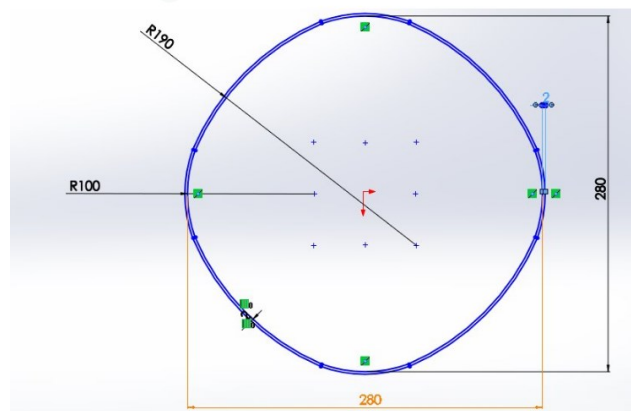


Fuente: Autor.

Fleje metálico

El uso de flejes metálicos está destinado dependiendo del trabajo a desempeñar, para este caso es el encargado de realizar el corte de la malla, tiene las mismas dimensiones de la pieza, con un temple en el filo para garantizar su durabilidad y estabilidad en los cortes. (Figura 34)

Figura 34. Fleje con sus dimensiones



Fuente: Autor

Resistencias.

Las resistencias (figura 35) cumplen con la función de transmitir calor a los flejes con el fin de asegurar y permitir un corte más uniforme y a su vez disminuir el prematuro desgaste de las placas de teflón. Las resistencias por implementar deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- Su longitud debe ser igual a la circunferencia del fleje.
- Debe transmitir una temperatura de 150°C.

Teniendo en cuenta estas especificaciones, se encuentra que las resistencias que cumplen con dichas condiciones son de tipo abrazadera de 220V y una potencia de 300w.

Figura 35. Resistencias.

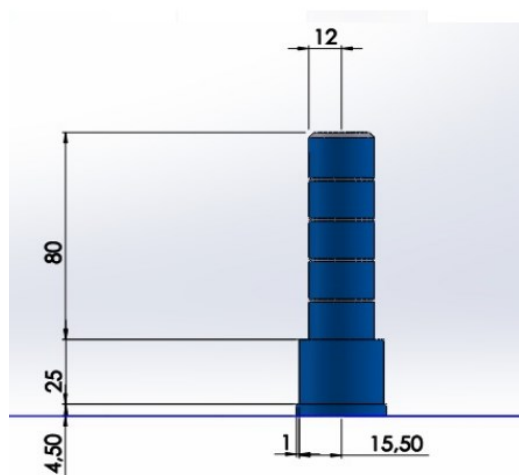


Fuente: (Resistencias TOPE SA, 2014)²⁸

Columnas guías.

Las columnas guías (figura 36) son las encargadas de permitir el desplazamiento de la placa porta teflón hacia la matriz, el diseño de las guías se basa según el recorrido del troquel, la altura de los machos y el espesor de la placa base, donde cada columna debe recibir un ajuste de (0.1mm). Estas deben ser construidas en un acero (4140) y teniendo en cuenta lo anterior, sus dimensiones deben ser las siguientes.

Figura 36. Columna guía.



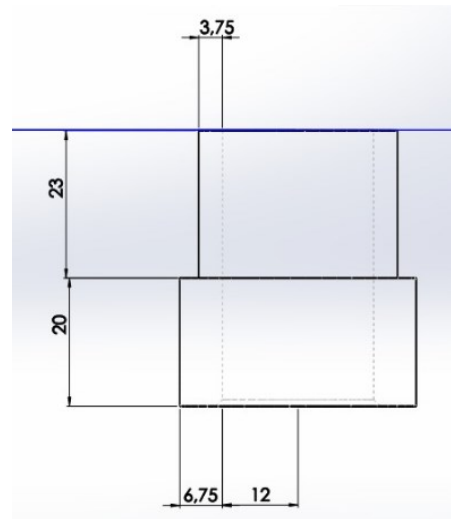
Fuente: Autor

²⁸ Resistencias TOPE SA. (2014). Obtenido de Resistencias Abrazaderas: <https://www.resistenciastope.com/es/20-resistencias-tipo-abrazaderas/28-resistencias-abrazaderas/>

Bujes

La principal función del buje es reducir la fricción entre la placa y la columna Guía, por tal motivo son fabricados en bronce. El diseño de los bujes se basa según el diámetro de la columna guía y el espesor de la placa porta teflón con el fin de garantizar un desplazamiento óptimo de la placa superior, la siguiente figura muestra las especificaciones de diseño para los bujes. (Figura 37)

Figura 37. Buje



Fuente: Autor

Cilindros neumáticos.

Los cilindros neumáticos (figura 38 y 39) son los encargados del funcionamiento del troquel y la expulsión de la pieza al momento del corte.

Los cilindros que se encargan del funcionamiento del troquel tienen un recorrido de 30 mm y aquellos que efectúan la expulsión de la pieza deben cumplir un recorrido de 50 mm, en el numeral 4.5.11 se encuentran los cálculos en los que con la fuerza necesaria para el corte y expulsión de la pieza se hallan los diámetros mínimos necesarios de estos cilindros neumáticos.

Figura 38. Cilindro del troquel.



Fuente: (RS, 2020)²⁹

Figura 39. Cilindro de expulsión de la pieza.



Fuente: (SEAS, 2015)³⁰

Los cilindros neumáticos consiguen el desplazamiento o funcionamiento, gracias a un émbolo encerrado en un cilindro como consecuencia a la diferencia de presión a ambos lados de aquel.

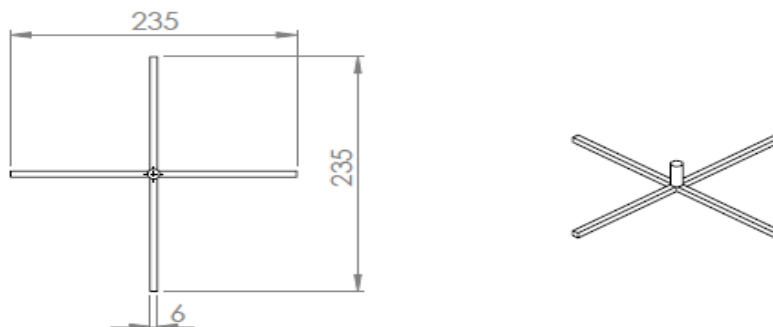
Elemento para la expulsión de la malla.

Para la extracción de la pieza del troquel se implementa un soporte en forma de cruz que realiza la expulsión de la malla ya cortada, este elemento cumple con las siguientes dimensiones, (figura 40).

²⁹ RS. (2020). Cilindro Neumático. Obtenido de <https://es.rs-online.com/web/p/cilindros-perfil-neumaticos/1215287/>

³⁰ SEAS. (11 de febrero de 2015). cilindros neumáticos. Obtenido de https://www.google.com/search?q=cilindros+neumaticos&sxsrf=ALeKk02QRk3NnYcGwo-2_S8BjJG0fWICUA:1585268322491&tbm

Figura 40. Expulsión para la malla.



Fuente: Autor.

Elementos de sujeción.

Se utilizan tornillos Allen (figura 41) siendo los óptimos para el trabajo de troqueles, el objetivo del tornillo es efectuar la restricción del movimiento para evitar fallas en el funcionamiento del troquel.

Figura 41. Tornillos allen.

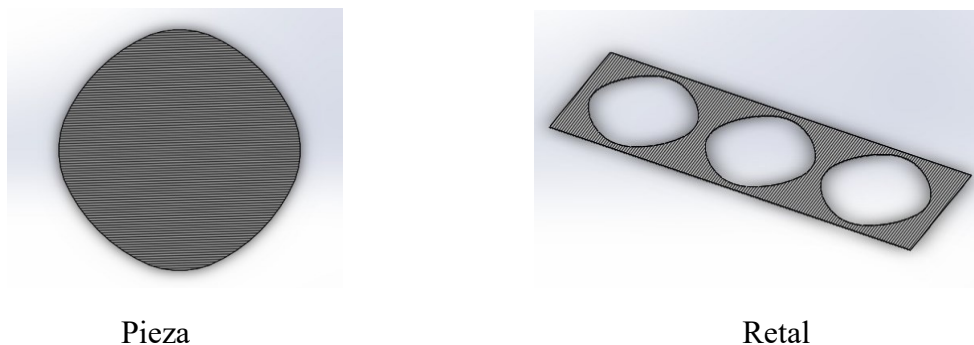
Fuente: (Entaban Suministros Industriales, 2020)³¹

3.1.5 Diseño mecánico del troquel.

Con el diseño del troquel de corte se busca obtener una producción en serie de malla para coladores que permita el corte simultáneo de 3 piezas, de igual forma se pretende optimizar el consumo de material evitando al máximo la generación de grandes cantidades de retal, para ello es necesario conocer las dimensiones, el material y demás parámetros de la malla. (Figura 42)

³¹ Entaban Suministros Industriales. (2020). Obtenido de Tornillo allen: <https://entaban.es/allen/2192-tornillo-allen-din-7984-cabeza-baja.html>

Figura 42. Diseño de la pieza.



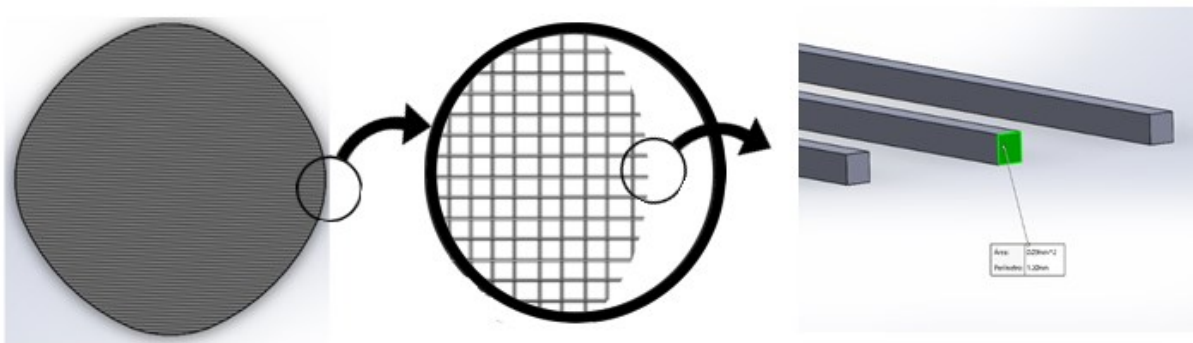
Fuente: Autor

3.1.6 Parámetros de la pieza.

Material: polipropileno y polietileno.

El área de corte se calcula a partir del área transversal de los filamentos (figura 43) y del número de estos que se cortan, sabiendo que el tejido tiene filamentos de polipropileno horizontalmente y de polietileno verticalmente, se debe calcular por separado las dos áreas debido a que cada material tiene una resistencia al corte diferente.

Figura 43. Área Transversal Filamentos del Tejido



Fuente: Autor

Af: Área transversal del filamento.

$$A_f = 0.09mm^2$$

NF_{pe}: Numero de filamentos del polietileno.

$$NF_{pe} = 77$$

NF pp Numero de filamentos de polipropileno. $NF_{pp} = 114$

$$A_{pe} = 2(NF_{pe})A_f$$

$$A_{pe} = 2(77)0.09mm^2$$

$$A_{pe} = 13.86 mm^2$$

Dónde:

A_{pe}: Es el área de corte del polietileno.

$$A_{pp} = 2(NF_{pp})A_f$$

$$A_{pp} = 2(114)0.09mm^2$$

$$A_{pp} = 20.63 mm^2$$

Dónde:

A_{pp}: Es el área de corte del polipropileno.

Debido a que la resistencia al corte rara vez es mencionada en la literatura, según Mott en su libro “*Diseño de Elementos de Máquinas*”³² se debe usar la siguiente estimación:

S_s: Resistencia al corte.

S_u: Resistencia a la tensión

$$S_s = 0.75 * S_u$$

³² Mott, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. En R. L. Mott, *Diseño de Elementos de Máquinas* (págs. 33 -35). México: Pearson

Tabla 7. Propiedades de Termoplásticos

Material	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la tensión (×1 000 psi)*	Resistencia al impacto, Izod (pie · lb/pulg)†	Resistencia dieléctrica (V/mil)‡	Temp. máx. de uso (sin carga)	
					°F	°C
Poliétileno:						
Baja densidad	0.92-0.93	0.9-2.5		480	180-212	82-100
Alta densidad	0.95-0.96	2.9-5.4	0.4-14	480	175-250	80-120
PVC clorado, rígido	1.49-1.58	7.5-9	1.0-5.6		230	110
Polipropileno, uso general	0.90-0.91	4.8-5.5	0.4-2.2	650	225-300	107-150
Estireno-acrilonitrilo (SAN)	1.08	10-12	0.4-0.5	1775	140-220	60-104
ABS, uso general	1.05-1.07	5.9	6	385	160-200	71-93
Acrílico, uso general	1.11-1.19	11.0	2.3	450-500	130-230	54-110
Acetatos celulósicos	1.2-1.3	3-8	1.1-6.8	250-600	140-220	60-104
Politetrafluoroetileno	2.1-2.3	1-4	2.5-4.0	400-500	550	288

*1 000 psi = 6.9 MPa.

Fuente: (Smith, 2006)³³

Conociendo los valores de resistencia a la tensión de la Tabla 7 se estima la resistencia al corte para cada uno de los materiales.

Resistencia al corte del polietileno de alta densidad:

$$S_s = 0.75S_u$$

$$S_s = 0.75 * 4460psi$$

$$S_s = 3342.5 psi$$

$$S_s = 235 kgf/cm^2$$

$$S_s = 2.35 kgf/mm^2$$

Resistencia al corte del polipropileno de uso general:

$$S_s = 0.75S_u$$

$$S_s = 0.75 * 5500psi$$

$$S_s = 4125 psi$$

$$S_s = 290 kgf/cm^2$$

$$S_s = 2.9 kgf/mm^2$$

³³ Smith, W. F. (2006). Fundamentos de la ciencia e ingeniería de Materiales, Cuarta Edición. Mc Graw- Hill.

Resistencia al corte del polietileno $S_s = 2.35 \text{ kgf/mm}^2$

Resistencia al corte del polipropileno $S_s = 2.9 \text{ kgf/mm}^2$

Una vez definidos los parámetros necesarios de la pieza, se realizan los respectivos cálculos para el correcto diseño y funcionamiento del troquel.

3.1.7 Fuerza necesaria para el corte.

La resistencia al corte es la necesaria a vencer para cortar una pieza, el cálculo de las fuerzas es insustituible para determinar la potencia y seleccionar los materiales adecuados para el troquel.

Para calcular la fuerza necesaria para el corte de la malla se tiene la siguiente expresión:

$$F_c = A_p * S_s$$

Dónde:

F_c : Fuerza del corte.

A_p y A_{pp} : Área de corte de la malla dependiendo del material.

S_s : Resistencia al corte o cizalladura del material.

Para poder analizar la fuerza de corte es necesario realizarlo en dos etapas, una para el material de polietileno y la otra para el polipropileno.

a) Etapa 1: Fuerza necesaria para el corte del material de polietileno. (F_{cpe})

$$\begin{aligned} F_{cpe} &= A_{pe} * S_s \\ F_{cpe} &= 13.86 \text{ mm}^2 * 2.35 \text{ kgf/mm}^2 \\ F_{cpe} &= 32.50 \text{ kgf} \end{aligned}$$

b) Etapa 2: Fuerza necesaria para el corte del material de polipropileno (F_{cpp})

$$\begin{aligned} F_{cpp} &= A_{pp} * S_s \\ F_{cpp} &= 20.63 \text{ mm}^2 * 2.9 \text{ kgf/mm}^2 \\ F_{cpp} &= 59.83 \text{ kgf} \end{aligned}$$

La fuerza total necesaria para el corte de la malla, es la suma de la fuerza que se efectúan en las dos etapas anteriores multiplicada por 3 ya que es la cantidad de piezas que salen en un solo golpe.

$$\begin{aligned}
 Fct &= (Fcpe + Fcpp) * 3 \\
 Fct &= (32.50Kgf + 59.83Kgf) * 3 \\
 Fct &= 92.33Kgf * 3 \\
 Fct &= 276.99kgf
 \end{aligned}$$

Con los cálculos anteriores se puede deducir que es necesario construir un troquel que genere aproximadamente 280 kgf para asegurar el corte de la malla sin ningún inconveniente, esta fuerza será entregada por dos cilindros neumáticos, los cuales son calculados en el numeral 4.5.11, obteniendo el diámetro mínimo necesario de estos, para alcanzar un valor igual o superior a los 280 kgf.

3.1.8 Separación mínima entre piezas a cortar.

Para la separación entre las cortes se tiene en cuenta que el ancho de la malla es de un metro y que el objetivo es obtener tres piezas con el fin de optimizar el material de trabajo, es por esto que el valor entre las cortes debe garantizar que la malla salga en condiciones óptimas de operación generando un corte estandarizado y evitando deformaciones en el material de la misma.

Para calcular la separación mínima entre piezas se tiene la siguiente expresión:

$$Sm = (Lmalla - (Lpieza * 3))/4$$

Dónde:

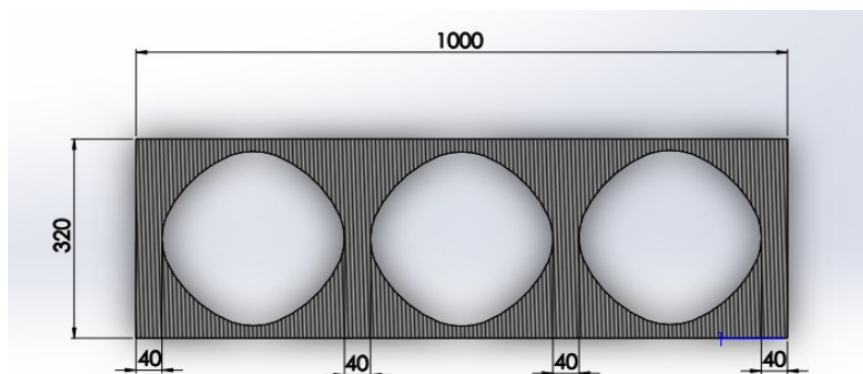
Sm: Separación mínima entre piezas.

Lmalla: Largo de la malla.

Lpieza: largo de la pieza.

$$\begin{aligned}
 Sm &= (1000mm - (280mm * 3))/4 \\
 Sm &= (1000 mm - 840 mm)/4 \\
 Sm &= 160 mm/4 \\
 Sm &= 40 mm
 \end{aligned}$$

Figura 44. Separación mínima entre piezas.



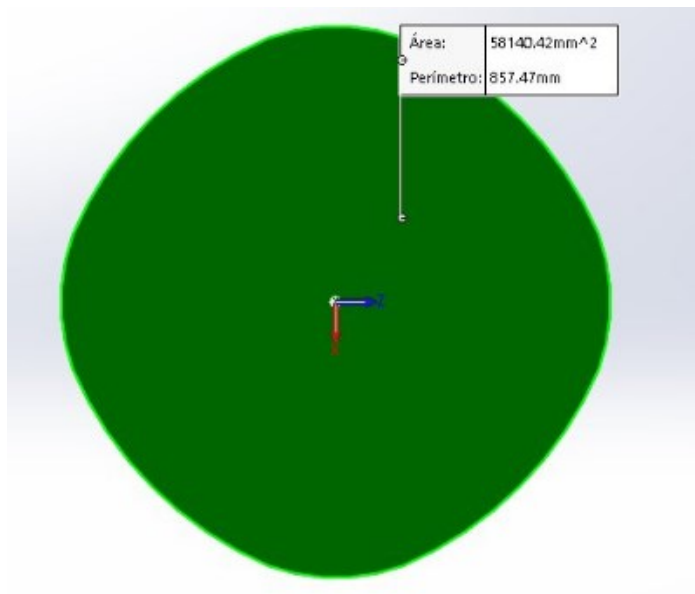
Fuente: Autor.

Por lo anterior, la separación entre las piezas tendrá un valor de 40 mm como lo muestra la Figura 44, el cual garantiza el espacio adecuado para cada pieza evitando las imperfecciones.

3.1.9 Área total de la pieza cortada.

Por medio del software SolidWorks y teniendo en cuenta los parámetros establecidos del troquel se halla el área total de la pieza. (Figura 45)

Figura 45 Área de la pieza cortada



Fuente: Autor.

3.1.10 Área de malla que se introduce al troquel.

- Ancho de la malla 1000mm
- Largo de la malla introducida al troquel 320mm

$$A = L * L$$

$$A = 1000mm * 320mm$$

$$A = 0.32m^2$$

3.1.11 Porcentaje de aprovechamiento del tejido.

El cálculo del porcentaje de aprovechamiento de la malla se hace en función de la cantidad de piezas que se obtienen en cada golpe, este está dado por:

$$PA = \frac{Atp * Np}{Atm} * 100\%$$

Dónde:

PA: Porcentaje de aprovechamiento del tejido.

Atp: Área total de la pieza.

Np: Número de piezas por golpe.

Atm: Área de la malla que es introducida al troquel.

$$PA = ((58140.42mm^2 * 3)/(320000 mm ^2)) * 100\%$$

$$PA = 54.50\%$$

3.1.12 Holgura entre placa y matriz.

La holgura es la tolerancia necesaria que debe existir entre la placa y la matriz con el fin de garantizar un corte óptimo para la malla. Este espacio depende del espesor y el factor de tolerancia del material. A continuación, en la tabla (8) se presenta el factor de tolerancia en función de la resistencia al corte.

Tabla 8. Tolerancias de corte

Resistencia al corte (Kgf*mm2)	Factor de tolerancia
< 10	0.01
11 - 25	0.03
26 -39	0.05
40-59	0.07

Fuente: (ascam, 2007)³⁴

En este caso para el polipropileno y polietileno se toma el valor de 0.01 como factor de tolerancia.

Con respecto a lo anterior, la holgura necesaria entre el macho y la matriz está dado por:

$$h = Ft * s$$

Dónde:

h: Holgura máxima.

Ft: Factor de tolerancia para el polipropileno y polietileno

s: Espesor de material a cortar.

$$h = 0.01 * 0.6 \text{ mm}$$

$$h = 0.006 \text{ mm}$$

3.1.13 Fuerza de reposición.

La fuerza de reposición es la fuerza necesaria para que la placa porta teflón vuelva a su posición inicial de trabajo, Teniendo en cuenta que la placa tiene un peso aproximado de 61.7kg.

³⁴ ascam. (1 de octubre de 2007). *tolerancias de corte* . Obtenido de <http://ascammtraining.blogspot.com/2007/10/tolerancias-de-corte.html>

$$Fr = W * g$$

Dónde:

W: Peso de la paca.

g: Gravedad.

$$Fr = 61.7Kg * 9.8 m/s^2$$

$$Fr = 604.66 N$$

La fuerza necesaria para reposicionar el troquel a su posición inicial es de 604.66 N, esta fuerza de reposicionamiento es generada por los mismos cilindros neumáticos encargados de la fuerza de corte, los cuales son calculados en el numeral 4.5.11.

3.1.14 Fuerza de expulsión de la pieza.

La fuerza de expulsión es necesaria para retirar la pieza de la matriz, esta se relaciona con la fuerza de corte y dependiendo del espesor de la pieza o material a troquelar puede variar de 11% hasta 15%. La tabla (9) muestra el porcentaje que se aplica dependiendo del espesor.

Tabla 9. Fuerza de extracción de la pieza

Espesor (mm)	Fuerza de corte (%)
Hasta 1	1-5
Entre 1 y 2.5	5-8
Entre 2.5 y 4	8-10

Fuente: (Silverado, 2009)³⁵

Para este caso se toma un porcentaje del 3% debido a que la malla tiene un espesor de 0.6mm.

$$Fe = Fc * 0.03$$

³⁵ Silverado, I. (2009). Metodología para el diseño. Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/1313/1/TME00449.pdf>

Dónde:

Fe: Fuerza de expulsión de la pieza.

Fc: Fuerza de corte por pieza.

$$Fe = 92.33Kgf * 0.03$$

$$Fe = 2.76Kgf$$

La fuerza de expulsión necesaria para la pieza es de 2.76Kgf, en el numeral 4.5.11 se encuentran los cálculos de los cilindros neumáticos encargados de entregar esta fuerza, en los que a partir de los 2.75 kgf se halla el diámetro mínimo del cilindro para proporcionar esta fuerza.

3.2 Transmisión de potencia.

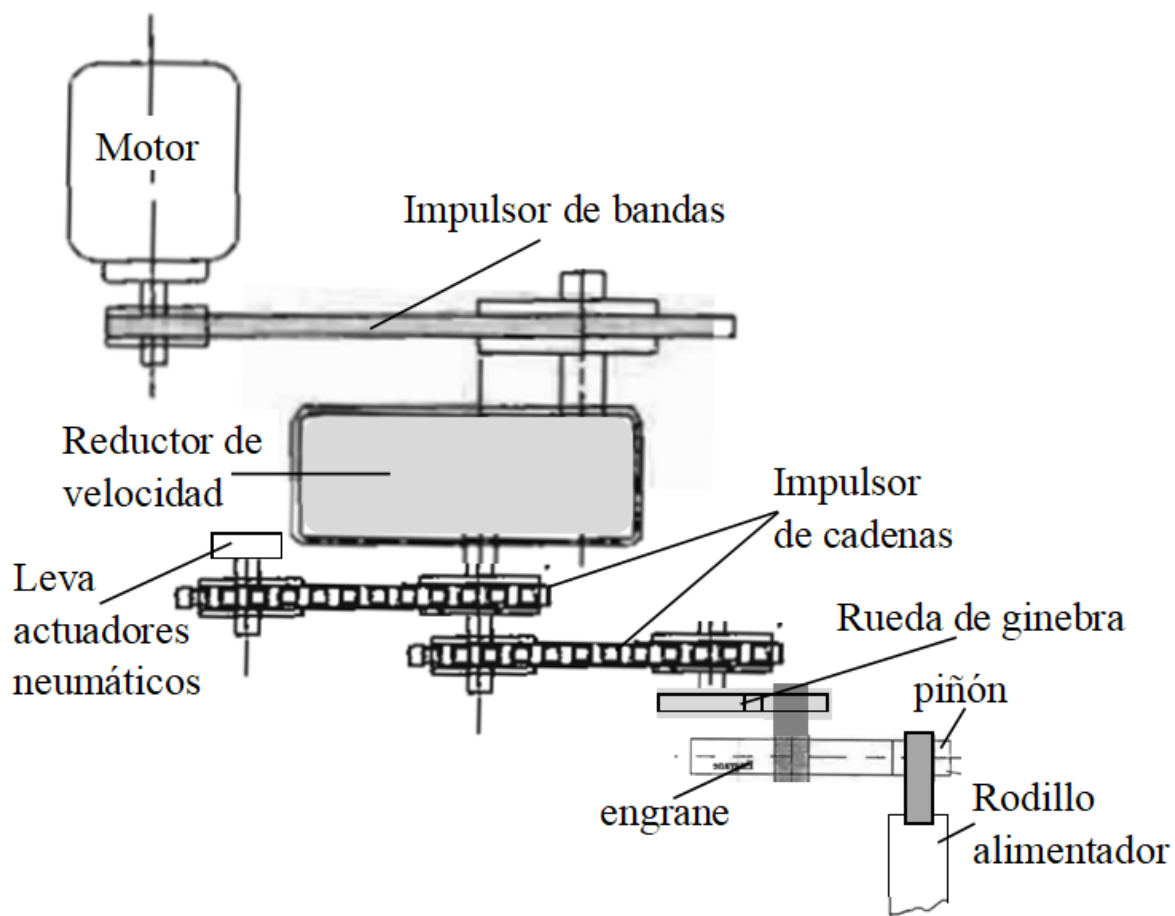
El sistema de transmisión de potencia tiene como fin transferir el movimiento producido por el elemento motriz a los diferentes componentes de la máquina para su funcionamiento.

Este proceso de transmisión está dado por:

- Motor
- Trasmisión de potencia por poleas
- Caja reductora
- Transmisión por cadenas
- Transmisión por engranes

En la figura 46 se observa el diseño conceptual de los mecanismos de transmisión de potencia.

Figura 46 diseño conceptual de los mecanismos de transmisión de potencia

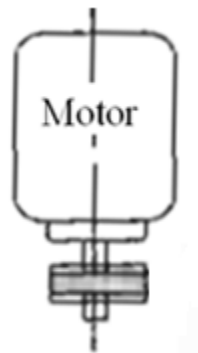


Fuente: Autor.

Motor

Como principal generador de potencia, se opta por un motor que se encuentra disponible en la empresa Plásticos Becely S.A.S, el cual genera 1750 rpm, debido a que esta velocidad es muy alta para su funcionamiento es necesario implementar un juego de poleas y un reductor que permitan reducirla, hasta una velocidad aproximada de 25 rpm que serán transmitidas hasta el sistema de accionamiento mecánico neumático y de avance de la malla mediante rodillos de caucho.

Figura 47 Fuente de energía del troquel.



Fuente: Autor.

3.2.1 Transmisión de potencia por poleas.

Diámetro de las poleas.

Para calcular el diámetro de la polea mayor (D) hay que tener en cuenta que el eje del motor tiene una polea de 70 mm de diámetro y que la necesidad de la maquina es reducir la velocidad para que el avance de la malla y los actuadores neumáticos funcionen de manera sincronizada. Se pueden trabajar las poleas con una relación aproximada de 2:1 la cual nos garantiza una reducción del 50% aproximadamente en la velocidad del motor.

$$D = d * 2$$

Dónde:

D: Diámetro de la polea mayor.

d: Diámetro de la polea menor.

$$D = 70mm * 2$$

$$D = 150mm$$

Para la polea del mayor diámetro es necesario utilizar como mínimo una de 140 mm de diámetro la cual nos garantiza una reducción de la velocidad. Como en la empresa plásticos Becely S.A.S se encuentra una disponible de 150 mm se procede a trabajar con ese diámetro.

Número de revoluciones por minuto de las poleas.

$$n_1 * d = n_2 * D$$

Dónde:

n_1 : Revoluciones por minuto Polea 1.

n_2 : Revoluciones por minuto Polea 2.

d : Diámetro Polea 1.

D : Diámetro Polea 2.

$$d = 70 \text{ mm}$$

$$D = 150 \text{ mm}$$

$$n_1 = 1750 \text{ rpm}$$

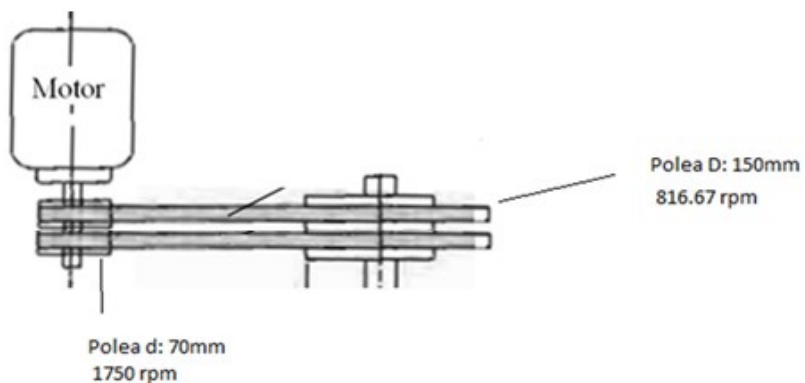
$$n_2 = \frac{n_1 d}{D}$$

$$n_2 = \frac{1750 * 70}{150}$$

$$n_2 = 816,67 \text{ rpm}$$

Conociendo el número de revoluciones se calcula la banda necesaria para transmitir la potencia desde el motor hasta el reductor. Figura (48)

Figura 48 Trasmisión de potencia por bandas.



Fuente: Autor.

Selección de transmisión por bandas

Datos de diseño:

Potencia: 2.0 Hp

Rpm de la unidad motriz (n1) 1750rpm

Rpm de la unidad motriz (n2) 816.67rpm

Diantre de las poleas (D1 y D2):

D1: 70mm D2: 150mm

Tipo de servicio: 6-7 H

Determinar la potencia de diseño:

Teniendo la potencia del motor que es de 2hp se procede a hallar el factor de servicio con la siguiente tabla.

Figura 49 factores de servicio para bandas V

TIPOS DE MÁQUINAS O EQUIPOS	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para líquidos Sopladores y aspiradoras Transportadores de trabajo ligero Ventiladores de hasta 10 caballos de fuerza	1.1	1.2	1.3
Transportadores de banda para arena, grano, etc Bombas rotativas de desplazamiento positivo Máquinas herramientas Maquinaria de lavandería Mezcladores de masa Ejes de línea Generadores Maquinaria de imprenta Taladros-prensas-cortadores Cribas giratorias y vibratorias Ventiladores de mas de 10 caballos de fuerza	1.2	1.3	1.4
Maquinaria para aserrios y trabajos en madera Transportadores (ernstre o tornillo) Compresoras de pistón Molinos de martillo Pulverizadores Excitadores Maquinaria textil Bombas de pistón Elevadores cargilones Maquinaria para ladrillos Sopladores de desplazamiento positivo	1.4	1.5	1.6
Trituradoras (giratorias-mandíbula-rodillo) Extrusoras-molinos de caucho Molinos de bolas Malacates	1.5	1.6	1.8

Fuente: (Selección de transmisión por bandas, 2016)³⁶

Partiendo de las características de la máquina esta se puede tomar como una máquina herramienta con un factor de servicio normal por lo tanto se tiene que el factor de servicio será 1.3

³⁶ Selección de transmisión por bandas. (2016). Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1802/2016-Anexo%205-Seleccion%20de%20transmision%20por%20bandas%20intermec.pdf?sequence=14&isAllowed=y>

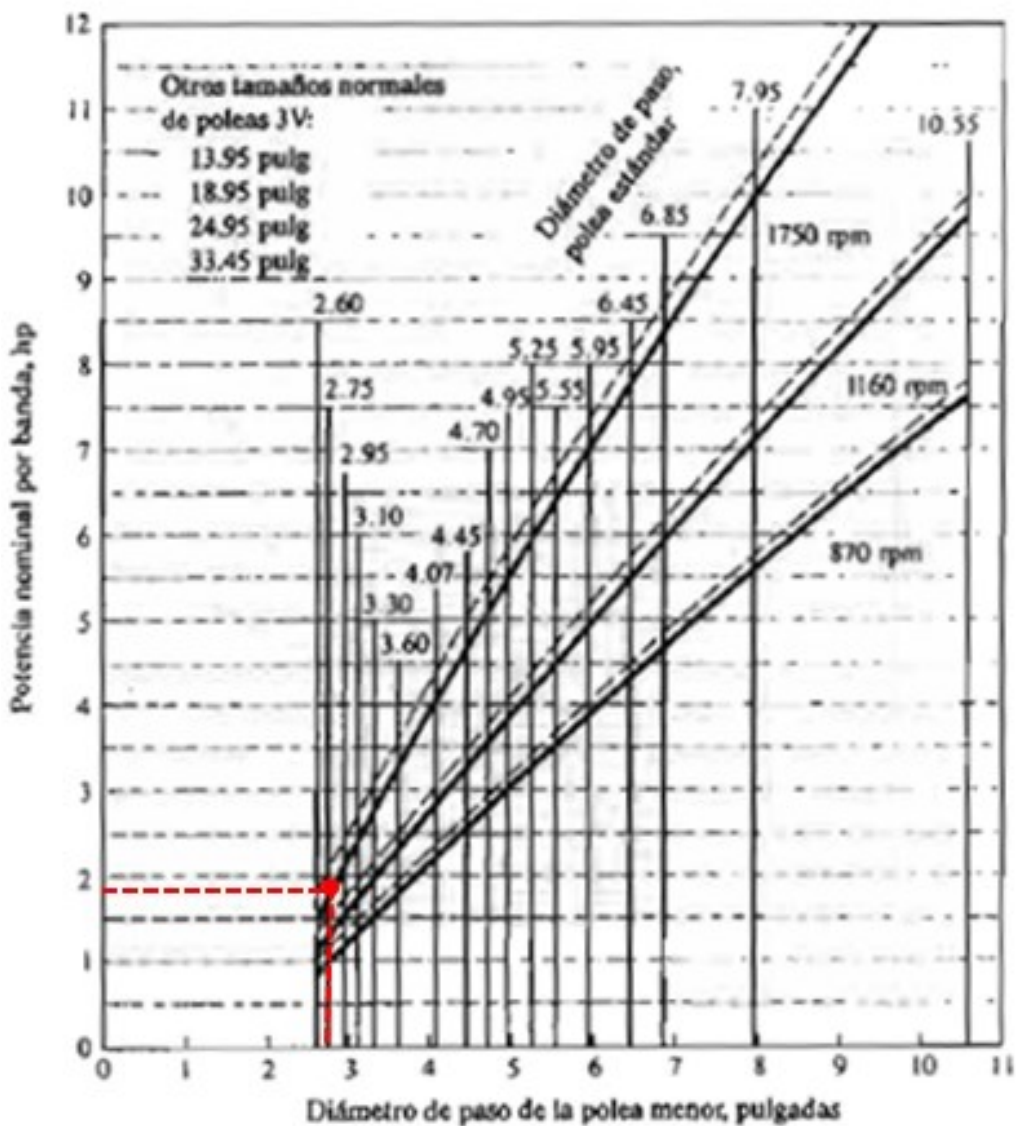
Con lo anterior se tiene que la potencia de diseño es:

$$Pd = 2Hp * 1.3$$

$$Pd = 2.6 Hp$$

Potencia nominal del motor.

Figura 50 Potencia nominal de banda.

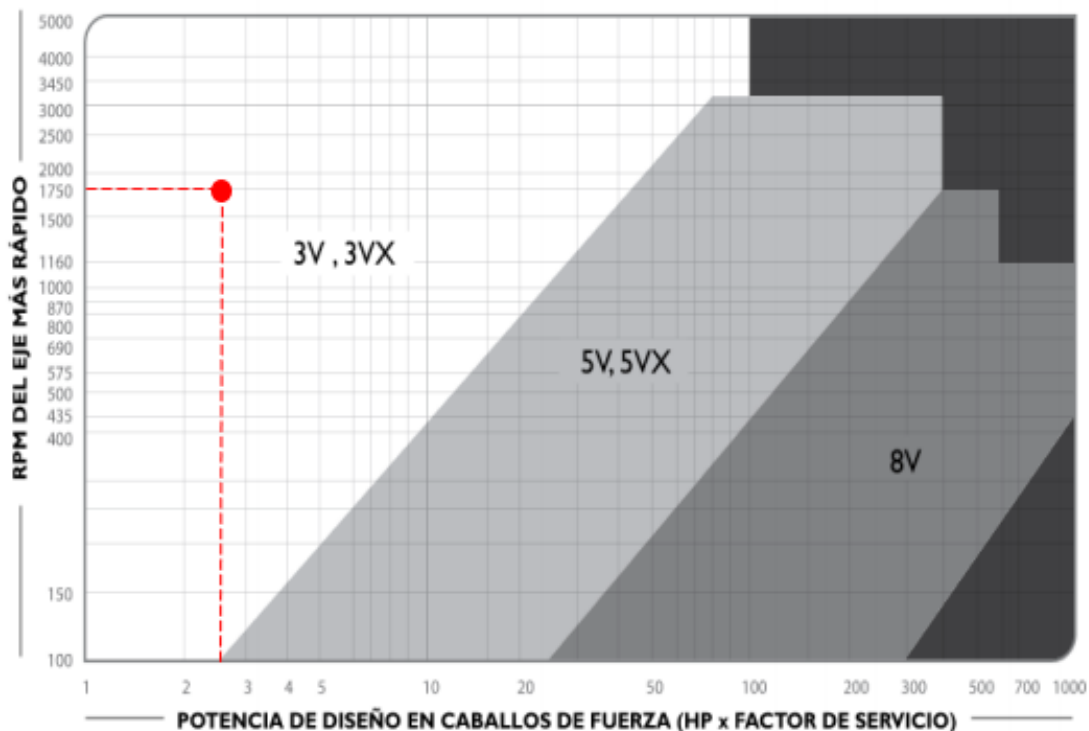


Fuente: (Mott, Robert L., 2006)³⁷

³⁷ Mott, Robert L. (2006). Diseño de elementos de maquinas. En R. L. Mott, *Diseño de elementos de maquinas* (pág. 275). Mexico: Pearson.

Teniendo en cuenta la Figura 50 La potencia nominal es de 1.8hp, con el valor de la potencia de diseño y la velocidad de la unidad motriz (n1) se procede a elegir el tipo de correa partiendo de la siguiente gráfica:

Figura 51 Gráfica para selección de bandas en V



Fuente: (Selección de transmisión por bandas, 2016)³⁸

Con respecto a la figura 51 se determina que el tipo de banda a implementar es 3V. Con esta información se calcula la distancia aceptable entre centros, la cual está dada por:

$$C_{recomendada} = 1.5 * (D + d)$$

³⁸ Selección de transmisión por bandas. (2016). Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1802/2016-Anexo%205-Seleccion%20de%20transmision%20por%20bandas%20intermec.pdf?sequence=14&isAllowed=y>

$$C_{\text{máx}} = 2 * (D + d)$$

$$C_{\text{mín}} = 0.7 * (D + d)$$

Donde,

C: Distancia entre centros

D: Diámetro polea 2

d: Diámetro polea 1

$$C_{\text{recomendada}} = 1.5 * (150\text{mm} + 70\text{mm})$$

$$C_{\text{recomendada}} = 330\text{ mm} = 12.99\text{pulg}$$

$$C_{\text{máx}} = 2 * (150 + 70)$$

$$C_{\text{máx}} = 440\text{mm} = 17.32\text{pulg}$$

$$C_{\text{mín}} = 0.7 * (150 + 70)$$

$$C_{\text{mín}} = 175\text{mm} = 6.8\text{pulg}$$

Partiendo de estos parámetros se decide por una distancia entre centros de 7".

Para calcular la longitud de la banda tenemos que:

$$L = 2 * C + 1.57 * (D_2 + D_1) + \frac{(D - d)^2}{4c}$$

Dónde:

L: longitud de banda.

$$L = 2 * 7" + 1.57 * (5.9" + 2.7") + \frac{(5.9" - 2.7")^2}{4 * 7"} \\ L = 27.86"$$

Para calcular el ángulo de contacto de la banda Con la polea menor tenemos:

$$\theta_1 = 180^\circ + 2\text{sen}^{-1} \left[\frac{D - d}{2C} \right]$$

Dónde:

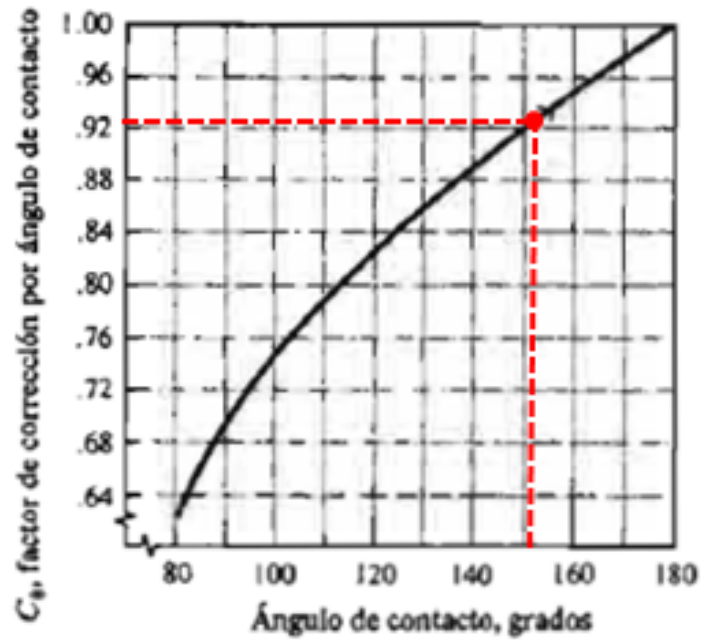
θ : Angulo de contacto.

$$\theta_1 = 180^\circ + 2\text{sen}^{-1} \left[\frac{5.9" - 2.7"}{2 * 7"} \right]$$

$$\theta_1 = 153^\circ$$

Con el ángulo calculado procedemos a calcular el factor de corrección por ángulos de contacto y el factor de corrección por longitud de banda.

Figura 52 Factor de corrección por ángulo.



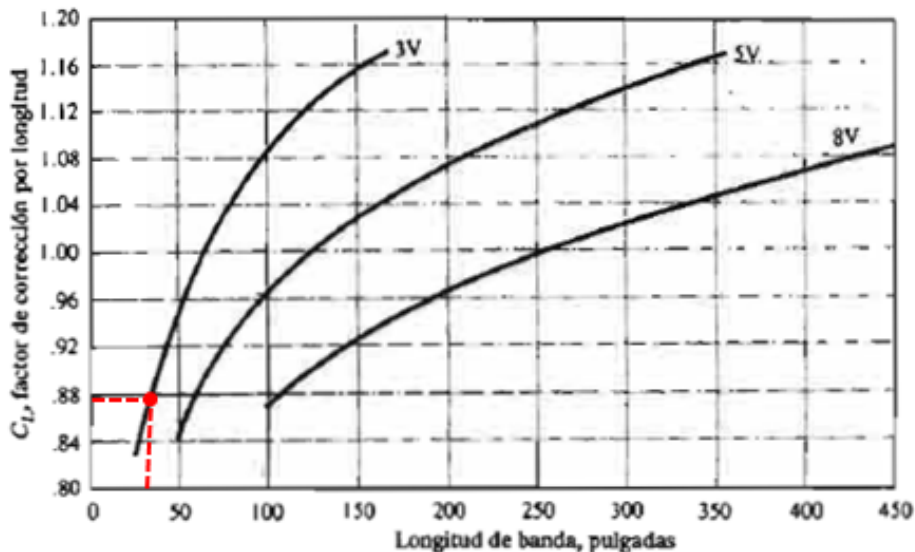
Fuente: (Mott, Robert L., 2006)³⁹

De acuerdo a la Figura 52 el factor de corrección por ángulo de contacto es:

$$C_{\theta} = 0.93$$

³⁹ Mott, Robert L. (2006). Diseño de elementos de maquinas. En R. L. Mott, *Diseño de elementos de maquinas* (pág. 277). Mexico: Pearson.

Figura 53 Factor de corrección por longitud de banda.

Fuente: (Mott, Robert L., 2006)⁴⁰

De acuerdo a la Figura 53 el factor de corrección por longitud de banda:

$$C_L = 0.87$$

Con estos factores de corrección se procede a calcular la potencia nominal corregida por banda.

$$P_c = C_L * C_\theta * p$$

Dónde:

Pc: Potencia nominal corregida.

$$P_c = (0.93)(0.87)(1.8)$$

$$P_c = 1.46hp$$

Teniendo el valor de la potencia corregida se calcula el número de bandas necesarias, el cual está dado por:

$$Nb = \frac{P_d}{P_c}$$

Dónde:

Nb: Número de bandas

Pd: Potencia de diseño

⁴⁰ Mott, Robert L. (2006). Diseño de elementos de maquinas. En R. L. Mott, *Diseño de elementos de maquinas* (pág. 277). Mexico: Pearson.

$$Nb = \frac{2.6}{1.46}$$

$$Nb = 1.78 \text{ Bandas}$$

Con esto se concluye que es necesario implementar 2 bandas 3V en la construcción del mecanismo.

3.2.2 Caja reductora.

Teniendo en cuenta las revoluciones entregadas por la polea. se calculan los rpm que salen del reductor que a su vez son entregados a la rueda Catarina encargada de repartir el movimiento hacia el avance y el accionamiento neumático.

Dónde:

Revoluciones por minuto de entrada = 816.67 = n

Relación de transmisión del reducto = 40:1

$$40:1$$

$$rpm_r = \frac{n}{40}$$

$$rpm_r = \frac{816.67}{40}$$

$$rpm_r = 20,42 \text{ rpm}$$

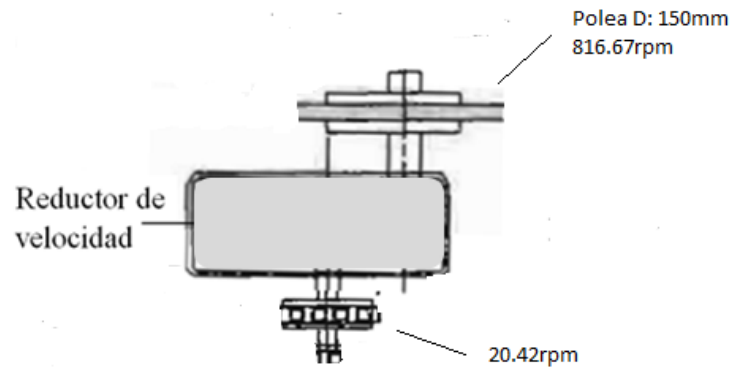
Tiempo que tarda una revolución,

$$tr = \frac{rpm * s}{rpm_r}$$

$$tr = \frac{1rpm * 60s}{20,42 rpm}$$

$$tr = 2.94 \text{ Seg}$$

Figura 54 Caja reductora.



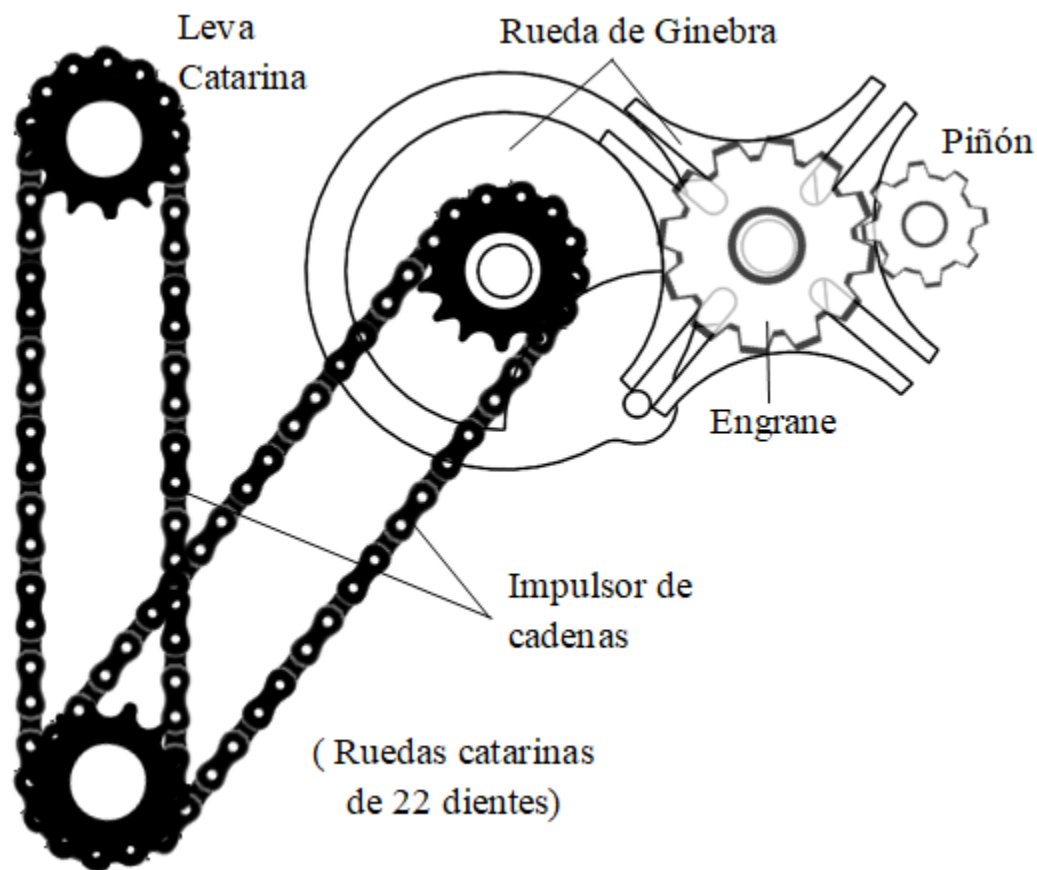
Fuente: Autor.

Como se observa en la figura 54 a la salida de la caja reductora se obtienen 20.42 rpm

3.2.3 transmisión por cadenas.

A continuación, se observa el diseño conceptual de distribución de potencia por cadenas y ruedas catarinas que se encarga de repartir la potencia hacia los actuadores neumáticos y hacia el sistema de alimentación de la malla, que es accionado por una rueda Catarina y un engranaje los cuales son calculados en el numeral 3.2.4.

Figura 55 diseño conceptual distribución de potencia



Fuente: Autor.

Potencia transmitida = 2 hp

Teniendo en cuenta la figura 56 de factores de servicio para transmisión por cadenas del libro “diseños de elementos de máquinas”, que se muestra a continuación, se toma como factor de servicio valor de 1.0.

Figura 56 factores de servicio para transmisión por cadenas.

TABLA 7-8 Factores de servicio para transmisiones por cadenas

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
Uniforme (agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, grúas, transportadores pesados, mezcladoras de alimento y molinos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7

Fuente: (Mott, Robert L., 2006)⁴¹

$$Potencia\ de\ diseño = 2\ hp(1) = 2\ hp$$

⁴¹ Mott, Robert L. (2006). Diseño de elementos de maquinas. En R. L. Mott, *Diseño de elementos de maquinas* (pág. 290). Mexico: Pearson.

Figura 57 Capacidad en caballos de fuerza- cadena simple.

TABLA 7-7 Capacidades en caballos de fuerza - Cadena simple de rodillos número 80

Núm. de dientes	1.000 pulgadas de paso				Velocidad mínima de giro de la catarina, rev/min																				
	10	25	50	75	88	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2500	3000	3500	4000	4500
11	0.44	1.06	2.07	3.05	3.56	4.03	7.83	11.56	15.23	18.87	22.48	26.07	27.41	22.97	19.61	14.92	11.84	9.69	8.12	6.83	4.96	3.77	3.00	2.45	0.00
12	0.48	1.16	2.26	3.33	3.88	4.39	8.54	12.61	16.82	20.59	24.53	28.44	31.23	26.17	22.35	17.00	13.49	11.04	9.25	7.90	5.65	4.30	3.41	2.79	0.00
13	0.52	1.26	2.45	3.61	4.21	4.76	9.26	13.66	18.00	22.31	26.57	30.81	35.02	29.51	25.20	19.17	15.21	12.45	10.43	8.91	6.37	4.85	3.85	3.15	
14	0.56	1.35	2.63	3.89	4.53	5.12	9.97	14.71	19.39	24.02	28.62	33.18	37.72	32.98	28.16	21.42	17.00	13.91	11.66	9.96	7.12	5.42	4.30	3.52	
15	0.60	1.45	2.82	4.16	4.86	5.49	10.68	15.76	20.77	25.74	30.66	35.55	40.41	36.58	31.23	23.76	18.85	15.43	12.93	11.04	7.90	6.01	4.77	0.00	
16	0.64	1.55	3.01	4.44	5.18	5.86	11.39	16.81	22.16	27.45	32.70	37.92	43.11	40.30	34.41	26.17	20.77	17.00	14.25	12.16	8.70	6.62	5.25	0.00	
17	0.68	1.64	3.20	4.72	5.50	6.22	12.10	17.86	23.54	29.17	34.75	40.29	45.80	44.13	37.68	28.66	22.75	18.62	15.60	13.32	9.53	7.25	0.00		
18	0.72	1.74	3.39	5.00	5.83	6.59	12.81	18.91	24.93	30.88	36.79	42.66	48.49	48.08	41.05	31.23	24.78	20.29	17.00	14.51	10.39	7.90	0.00		
19	0.76	1.84	3.57	5.28	6.15	6.95	13.53	19.96	26.31	32.60	38.84	45.03	51.19	52.15	44.52	33.87	26.88	22.00	18.44	15.74	11.26	0.36	0.00		
20	0.80	1.93	3.76	5.55	6.47	7.32	14.24	21.01	27.70	34.32	40.88	47.40	53.88	56.32	48.08	36.58	29.03	23.76	19.91	17.00	12.16	0.00			
21	0.84	2.03	3.95	5.83	6.80	7.69	14.95	22.07	29.08	36.03	42.92	49.77	56.58	60.59	51.73	39.36	31.23	25.56	21.42	18.29	13.09	0.00			
22	0.88	2.13	4.14	6.11	7.12	8.05	15.66	23.12	30.47	37.75	44.97	52.14	59.27	64.97	55.47	42.20	33.49	27.41	22.97	19.61	14.03				
23	0.92	2.22	4.33	6.39	7.45	8.42	16.37	24.17	31.85	39.46	47.01	54.51	61.97	69.38	59.30	45.11	35.80	29.30	24.55	20.97	15.00				
24	0.96	2.32	4.52	6.66	7.77	8.78	17.09	25.22	33.24	41.18	49.06	56.88	64.66	72.40	63.21	48.08	38.16	31.23	26.17	22.35	15.99				
25	1.00	2.42	4.70	6.94	8.09	9.15	17.80	26.27	34.62	42.89	51.10	59.25	67.35	75.42	67.20	51.12	40.57	33.20	27.83	23.76	8.16				
26	1.04	2.51	4.89	7.22	8.42	9.52	18.51	27.32	36.01	44.61	53.14	61.62	70.05	78.43	71.27	54.22	43.02	36.22	29.51	25.20	0.00				
28	1.12	2.71	5.27	7.77	9.06	10.25	19.93	29.42	38.78	48.04	57.23	66.36	75.44	84.47	79.65	60.59	48.08	39.36	32.98	28.16	0.00				
30	1.20	2.90	5.64	8.33	9.71	10.98	21.36	31.52	41.55	51.47	61.32	71.10	80.82	90.50	88.33	67.20	53.33	43.65	36.58	31.23					
32	1.28	3.09	6.02	8.89	10.36	11.71	22.78	33.62	44.32	54.91	65.41	75.84	86.21	96.53	97.31	74.03	58.75	48.08	40.30	5.65					
35	1.40	3.38	6.58	9.72	11.33	12.81	24.92	36.78	48.47	60.05	71.54	82.95	94.29	105.58	111.31	84.68	67.20	55.00	28.15	0.00					
40	1.61	3.87	7.53	11.11	12.95	14.64	28.48	42.03	55.40	68.63	81.76	94.80	107.77	120.67	133.51	103.46	82.10	40.16	0.00						
45	1.81	4.35	8.47	12.49	14.57	16.47	32.04	47.28	62.32	77.21	91.98	106.65	121.24	135.75	150.20	123.45	72.28	0.00							
	Tipo A				Tipo B									Tipo C											
	Tipo A: Lubricación manual o por goteo				Tipo B: Lubricación en baño o con disco									Tipo C: Lubricación con chorro de aceite											

Fuente: (Mott, Robert L., 2006)⁴²

Teniendo en cuenta la figura 57 para seleccionar el paso de la cadena para una sola hilera del libro diseño de elementos de máquina, que se observa a continuación se selecciona una cadena de rodillo simple número 80 con una Catarina de 22 dientes cuya capacidad es de 2.13 hp a 25 rpm de tipo A, que requiere una lubricación manual o por goteo, que según la tabla 7-9 (figura 55) del libro “diseños de elementos de máquinas” debe ser un SAE 30.

⁴² Mott, Robert L. (2006). Diseño de elementos de maquinas. En R. L. Mott, *Diseño de elementos de maquinas* (pág. 288). Mexico: Pearson.

Figura 55 Lubricante recomendado para transmisión por cadenas.

TABLA 7-9 Lubricante recomendado para transmisiones por cadenas

Temperatura ambiente		Lubricante recomendado
°F	°C	
20 a 40	-7 a 5	SAE 20
40 a 100	5 a 38	SAE 30
100 a 120	38 a 49	SAE 40
120 a 140	49 a 60	SAE 50

Fuente: (Mott, Robert L., 2006)⁴³

Siguiendo los lineamientos de diseño para transmisión por cadenas del libro Robert Moot, se calcula el diámetro de paso de las ruedas catarinas mediante la siguiente ecuación:

$$D_1 = \frac{p}{\text{sen}(180^\circ/N)}$$

Donde:

D₁ = diámetro de paso

P = paso

N = número de dientes

$$D_1 = \frac{1 \text{ pulg}}{\text{sen}(180^\circ/22)}$$

$$D_1 = \frac{p}{\text{sen}(180^\circ/N)}$$

$$D_1 = 7.03 \text{ pulg}$$

⁴³ Mott, Robert L. (2006). Diseño de elementos de maquinas. En R. L. Mott, *Diseño de elementos de maquinas* (pág. 288). Mexico: Pearson.

Se calcula la longitud de cadena en pasos, tomando una distancia entre centros nominal de 16 con la siguiente ecuación.

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C}$$

Donde:

L = Longitud de la cadena

C = Distancia ente centros nominal

N1= Numero de dientes catrina pequeña

N2= Numero de dientes catrina grande

Debido a que las ruedas catarinas tienen el mismo número de dientes la ecuación queda así:

$$L = 2C + N$$

Donde:

N = número de dientes de la rueda Catarina

$$L = 2 * 16 + 22$$

$$L = 54 \text{ pasos}$$

Se especifica un numero par de pasos y se calcula la distancia teórica entre centros con la siguiente ecuación.

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{N_2 + N_1}{2} \right)^2 - \frac{8(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C}} \right]$$

Dónde:

C = Distancia ente centros nominal

L = Longitud de la cadena en pasos

N1= Numero de dientes catrina pequeña

N2= Numero de dientes catrina grande

Al igual que en la ecuación anterior debido a que las ruedas catarinas tienen el mismo numero de dientes la ecuación queda de la siguiente manera

$$C = \frac{1}{4}L$$

$$C = \frac{1}{4}54$$

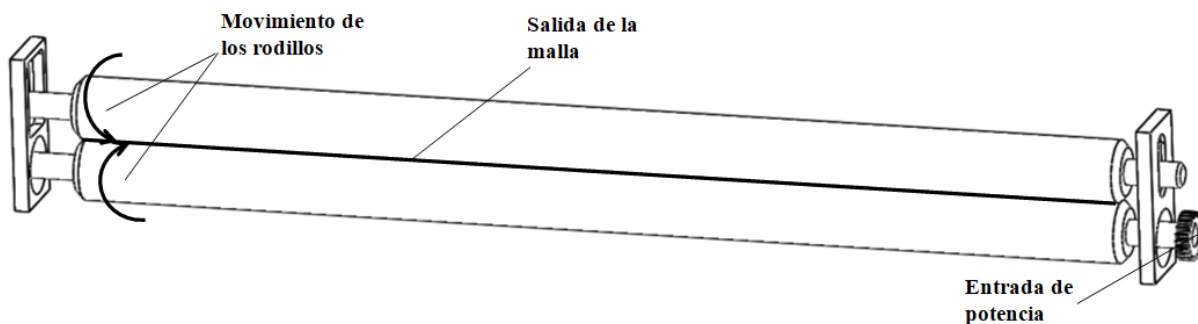
$$C = 13.5 \text{ pasos}$$

Como la cadena seleccionada es de paso 1 pulgada la distancia entre centros será 13.5 pulgadas.

3.2.4 Sistema de avance.

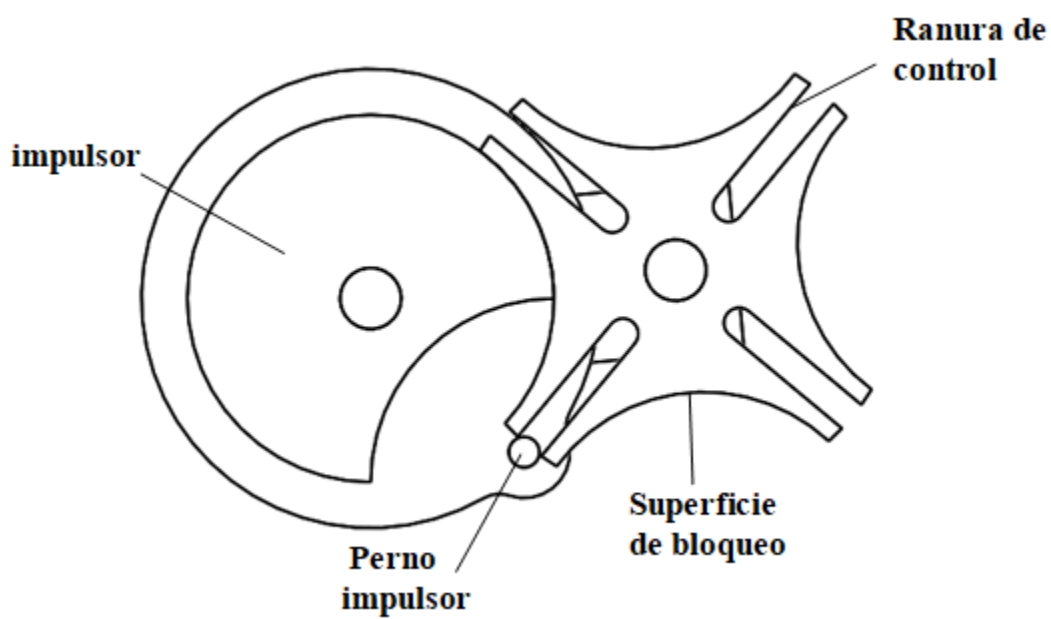
El sistema de avance está dado por dos rodillos de caucho, los cuales son diseñados en función de las características de la malla (figura 58).

Figura 58 Rodillos de avance de la malla



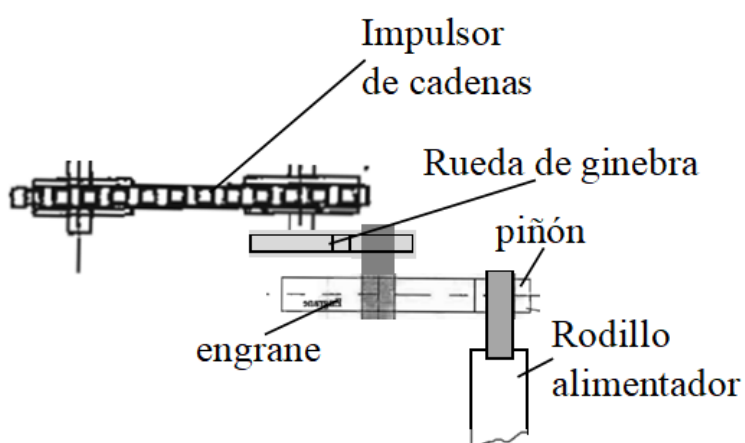
Estos rodillos trabajan en conjunto con el mecanismo por medio de una cadena como se observa en la figura (55), conectado con un mecanismo de rueda de ginebra (figura 56), logrando una sincronización exacta para que la malla avance y se detenga con el suficiente espacio para que trabaje el troquel de forma precisa en los cortes. Para esto se conecta el reductor al mecanismo de ginebra por medio de una cadena y ruedas catarinas, el cual permite un movimiento intermitente, y a su vez transmite la potencia a un engranaje conectado al rodillo que se diseña para que este gire lo suficiente para el avance de la malla, brindando así el tiempo necesario para que el troquel realice el corte, y luego la malla avance para el siguiente corte. En la figura 59 se observa un esquema del mecanismo de transmisión de potencia para la alimentación de la malla.

Figura 59 Rueda de ginebra



Fuente: Autor

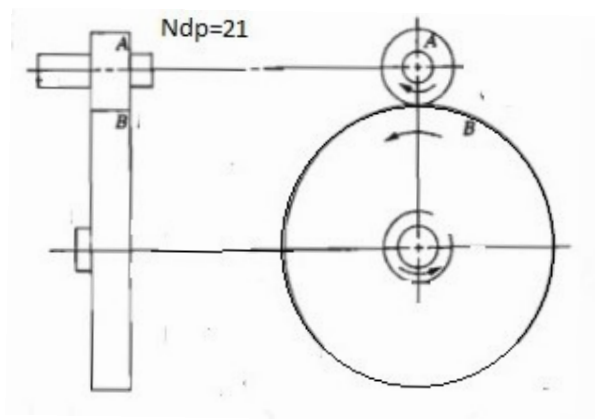
Figura 60. Croquis del Sistema de Avance



Fuente: Autor

Con el objetivo de minimizar en mayor medida el desperdicio de malla y teniendo en cuenta las dimensiones de la pieza (280 mm de ancho) y la separación mínima entre las piezas que es de 40 mm, se obtiene que el desplazamiento de la malla necesario entre cortes debe ser de aproximadamente 320 mm. Partiendo de esto se procede a calcular las especificaciones de los elementos del mecanismo de avance, a continuación, en la figura 61 se observa el dibujo esquemático del engranaje encargado de transmitir la potencia desde la rueda de ginebra hasta el rodillo.

Figura 61 Dibujo esquemático engranaje



Fuente: Autor

Teniendo el diámetro del rodillo de caucho, se calcula el perímetro de este para saber cuánto avanza la malla por una revolución de este, para esto se tiene:

Dr: Diámetro del rodillo: 75mm.

$$Pr = 2\pi * r$$

Dónde:

Pr: Es el perímetro de rodillo de caucho.

r: Radio del rodillo de caucho.

$$Pr = 2\pi * 37.5mm$$

$$Pr = 235.6mm$$

Conociendo el perímetro del rodillo se sabe que por cada revolución de este la malla avanzara lo mismo, para lograr los 320mm de avance necesario se debe calcular el número de revoluciones que debe hacer el rodillo para alcanzar estos 320mm.

Donde:

N_v = Numero de evoluciones necesarias

A_n = avance necesario

A_r = avance con una revolución

$$N_v = \frac{A_n}{A_r}$$

$$N_v = \frac{320mm}{235.6mm}$$

$$N_v = 1.36$$

Con esto se sabe que el rodillo y a su vez el piñón que va acoplado a este debe dar 1.36 revoluciones para alcanzar el avance necesario.

Sabiendo el número de dientes del piñón disponible y teniendo el número de revoluciones que debe dar este, se calculan los dientes aproximados que debe avanzar el piñón para alcanzar los 320mm de recorrido de la malla.

Teniendo:

$N_p = 21$ = número de dientes del piñón.

$$N_{dn} = r_n * N_p$$

Donde:

N_{dn} = número de dientes aproximados para el avance

R_n = revoluciones necesarias para el avance

$$N_{dn} = 1.36 * 21 \text{ dientes}$$

$$N_{dn} = 28.56 \text{ dientes}$$

Conociendo el número de dientes necesarios para el avance y teniendo en cuenta que por cada revolución de la rueda Catarina que es la que transmite la potencia hasta el engrane, esta solo gira un cuarto de revolución, se calculan el número de dientes del engrane.

$$N_e = R_g * N_{dn}$$

Dónde:

N_e = número de dientes del engrane.

R_g = Relación de la rueda de ginebra

N_{dn} = número de dientes aproximados para el avance

$$N_e = 4 * 28.56 \text{ dientes}$$

$$N_e = 114.24 \text{ dientes}$$

$$N_e \approx 114 \text{ dientes}$$

Este será el número de dientes del engrane para alcanzar el avance necesario, sabiendo esto halla el avance real de la malla

Con:

A_r = avance real de la malla

$$A_r = \frac{(N_e/R_g)}{N_p} * P_r$$

N_e = número de dientes del engrane.

R_g = Relación de la rueda de ginebra

N_p = número de dientes del piñón.

P_r : Es el perímetro de rodillo de caucho.

$$A_r = \frac{(114 \text{ d}/4)}{21 \text{ d}} * 235.6 \text{ mm}$$

$$A_r = 319.74 \text{ mm}$$

Este será el valor real del avance de la malla, que es aceptable comparándolo con los 320 mm calculados anteriormente y teniendo en cuenta que se usa el piñón disponible en la fábrica reduciendo así costos y trabajo de mecanizado.

3.3 Sistema neumático.

3.3.1 Cálculos de los cilindros neumáticos.

Cilindros para el movimiento del Troquel

La fuerza del cilindro neumático es la necesaria para la ejecución de los movimientos de ascenso y descenso del troquel, teniendo en cuenta la fuerza de corte calculada en el numeral 4.5.2 de 280 kgf, multiplicándola por un factor de sobrecarga de 1.5 y considerando la presión proporcionada por el compresor disponible en la fábrica, podemos identificar las dimensiones de los cilindros neumáticos necesarios para suplir esta necesidad.

$$A_c = \frac{F_{ct} * 1.5}{P}$$

Dónde:

F_{ct}: Fuerza de corte del troquel.

P: Presión de aire.

A_c: Área del pistón.

$$F_{ct}: 280 \text{ kgf}$$

$$P: 9.14 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A_c = \frac{280 \text{ kgf} * 1.5}{9.14 \text{ Kgf/cm}^2}$$

$$A_c = \frac{420 \text{ kgf}}{9.14 \text{ Kgf/cm}^2}$$

$$A_c = 45.95 \text{ cm}^2$$

Conociendo el área del pistón se halla el diámetro necesario de los cilindros neumáticos,

$$D = \sqrt{\frac{4A_c}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 45.95 \text{ cm}^2}{\pi}}$$

$$D = 7.65 \text{ cm}$$

Este será el diámetro mínimo de los cilindros neumáticos encargados del movimiento del troquel

Fuerza generada por los cilindros para el movimiento del troquel

Conociendo el diámetro mínimo necesario de los cilindros neumáticos se optó por utilizar dos de estos disponibles en las instalaciones de la empresa Plásticos Becely SAS de 8 cm de diámetro cada uno.

La fuerza de los cilindros neumáticos está dada por:

$$F_c = P * 2Ac$$

Dónde:

F_c: Fuerza de los cilindros.

P: Presión de aire.

$$P = 9.14 \text{ kgf/cm}^2$$

$$D = 8 \text{ cm}$$

$$F_c = (9.14 \text{ kgf/cm}^2) * (2 * \frac{\pi * (8 \text{ cm})^2}{4})$$

$$F_c = 918.85 \text{ kgf}$$

$$F_c = 9010.84 \text{ N}$$

Cilindros para la expulsión de la pieza cortada.

Teniendo en cuenta la fuerza necesaria para la expulsión de la pieza cortada obtenida en el numeral 4.5.9 y multiplicándola por un factor de sobrecarga de 1.5, se calcula el diámetro de cilindros neumáticos necesarios.

$$Ac = \frac{Fep * 1.5}{P}$$

Dónde:

F_{ep}: Fuerza de expulsión de la pieza.

P: Presión del aire comprimido.

Ac: Área del cilindro neumático para expulsión de la pieza.

$$F_{ep}: 2.76 \text{ kgf}$$

$$P: 9.14 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A_c = \frac{2.76 \text{ kgf} * 1.5}{9.14 \text{ kgf/cm}^2}$$

$$A_c = \frac{4.14 \text{ kgf}}{9.14 \text{ kgf/cm}^2}$$

$$A_c = 0.45 \text{ cm}^2$$

Conociendo el área del pistón se halla el diámetro necesario de los cilindros neumáticos,

$$D = \sqrt{\frac{4A_c}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.45 \text{ cm}^2}{\pi}}$$

$$D = 0.75 \text{ cm}$$

El diámetro mínimo de los cilindros neumáticos es de 0.75 cm para la expulsión de las piezas cortadas. Como los cilindros neumáticos más pequeño que se consiguieron comercialmente son de 2 cm de diámetro se procede a realizar el proceso de diseño y de construcción con esta medida.

La fuerza del cilindro neumático para expulsar la pieza del troquel está dada por:

$$F_c = P * A$$

Dónde:

Fc: Fuerza de los cilindros.

P: Presión del aire comprimido.

$$P = 9.14 \text{ kgf/cm}^2$$

$$D = 2 \text{ cm}$$

$$F_c = (9.14 \text{ kgf/cm}^2) * \left(\frac{\pi * (2 \text{ cm})^2}{4} \right)$$

$$F_c = 28.71 \text{ kgf}$$

$$F_c = 281.5 \text{ N}$$

Teniendo en cuenta que la fuerza para el funcionamiento del troquel y la expulsión de la malla son menores a las ejercidas por los cilindros neumáticos ya calculados se procede con la construcción de la maquina con estos diámetros de cilindros neumáticos.

3.3.2 Sistema de accionamiento.

En la troqueladora para corte de malla el sistema de accionamiento está compuesto por diversos elementos entre los cuales se encuentran elementos como motor, correas de transmisión, poleas, sensores y actuadores que tienen como objetivo mover o participar en el desplazamiento de cualquier parte móvil.

Para el diseño del sistema de accionamiento se requiere un conjunto de elementos específicos, los cuales tienen como principal objetivo ejecutar diversas tareas móviles que permitirán el correcto funcionamiento de la troqueladora para el proceso de corte. Estos elementos son:

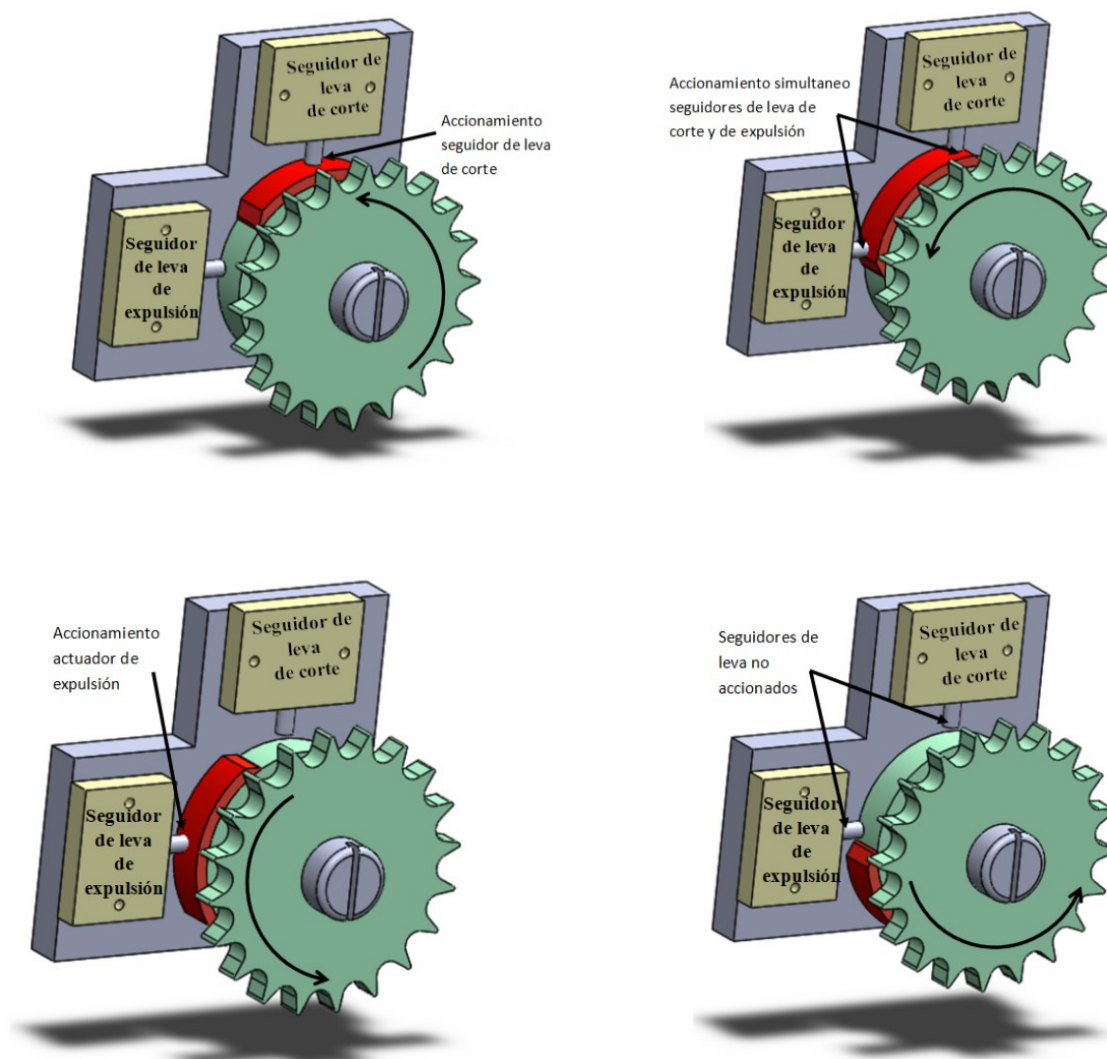
- Motor
- Correa de Transmisión
- Poleas
- Válvulas neumáticas manuales.
- Actuadores

Existen varios tipos de actuadores, pero en el diseño y construcción de la máquina troqueladora para malla se implementan los siguientes:

- Actuadores mecánicos.
- Actuadores neumáticos.

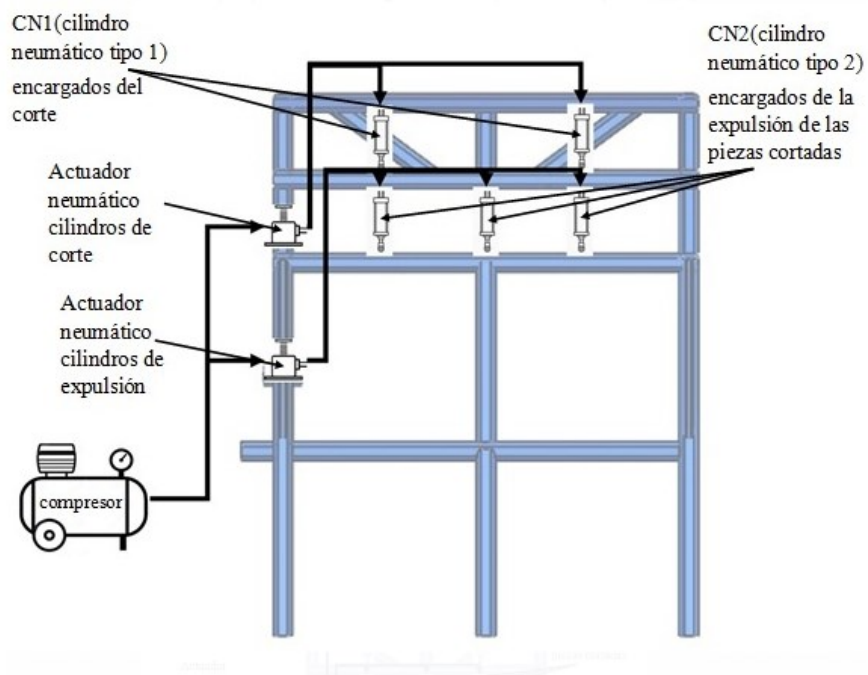
Debido a que el motor genera tanta energía es necesario conectarlo por medio de un juego de poleas a un reductor, el cual por medio de una cadena se encarga de transmitir la energía hacia el actuador mecánico que acciona la leva y esta a su vez se encarga de oprimir los seguidores de leva (válvulas piloto) generando el accionamiento de los cilindros neumáticos (Figura 62) encargados del movimiento del troquel y del proceso de expulsión de la malla, en las (figura 63-64) se observan el croquis y el esquema del sistema neumático de accionamiento.

Figura 62. Accionamiento mecánico y neumático



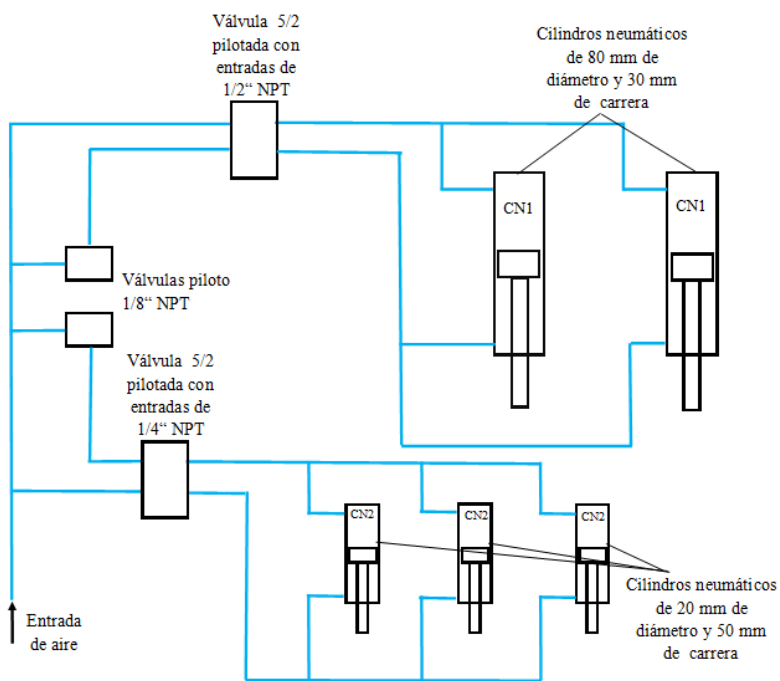
Fuente: Autor.

Figura 63 Croquis del sistema neumático.



Fuente: Autor.

Figura 64 Esquema del sistema neumático.



Fuente: Autor.

3.4 Diseño de la estructura.

3.4.1 Cálculo de cargas para la estructura.

Para el diseño de la estructura es necesario analizar las cargas que ejercen cada uno de los elementos del troquel y las fuerzas que ejercen los cilindros neumáticos sobre esta. A continuación, se presenta el cálculo del esfuerzo máximo que debe soportar la estructura.

Este esfuerzo está compuesto por la suma de la fuerza que ejercen los cilindros neumáticos expresado como F_c y el peso de cada componente del mecanismo, este último expresado como P_{neto} .

$$P_{neto} = P_{matriz} + P_{baquel} + P_{columnas} + P_{bujes} + P_{teflon} + P_{pteflon} + P_{fleja}$$

Dónde:

P_{neto} : Es la sumatoria de todos los pesos.

P_{matriz} : Es el peso de la placa porta matriz en N

P_{baquel} : Es el peso del aislante de la matriz en N.

$P_{columnas}$: Es el peso de las columnas en N.

P_{bujes} : Es el peso de los bujes en N.

P_{teflon} : Es el peso del teflón en N.

$P_{pteflon}$: Es el peso de la Placa porta teflon N.

P_{fleja} : Es el peso de la fleja en N.

$$P_{neto} = (39.44kg * 9.8m/s^2) + (0.25kg * 9.8m/s^2) + (0.46kg * 9.8m/s^2) + (0.18kg * 9.8m/s^2) + (2.91kg * 9.8m/s^2) + (61.7kg * 9.8m/s^2) + (3kg * 9.8m/s^2)$$

$$P_{neto} = 386.51N + 2.43N + 4.49N + 1.77N + 28.51N + 604.66N + 29.4N$$

$$P_{neto} = 1057.76N$$

Fuerza ejercida por los cilindros neumáticos

Teniendo en cuenta los cálculos del numeral 4.5.11 en el que se define el diámetro necesario de los cilindros neumáticos y se calcula la fuerza generada por estos, siendo esta de

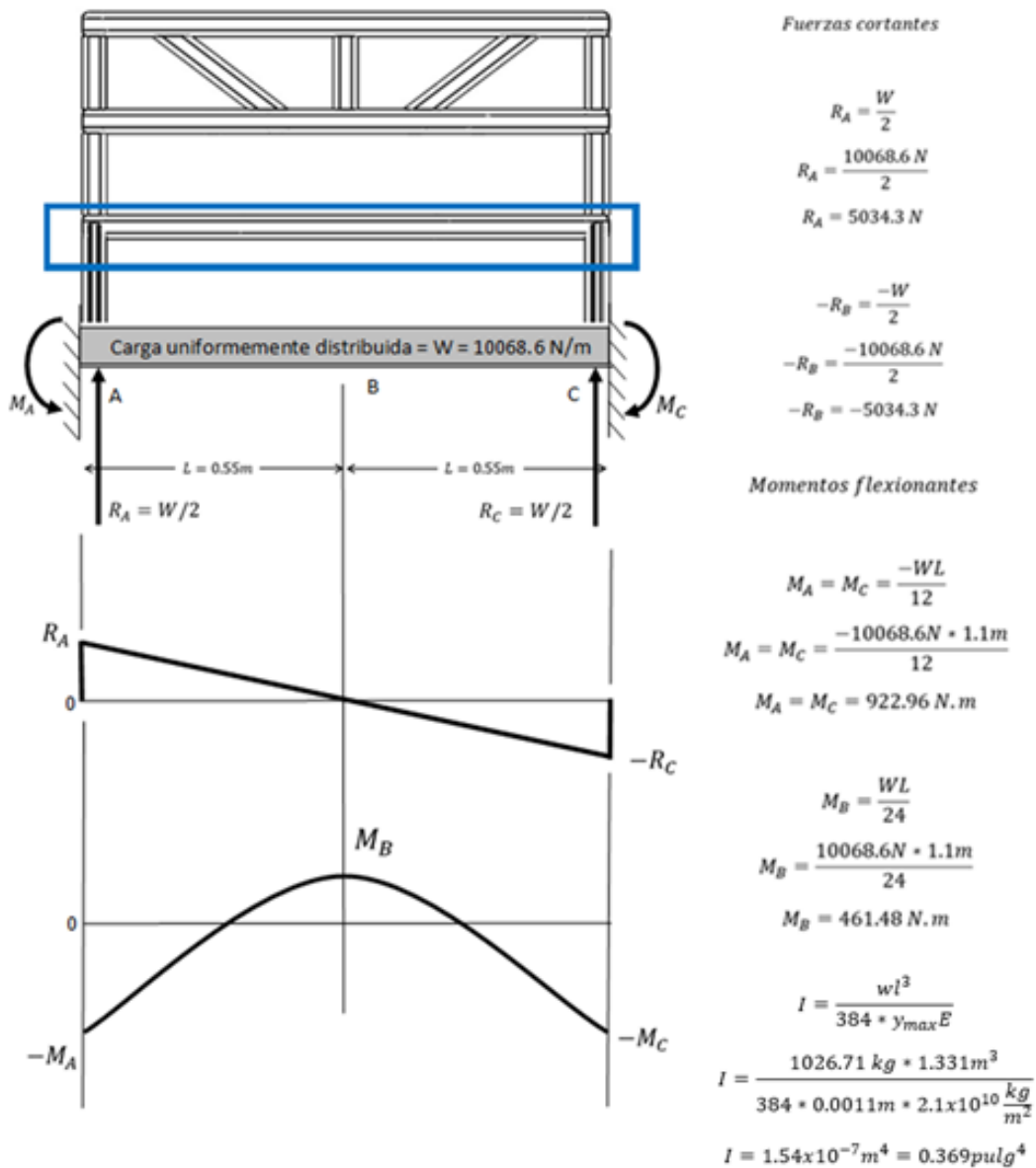
$$F_c = 9010.84 \text{ N}$$

Carga total

La carga total que es ejercida en la estructura es la suma de la fuerza ejercida por los cilindros neumáticos y el peso de todos los componentes del troquel, siendo esta de **10068.6 N**

Conociendo la carga total que debe soportar la estructura, se realizan las gráficas de fuerza cortante y momento flector, teniendo en cuenta que el peso del troquel y la fuerza que ejercen los cilindros neumáticos están distribuidas por toda la superficie de la placa porta matrices, se puede tomar como una carga uniformemente distribuida. En la figura (65) se puede observar las gráficas y cálculos tomando como guía el libro *“Diseño de Elementos de Máquinas”*

Figura 65. Fuerza cortante y momento flector.



Fuente: Autor

Este valor de I (momento de inercia) será utilizado para la selección del perfil constructivo que se requiere para la estructura.

3.4.2 Selección del material para la estructura.

El proceso de selección del perfil para la estructura depende de las propiedades físicas y su fácil aplicación, dentro de las propiedades físicas es importante tener en cuenta el momento de inercia mínimo aceptable figura 67 que debe tener el material a seleccionar para asegurar la funcionalidad y durabilidad de la estructura.

Para ello se tomaron 3 diferentes materiales para su respectivo proceso de selección.

Opción 1: Tubo redondo de 2 pulgadas. (Figura 66).

Figura 66. Tubo redondo de 2 pulgadas



Fuente: (Homecenter, 2020)⁴⁴

Las principales características de un tubo redondo de 2 pulgadas son:

- Fuerza
- Plasticidad.
- Resistencia al estrés mecánico.
- Resistencia a picos de temperatura
- Costo elevado.
- Momento de inercia 0.6658pulg^4 (figura 67) (es aceptable ya que es mayor al valor mínimo calculado)

⁴⁴ Homecenter. (2020). Tubo Redondo. Obtenido de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/86540/Tubo-cerramiento-negro-1-1-2pg-x-1.9mm-x-6m/86540>

Figura 67. tabla A16-5 propiedades de tubo de acero soldado sin costuras.

TABLA A16-6 Propiedades del tubo de acero forjado cédula 40, soldado y sin costura, estándar estadounidense

Diámetro (pulg)	Propiedades de la sección transversal							
	Diámetro (pulg)		Espesor de pared (pulg)	Área transversal del metal (pulg ²)	Momento de inercia, I (pulg ⁴)	Radio de giro (pulg)	Módulo de sección, S (pulg ³)	Módulo polar de sección, Z_p (pulg ³)
	Nominal	Real, interior						
1/8	0.269	0.405	0.068	0.072	0.001 06	0.122	0.005 25	0.010 50
1/4	0.364	0.540	0.088	0.125	0.003 31	0.163	0.012 27	0.024 54
3/8	0.493	0.675	0.091	0.167	0.007 29	0.209	0.021 60	0.043 20
1/2	0.622	0.840	0.109	0.250	0.017 09	0.261	0.040 70	0.081 40
3/4	0.824	1.050	0.113	0.333	0.037 04	0.334	0.070 55	0.141 1
1	1.049	1.315	0.133	0.494	0.087 34	0.421	0.1328	0.2656
1 1/4	1.380	1.660	0.140	0.669	0.1947	0.539	0.2346	0.4692
1 1/2	1.610	1.900	0.145	0.799	0.3099	0.623	0.3262	0.6524
2	2.067	2.375	0.154	1.075	0.6658	0.787	0.5607	1.121
2 1/2	2.469	2.875	0.203	1.704	1.330	0.947	1.064	2.128
3	3.068	3.500	0.216	2.228	3.017	1.163	1.724	3.448
3 1/2	3.548	4.000	0.226	2.680	4.788	1.337	2.394	4.788
4	4.026	4.500	0.237	3.174	7.233	1.510	3.215	6.430
5	5.047	5.563	0.258	4.300	15.16	1.878	5.451	10.90
6	6.065	6.625	0.280	5.581	28.14	2.245	8.496	16.99
8	7.981	8.625	0.322	8.399	72.49	2.938	16.81	33.62
10	10.020	10.750	0.365	11.91	160.7	3.674	29.91	59.82
12	11.938	12.750	0.406	15.74	300.2	4.364	47.09	94.18
16	15.000	16.000	0.500	24.35	732.0	5.484	91.50	183.0
18	16.876	18.000	0.562	30.79	1172	6.168	130.2	260.4

Fuente: (Mott, Robert L., 2006)⁴⁵

⁴⁵ Mott, Robert L. (2006). Diseño de elementos de maquinas. En R. L. Mott, *Diseño de elementos de maquinas* (A-36). Mexico: Pearson.

Opción 2: Tubo rectangular de 3x2 pulgadas. (Figura 68)

Figura 68. Tubo rectangular 3*2 pulgadas



Fuente: (Homecenter, 2020)⁴⁶

El tubo rectangular se caracteriza por:

- Poca plasticidad.
- Facilidad para soldar.
- Maquinabilidad.
- Resistencia a picos de temperatura.
- Momento de inercia 2.21 pulg^4 (figura 70) (es aceptable ya que es mayor al valor mínimo calculado)

⁴⁶ Homecenter. (2020). Perfiles. Obtenido de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/category/cat10574/Perfiles>

Opción 3: Tubo cuadrado de 2 pulgadas. (Figura 69)

Figura 69. Tubo cuadrado de 2 pulgadas.



Fuente: (Homecenter, 2020)⁴⁷

El tubo cuadrado es utilizado en estructuras, siendo su principal característica, también tiene ventajas como:

- Buena maquinabilidad.
- Resistencia a picos de temperatura.
- Facilidad para soldar.
- Bajo costo.
- Momento de inercia 0.766pulg^4 (figura 70) (es aceptable ya que es mayor al valor mínimo calculado)

⁴⁷ Homecenter. (2020). Tubería Cuadrada. Obtenido de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/category/cat1690132/tuberia-cuadrada/>

Figura 70. tabla A16-5 propiedades de tubo estructural de acero cuadrado y rectangular.

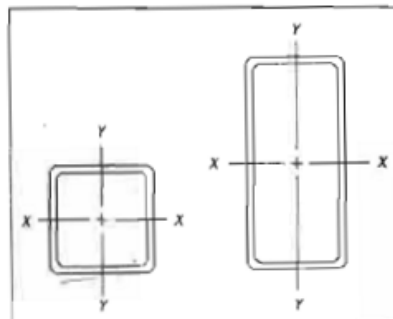


TABLA A16-5 Propiedades del tubo estructural de acero, cuadrado y rectangular*

Tamaño	Área (pulg ²)	Peso por pie (lb)	Eje X-X			Eje Y-Y		
			<i>I</i> (pulg ⁴)	<i>S</i> (pulg ³)	<i>r</i> (pulg)	<i>I</i> (pulg ⁴)	<i>S</i> (pulg ³)	<i>r</i> (pulg)
8 × 8 × 1/2	14.4	48.9	131	32.9	3.03	131	32.9	3.03
8 × 8 × 1/4	7.59	25.8	75.1	18.8	3.15	75.1	18.8	3.15
8 × 4 × 1/2	10.4	35.2	75.1	18.8	2.69	24.6	12.3	1.54
8 × 4 × 1/4	5.59	19.0	45.1	11.3	2.84	15.3	7.63	1.65
8 × 2 × 1/4	4.59	15.6	30.1	7.52	2.56	3.08	3.08	0.819
6 × 6 × 1/2	10.4	35.2	50.5	16.8	2.21	50.5	16.8	2.21
6 × 6 × 1/4	5.59	19.0	30.3	10.1	2.33	30.3	10.1	2.33
6 × 4 × 1/4	4.59	15.6	22.1	7.36	2.19	11.7	5.87	1.60
6 × 2 × 1/4	3.59	12.2	13.8	4.60	1.96	2.31	2.31	0.802
4 × 4 × 1/2	6.36	21.6	12.3	6.13	1.39	12.3	6.13	1.39
4 × 4 × 1/4	3.59	12.2	8.22	4.11	1.51	8.22	4.11	1.51
4 × 2 × 1/4	2.59	8.81	4.69	2.35	1.35	1.54	1.54	0.770
3 × 3 × 1/4	2.59	8.81	3.16	2.10	1.10	3.16	2.10	1.10
3 × 2 × 1/4	2.09	7.11	2.21	1.47	1.03	1.15	1.15	0.742
2 × 2 × 1/4	1.59	5.41	0.766	0.766	0.694	0.766	0.766	0.694

*Los datos se tomaron de una variedad de fuentes. Los tamaños mencionados representan una muestra pequeña de los tamaños disponibles.

Notas: Ejemplo de tamaño: 6 × 4 × 1/4.

6 = peralte vertical (pulg); 4 = ancho (pulg); 1/4 = espesor de pared (pulg).

I = momento de inercia; *S* = módulo de sección; *r* = radio de giro.

Fuente: (Mott, Robert L., 2006)⁴⁸

⁴⁸ Mott, Robert L. (2006). Diseño de elementos de maquinas. En R. L. Mott, *Diseño de elementos de maquinas* (A-36). Mexico: Pearson.

Tabla 10. Factor de ponderación (material para la estructura).

CRITERIOS	PESO RELATIVO%
COSTO INICIAL	35
FUNCIONALIDAD	20
NIVEL MAQUINABILIDAD	20
DURABILIDAD	25

Fuente: Autor

Una vez evaluadas las propiedades y sus respectivos pesos, se fija una escala de valoración de 0 a 10 puntos, evaluando el cumplimiento de cada alternativa respecto a las propiedades técnicas, en donde 10 implica que el cumplimiento es muy satisfactorio y 0 nada satisfactorio. Todo esto se recoge en la siguiente tabla.

Tabla 11. Evaluación de Alternativas, Método de Ponderación

CRITERIOS	PESO RELATIVO (%)	ALTERNATIVAS					
		OPCIÓN 1		OPCIÓN 2		OPCIÓN 3	
COSTO INICIAL	35	8	2.8	9	3.15	9	3.15
FUNCIONALIDAD	20	3	0.6	6	1.2	9	1.8
NIVEL MAQUINABILIDAD	20	4	0.8	6	1.2	8	1.6
DURABILIDAD	25	9	2.25	9	2.25	9	2.25
PUNTUACIÓN TOTAL:		6.45		7.8		8.8	

Fuente: Autor

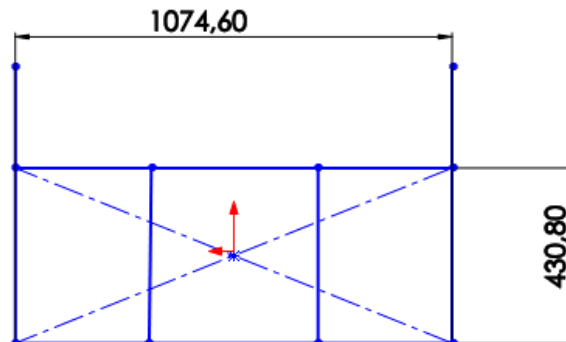
Partiendo de la tabla (11) se observa que la opción número 3 es la alternativa más viable, por lo tanto, se procede a la elaboración de la estructura bajo el Tubo cuadrado de 2 pulgadas siendo el óptimo para el proyecto.

3.4.3 Diseño de la estructura.

Para el diseño de la estructura se tienen en cuenta las dimensiones y características de los elementos del troquel y así mismo las cargas y esfuerzos presentes en el proceso.

La primera parte por diseñar de la estructura es la base para el troquel. Partiendo de las dimensiones de la placa porta matriz se diseña una base rectangular la cual cuenta con dos travesaños que cumplen la función de soportar la placa inferior del troquel. Esta primera base cumple con las siguientes dimensiones como lo muestra la figura (71).

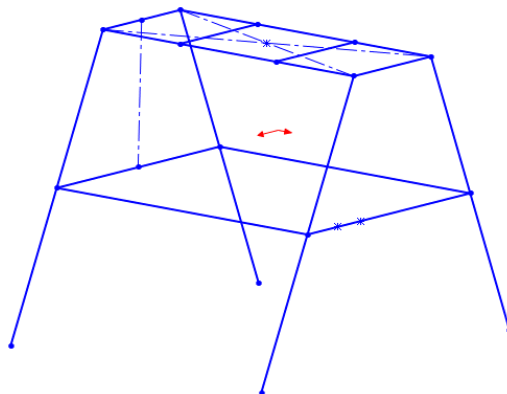
Figura 71. Croquiz estructura base



Fuente: Autor.

Para el soporte de la estructura se tienen en cuenta los aspectos ergonómicos necesarios para el proceso de ubicación de la materia prima en la máquina y la ubicación del centro de masa que asegure la estabilidad al mecanismo durante su operación, para cumplir con esto se realiza un diseño de estructura trapezoidal. De esta forma se diseña una base que consta de 4 soportes de 1,13m cada uno, reforzado con 4 travesaños que agregan estabilidad a la estructura. En la figura (72) se observa el diseño trapezoidal del soporte de la estructura.

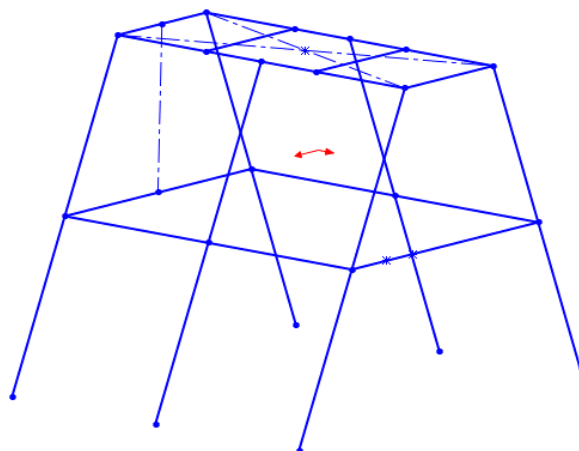
Figura 72. Croquiz soporte de la Estructura



Fuente: Autor.

Para prevenir el pandeo de la estructura, se refuerza con otros dos soportes en la mitad reduciendo la generación de posibles deformaciones debido a las cargas presentadas. De esta forma la base de la estructura queda compuesta por seis soportes y reforzada con seis travesaños que agregan estabilidad al mecanismo. En la figura (73) se observa el nuevo diseño para el soporte de la estructura.

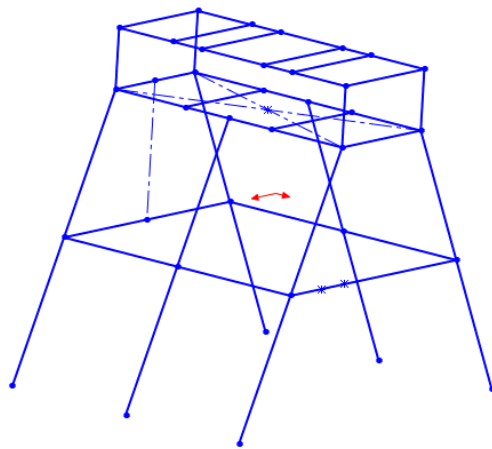
Figura 73. Croquiz nuevo Soporte de la Estructura



Fuente: Autor.

Continuando con la planeación de la estructura se procede a diseñar el soporte para los cilindros neumáticos que están sujetos a la placa porta teflón, para esto se bosqueja una estructura rectangular que tiene las mismas dimensiones de la estructura base y cuenta con cuatro soportes los cuales son los encargados de mantener los cilindros en su lugar. Esto se puede apreciar en la siguiente figura (74)

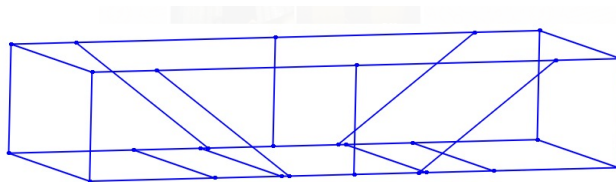
Figura 74. Croquiz soportes para los cilindros neumáticos



Fuente: Autor.

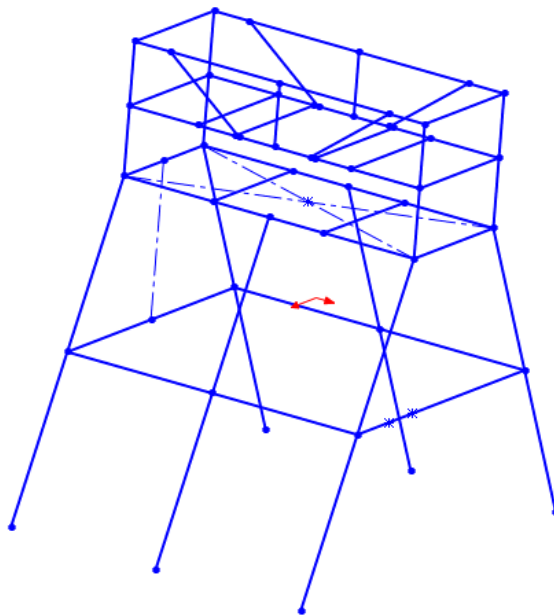
Para prevenir fatigas en la estructura y que el troquel tenga fallas en su funcionamiento se diseña un refuerzo en la parte superior de la estructura garantizando la resistencia sostenibilidad del sistema. Figura (75).

Figura 75 Refuerzo de la parte superior de la estructura.



Fuente: Autor.

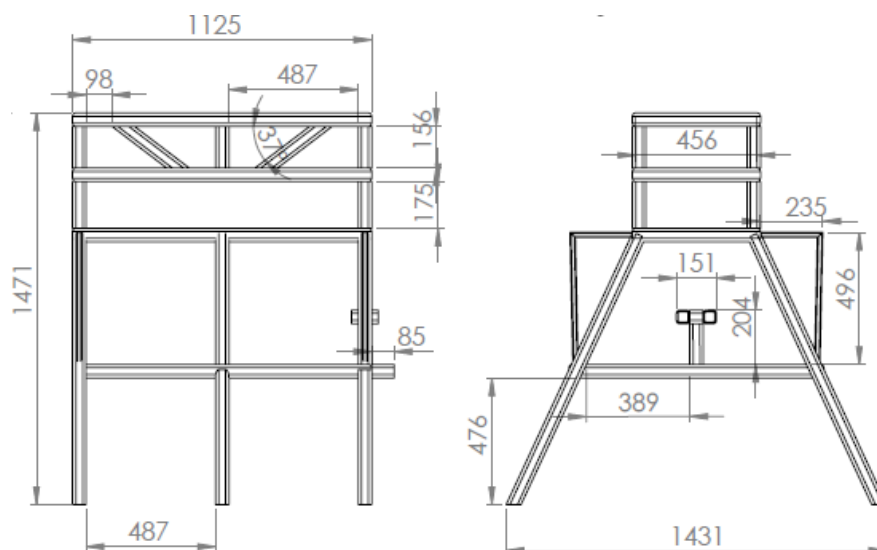
Figura 76. Croquiz estructura completa.



Fuente: Autor.

En la figura (76) se puede observar el diseño completo de la estructura con sus respectivas dimensiones.

Figura 77. Planos de la estructura.



Fuente: Autor

Como se muestra en la figura 77 para montar el motor y la caja reductora se agregan tubos cuadrados en la parte inferior de la estructura, estos tubulares se ubican a un costado del mecanismo y con suficiente espacio para situar los componentes necesarios para el funcionamiento del sistema neumático.

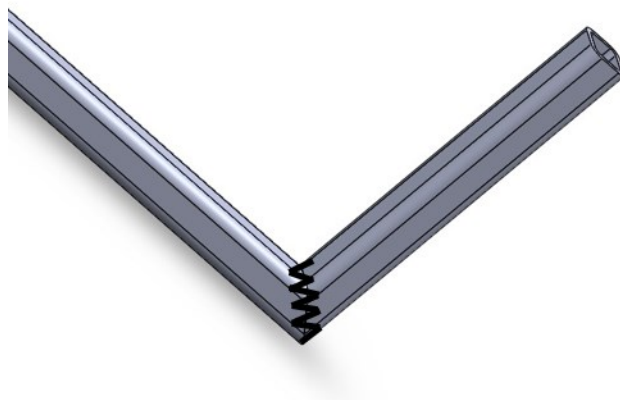
3.4.4 Diseño de uniones soldadas.

Para este diseño se utiliza como guía el procedimiento general de uniones soldadas propuesto en el libro de Diseño de elementos de Mott.⁴⁹

- Proponer geometría de unión:

Partiendo de las características del tubo seleccionado en el apartado 5.1 se opta por implementar un cordón tipo todo alrededor con uniones tipo esquina, como se observa en la Figura 78.

Figura 78. Tipo de unión soldada.



Fuente: Autor

- Identificar los esfuerzos que se desarrollan en la unión:

Las uniones soldadas estarán sometidas constantemente a tensiones causadas por la carga del troquel y su funcionamiento que alcanza un valor máximo de 10.068,6 N.

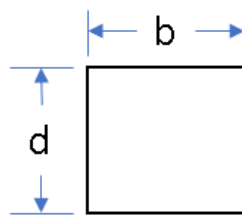
⁴⁹ Mott, R. L. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas. En R. L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas (págs. 783 -789). México: Pearson.

- Analizar y determinar la magnitud de la fuerza.

Para determinar la magnitud de la fuerza sobre la soldadura se deben hallar el factor geométrico A_w , es cual está dado por,

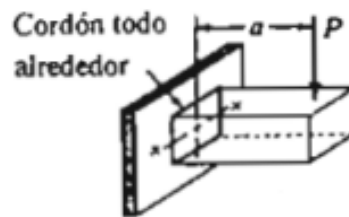
$$A_w = 2b + d, \text{ donde,}$$

Figura 79. Dimensiones de Soldadura



Fuente: Autor

Figura 80. Tipo de soldadura utilizada.



Fuente (Mott,2006)⁵⁰

Partiendo de la figura 79 se tiene que los valores de b y d son iguales y tienen una dimensión de 2 pulgadas.

$$A_w = 2b + d$$

$$A_w = 2(2) + 2$$

$$A_w = 6 \text{ pulg}$$

Teniendo en cuenta el diseño de la estructura y su funcionalidad se entiende que estará sometida a una carga de tipo tensión, con esto se procede a calcular la fuerza por pulgada de soldadura la cual está dada por:

⁵⁰ Mott, R. L. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas. En R. L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas (págs. 783 -789). México: Pearson.

$$f = \frac{P}{A_w}$$

Donde:

$$P = 10068.6\text{N} = 2263.38\text{ lb}$$

$$f = \frac{2263.51\text{lb}}{6\text{pulg}}$$

$$f = 377.25 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}}$$

Teniendo este valor se procede a comparar esta fuerza con la admisible por pulgada de lado para el electrodo E60 para determinar el diámetro necesario de soldadura. El cuál está dado por:

$$w = \frac{f}{f_e}$$

Dónde:

W: Es el tamaño del electrodo mínimo a utilizar.

f: Fuerza por pulgada de soldadura

Fe: Fuerza admisible por pulgada de lado para electrodo E60

Partiendo de la información disponible en el libro “*Diseño de Elementos de Máquinas*”⁵¹ se tiene que para un electrodo E60 la fuerza admisible es de 8.800 lb/pulg², de esta forma se tiene que:

$$w = \frac{377.25 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}}}{8800 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}}$$

$$w = 0.04 \text{ pulg}$$

Con este valor se procede a seleccionar el tamaño de electrodo a usar, como comercialmente el electrodo más pequeño es de 3/32 es decir 0.09 pulgadas, se decide realizar el proceso de soldado utilizando un electrodo E60 de 3/32”.

⁵¹ Mott, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. En R. L. Mott, *Diseño de Elementos de Máquinas* (págs. 783 -789). México: Pearson.

Capítulo 4







4. Proceso de Construcción.

4.1 Construcción de la Estructura

La principal función de la estructura es soportar los esfuerzos del mecanismo trasladando esas cargas al suelo garantizando el perfecto funcionamiento del troquel sin generar daños externos o a la estructura.

Partiendo de los planos previamente diseñados se procede a la construcción, en la tabla 12 se observa la ficha maestra de fabricación de la estructura.

Tabla 12. Carta Tecnológica Estructura

CARTA TECNOLÓGICA ESTRUCTURA								
PIEZA	DIBUJO DE PROCESO	OPERACIÓN	MATERIAL	CANT	EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	TIEMPO (h)	# DE PLANO
ESTRUCTURA BASE		Corte	Acero estructural A36 2"x2"	1	Sierra sin Fin	Se realiza el corte de los tubos partiendo de las dimensiones del diseño y se procede a soldar	0.75	02
		Soldadura			Equipo de soldar		0.9	
SOPORTE DE LA ESTRUCTURA		Corte	Acero estructural A36 2"x2"	1.8	Sierra sin Fin	Se realiza el corte de los tubos partiendo de las dimensiones del diseño y se procede a soldar	0.8	02
		Soldadura			Equipo de soldar		1	
SOPORTE PARA LOS CILINDROS NEUMÁTICOS		Corte	Acero estructural A36 2"x2"	0.5	Sierra sin Fin	Se realiza el corte de los tubos partiendo de las dimensiones del diseño y se procede a soldar	0.4	02
		Soldadura			Equipo de soldar		0.5	
REFUERZO SUPERIOR		Corte	Acero estructural A36 2"x2"	1	Sierra sin Fin	Se realiza el corte de los tubos partiendo de las dimensiones del diseño y se procede a soldar	0.75	02
		Soldadura			Equipo de soldar		0.8	
BASE PARA MOTOR Y REDUCTOR		Corte	Acero estructural A36 2"x2"	0.3	Sierra sin Fin	Se realiza el corte de los tubos partiendo de las dimensiones del diseño y se procede a soldar	0.3	02
		Soldadura			Equipo de soldar		0.3	
ESTRUCTURA COMPLETA		Corte	Acero estructural A36 2"x2"	0.4	Sierra sin fin	Se realiza el corte de los tubos partiendo de las dimensiones del diseño y se procede a soldar y pintar.	0.4	02
		Taladrado			Taladro de árbol		0.5	
		Soldadura			Equipo para soldar		0.4	
		Pintura			Aerógrafo		2	
TIEMPO TOTAL DEL PROCESO							9.8	

Fuente: Autor.

4.1.1 Construcción del sistema mecánico de accionamiento neumático

Para la construcción del sistema neumático encargado del funcionamiento del troquel se tendrá una presión constante de 130 psi, los cuales son generados por un compresor de pistón disponible en las instalaciones de la empresa plásticos BECELY S.A.S. y para ello se realizan los procesos detallados en la tabla 13.

Tabla 13. Carta Tecnológica sistema mecánico de accionamiento neumático.

CARTA TECNOLÓGICA SISTEMA MECÁNICO DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO								
PIEZA	DIBUJO DE PROCESO	OPERACIÓN	MATERIAL	CANT.	EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	TIEMPO (h)	NÚMERO DEL PLANO
LEVA PIÑÓN		Corte	Acero 1045	1	Sierra sin fin	Se cortay mecaniza según las dimensiones del diseño.	3.3	20.
		Torneado			Torno		0.5	
		Fresado			Fresadora		4	
TORNILLO ACTUADOR		Torneado	Acero 1020	1	Torno	Se mecaniza según las dimensiones del diseño.	2	25
		Fresado			Fresadora		0.5	
PLACA PORTA ACTUADORES		Corte	Acero A36	1	Sierra sin Fin	Se cortay mecaniza según las dimensiones del diseño.	0.5	13
		Mecanizado			Fresadora		1	
		Taladrado			Taladro de árbol		0.5	
		Avellanado			Taladro de árbol		0.5	
TIEMPO TOTAL DEL PROCESO							12.8	


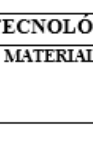
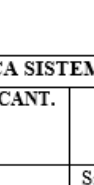
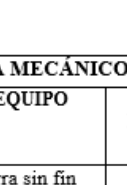
Fuente: Autor

4.1.2 Construcción del sistema mecánico

Para la construcción del sistema mecánico se parte de la necesidad de sincronizar los movimientos de avance del tejido y del movimiento de la porta teflones que se realiza por medio del sistema neumático, para solucionar esto, se optó por mover ambos sistemas con un mismo motor y reductor, repartiendo el movimiento por medio de cadenas y ruedas dentadas que se

coordinan para lograr realizar estas dos tareas de una manera óptima. En la Tabla 14 se detalla el proceso de construcción de algunas piezas del sistema mecánico.

Tabla 14. Carta Tecnológica Sistema Mecánico





CARTA TECNOLÓGICA SISTEMA MECÁNICO								
PIEZA	DIBUJO DE PROCESO	OPERACION	MATERIAL	CANT.	EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	TIEMPO (h)	# DE PLANO
SOPORTE RODILLOS TENSOSES		Corte	Acero A36	2	Sierra sin fin	Se corta y mecaniza según las dimensiones del diseño.	0.5	14
		Mecanizado			Fresadora		1.5	
		Torneado			Torno		1	
		Fresado			Fresadora		1.5	
		Taladrado			Taladro de árbol		0.2	
		Roscado			Machuelo manual		0.2	
SOPORTE MÓVIL RODILLOS TENSOSES		Corte	Acero A36	2	Sierra sin Fin	Se corta y mecaniza según las dimensiones del diseño.	0.5	15
		Mecanizado			Fresadora		0.5	
		Torneado			Torneado		1.5	
SOPORTE PIÑÓN AVANCE		Corte	Acero A36	2	Sierra sin Fin	Se corta y mecaniza según las dimensiones del diseño.	0.5	12
		Mecanizado			Fresadora		1	
		Taladrado			Taladro de árbol		0.5	
		Roscado			Machuelo Manual		0.5	
PIÑÓN AVANCE		Corte	Acero 1045	1	Sierra sin fin	Se corta y mecaniza según las dimensiones del diseño.	0.5	18
		Torneado			Torno		3	
		Fresado			Fresadora		4	
TIEMPO TOTAL DEL PROCESO							17.4	

Fuente: Autor

4.1.3 Construcción del Troquel.

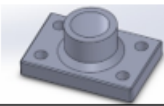
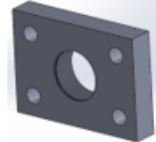

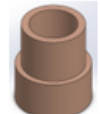

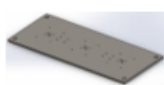
Para la construcción del troquel se tiene en cuenta la necesidad de la empresa plásticos BECELY SAS partiendo de los planos previamente diseñados de cada uno de sus componentes y elementos. Durante la construcción del mecanismo se implementan diferentes procesos de mecanizado que son operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material. La construcción del troquel se divide en dos partes principales la construcción de la placa porta matriz y la placa porta teflón como se observa en las tablas 15 y 16.

Tabla 15. Carta Tecnológica Placa Porta Matriz

CARTA TECNOLÓGICA SISTEMA PLACA PORTA MATRICES								
PIEZA	DIBUJO DE PROCESO	OPERACIÓN	MATERIAL	CANT.	EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	TIEMPO (h)	NÚMERO DEL PLANO
PLACA DE BAQUELITA		Corte	Baquelita	3	Sierra sin fin	Se cortay mecaniza según las dimensiones del diseño.	0.66	06
		Taladrado			Taladro de árbol		0.3	
PLACAS MATRICES		Corte con agua	Acero K353	3	Cortador de agua	Se cortay mecaniza según las dimensiones del diseño.	3	05
		Taladrado			Taladro de árbol		1	
		Soldadura			Equipo de soldadura		3	
COLUMNAS GUÍA		Mecanizado	Acero 4140	4	Torno	Se mecaniza según las dimensiones del diseño.	3	08
PLACA PORTA MATRICES		Alezado en columnado	Acero A36	1	Fresadora	Se mecaniza según las dimensiones del diseño.	4	03
		Alezado cavidades de corte			Fresadora		10	
		Fresado			Fresadora		35	
		Taladrar			Taladro de árbol		3	
		Roscado			Machuelo manual		3	
		TIEMPO TOTAL DEL PROCESO						

Fuente: Autor.

Tabla 16. Carta Tecnológica Placa Porta teflón

CARTA TECNOLÓGICA PLACA PORTATEFLÓN								
PIEZA	DIBUJO DE PROCESO	OPERACION	MATERIAL	CANT.	EQUIPO	DESCRIPCION DEL PROCESO	TIEMPO (h)	# DE PLANO
EMPLAMES CILINDROS NEUMÁTICOS CORTE		Mecanizado	Acero A36	2	Fresadora	Se mecaniza según las dimensiones del diseño.	1	17
		Taladrado			Taladro de árbol		0.66	
		Torneado			Torno		2	
SOPORTE CILINDROS NEUMÁTICOS EXPULSIÓN		Mecanizado	Acero A36	2	Fresadora	Se mecaniza según las dimensiones del diseño.	1.5	11
		Taladrado			Taladro de árbol		0.66	
		Torneado			Torno		3	
CRUCES EXPULSORAS		Corte	Acero 1020	3	Sierra sin Fin	Se corta y se mecaniza según las dimensiones del diseño.	0.5	16
		Soldadura			Equipo Soldadura		0.5	
		Taladrado			Taladro de árbol		0.16	
BUJES DE BRONCE		Mecanizado	Bronce	4	Torno	Se mecaniza según las dimensiones del diseño.	3	09
PLACA DE TEFLÓN		Taladrado	Teflón	3	Taladro de árbol	Se mecaniza según las dimensiones del diseño.	4	04
		Fresado			Fresadora		5	
PLACA PORTA TEFLÓN		Alezado	Acero A36	1	Fresadora	Se mecaniza según las dimensiones del diseño.	4	7
		Taladrado			Taladro de árbol		2	
		Roscado			Machuelo manual		2	
TIEMPO TOTAL DEL PROCESO							29.98	

Fuente: Autor.


4.1.4 Elementos normalizados

Para seleccionar los rodamientos a utilizar se tomó como guía la Figura 81 del libro “*diseño de elementos de máquinas*” de Robert Mott. Que se muestra a continuación y en la que se observan los datos para seleccionar rodamientos de una hilera de bolas y ranura profunda, siendo los escogidos los que se observan en la tabla 17.

Figura 81 diseño de elementos de maquinas

TABLA 14-3 Datos para seleccionar rodamientos de una hilera de bolas y ranura profunda, tipo Conrad

A. Series 6200



Número de rodamiento	Dimensiones nominales del rodamiento							Diámetro de eje preferido		Peso del rodamiento	Capacidad básica de carga estática C_0	Capacidad básica de carga dinámica C
	d		D		B		r^*	Eje	Caja			
	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg						
6200	10	0.3937	30	1.1811	9	0.3543	0.024	0.500	0.984	0.07	520	885
6201	12	0.4724	32	1.2598	10	0.3937	0.024	0.578	1.063	0.08	675	1180
6202	15	0.5906	35	1.3780	11	0.4331	0.024	0.703	1.181	0.10	790	1320
6203	17	0.6693	40	1.5748	12	0.4724	0.024	0.787	1.380	0.14	1010	1660
6204	20	0.7874	47	1.8504	14	0.5512	0.039	0.969	1.614	0.23	1400	2210
6205	25	0.9843	52	2.0472	15	0.5906	0.039	1.172	1.811	0.29	1610	2430
6206	30	1.1811	62	2.4409	16	0.6299	0.039	1.406	2.205	0.44	2320	3350
6207	35	1.3780	72	2.8346	17	0.6693	0.039	1.614	2.559	0.64	3150	4450
6208	40	1.5748	80	3.1496	18	0.7087	0.039	1.811	2.874	0.82	3650	5050
6209	45	1.7717	85	3.3465	19	0.7480	0.039	2.008	3.071	0.89	4150	5650
6210	50	1.9685	90	3.5433	20	0.7874	0.039	2.205	3.268	1.02	4650	6050
6211	55	2.1654	100	3.9370	21	0.8268	0.059	2.441	3.602	1.36	5850	7500
6212	60	2.3622	110	4.3307	22	0.8661	0.059	2.717	3.996	1.73	7250	9050
6213	65	2.5591	120	4.7244	23	0.9055	0.059	2.913	4.390	2.18	8000	9900
6214	70	2.7559	125	4.9213	24	0.9449	0.059	3.110	4.587	2.31	8800	10 800
6215	75	2.9528	130	5.1181	25	0.9843	0.059	3.307	4.783	2.64	9700	11 400
6216	80	3.1496	140	5.5118	26	1.0236	0.079	3.504	5.118	3.09	10 500	12 600
6217	85	3.3465	150	5.9055	28	1.1024	0.079	3.740	5.512	3.97	12 300	14 600
6218	90	3.5433	160	6.2992	30	1.1811	0.079	3.937	5.906	4.74	14 200	16 600
6219	95	3.7402	170	6.6929	32	1.2598	0.079	4.213	6.220	5.73	16 300	18 800
6220	100	3.9370	180	7.0866	34	1.3386	0.079	4.409	6.614	6.94	18 600	21 300
6221	105	4.1339	190	7.4803	36	1.4173	0.079	4.606	7.008	8.15	20 900	23 000
6222	110	4.3307	200	7.8740	38	1.4961	0.079	4.803	7.402	9.59	23 400	24 900
6224	120	4.7244	215	8.4646	40	1.5748	0.079	5.197	7.992	11.4	26 200	26 900

Fuente: (Mott, Robert L., 2006)⁵²

Para identificar los pernos necesarios para la sujeción entre una de las matrices y la placa porta matrices se realizaron los siguientes cálculos guiándose de la sección 18-4 del libro “*diseño de elementos de máquinas*”

La carga de cada tornillo debe de ser de 5200 lb y se someterán al 80% de su resistencia de prueba, usado un perno de acero SAE grado 5 con resistencia de prueba de 85000 psi.

Dónde:

σ_a : Esfuerzo Admisible.

$$\sigma_a = 0.8(85000\text{psi})$$

$$\sigma_a = 68000 \text{ psi}$$

Con lo anterior podemos calcular:

⁵² Mott, Robert L. (2006). Diseño de elementos de maquinas. En R. L. Mott, *Diseño de elementos de maquinas* (pág. 607). Mexico: Pearson.

$$A_t = \frac{carga}{\sigma_a}$$

Dónde:

At: Área necesaria al esfuerzo de tensión.

$$A_t = \frac{5200 \text{ lb}}{68000 \text{ lb/pulg}^2}$$

$$A_t = 0.076 \text{ pulg}^2$$

Conociendo el área necesaria al esfuerzo de tensión y observando la Figura 78 del libro, “Diseño de elementos de maquinas”, se selecciona una rosca de 3/8-16, como se observa en la siguiente Figura 82.

Figura 82 Dimensiones estándar





TABLA 18-4 Dimensiones de roscas estándar americanas





A. Tamaños numerados					
Tamaño	Diámetro mayor básico (pulg)	Roscas gruesas: UNC		Roscas finas: UNF	
		Roscas por pulg	Área de esfuerzo de tensión (pulg ²)	Roscas por pulg	Área de esfuerzo de tensión (pulg ²)
B. Tamaños fraccionarios					
1/4	0.2500	20	0.0318	28	0.0364
5/16	0.3125	18	0.0524	24	0.0580
3/8	0.3750	16	0.0775	24	0.0878
7/16	0.4375	14	0.1063	20	0.1187
1/2	0.5000	13	0.1419	20	0.1599
9/16	0.5625	12	0.182	18	0.203
5/8	0.6250	11	0.226	18	0.256
3/4	0.7500	10	0.334	16	0.373
7/8	0.8750	9	0.462	14	0.509
1	1.000	8	0.606	12	0.663


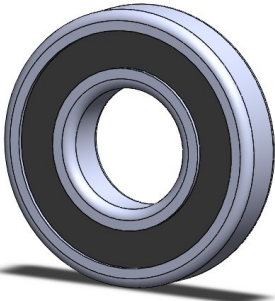
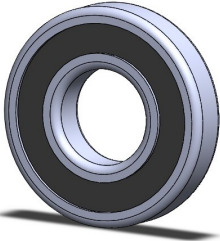
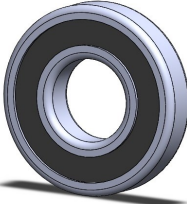
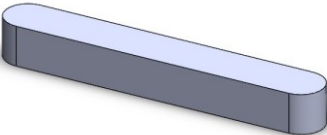
Fuente: (Mott, Robert L., 2006)⁵³

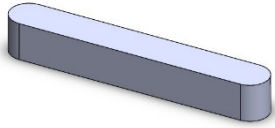
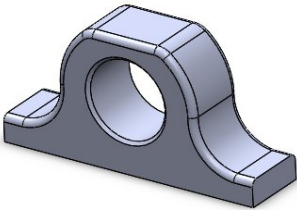
⁵³ Mott, Robert L. (2006). Diseño de elementos de maquinas. En R. L. Mott, *Diseño de elementos de maquinas* (pág. 717). Mexico: Pearson.

Tabla 17. Elementos normalizados

ELEMENTOS NORMALIZADOS			
Elemento	Dimensiones	Uso	Imagen
Tornillo cabeza cilíndrica Allen	3/8 "X 1 1/4"	Se emplearon 12 tornillos para asegurar los soportes de los cilindros neumáticos de expulsión a la placa porta teflones.	
Tornillo cabeza hexagonal rosca parcial	1/2 "X 3"	Se usaron 8 tornillos para fijar las placas soporte de los cilindros neumáticos encargados del corte a la estructura.	
Tornillo cabeza avellanada rosca completa	5/16 "X 1"	Se utilizaron 24 unidades para asegurar las placas matrices y el aislante baquelita a la placa porta matrices.	
Tornillo cabeza cilíndrica Allen	8mm X 25mm	Se necesitaron 8 piezas sosteniendo los cilindros neumáticos de corte a la placa soporte de estas botellas	

<p>Tornillo cabeza hexagonal rosca parcial</p>	<p>9/16 "X 3"</p>	<p>Se ubicaron 4 tornillos fijando la placa portamatrices a la estructura.</p>	
<p>Tornillo cabeza hexagonal rosca parcial</p>	<p>5/16 "X 2"</p>	<p>Se emplearon 4 unidades asegurando el motor a la estructura</p>	
<p>Tornillo cabeza cilíndrica Allen</p>	<p>3/8 "X 1 3/8"</p>	<p>Se usaron 2 tornillos para ajustar los rodillos tensores y 2 más para fijar la placa soporte de los rodillos tensores a la estructura.</p>	
<p>Tornillo cabeza hexagonal rosca parcial</p>	<p>5/16 "X 1 1/4"</p>	<p>Se utilizaron 4 tornillos para fijar el reductor a la estructura</p>	

<p>Tornillo cabeza hexagonal rosca parcial</p>	<p>14mm X 30mm</p>	<p>Se manejaron 12 tornillos para asegurar las seis chumaceras a la estructura.</p>	
<p>Rodamiento</p>	<p>30mm X 58mm X 16mm</p>	<p>Se usaron dos unidades para ubicar el rodillo tensor inferior a la placa soporte de los rodillos tensores.</p>	
<p>Rodamiento</p>	<p>15mm X 35mm X 10mm</p>	<p>Se emplearon 2 rodamientos para fijar el rodillo tensor superior al soporte móvil de rodillos tensores.</p>	
<p>Rodamiento</p>	<p>8mm X 16 mm X 7mm</p>	<p>Se utilizaron 2 balineras para ubicar el piñón con leva en la placa soporte de los actuadores neumáticos,</p>	
<p>Chaveta encastada</p>	<p>5mm X 5 mm X 30mm</p>	<p>Se requirió una chaveta para trabar el piñón del sistema de alimentación al rodillo de alimentación.</p>	
<p>Chaveta</p>	<p>6mm X 6mm X</p>	<p>Se ubico una chaveta</p>	

encastada	30mm	para asegurar la rueda Catarina doble al reductor.	
Chumacera	30mm de diámetro	Se usaron 4 unidades para ubicar los rodillos de alimentación a la estructura. Además, se emplearon otros 2 para soportar el eje donde se ubica el rollo de tejido,	

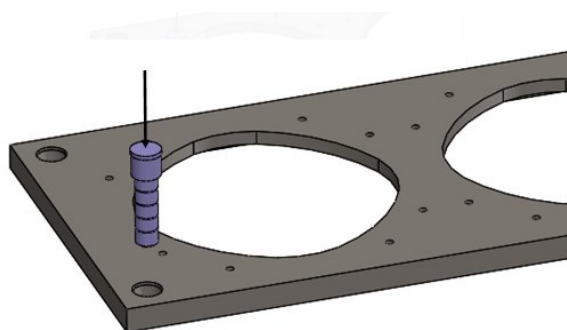
Fuente: Autor

4.2 Montaje

4.2.1 Montaje del Troquel.

Luego de la construcción y mecanizado de los diferentes elementos del troquel se procede al ensamble de este, empezando con la placa portamatrices a la cual se le hincan a presión las columnas guías con la ayuda de una prensa hidráulica como lo muestra la figura (83).

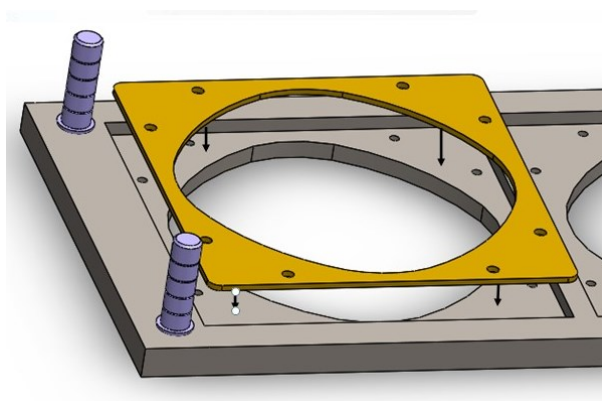
Figura 83. Columnas guías en la placa portamatrices.



Fuente: Autor

Enseguida se ubican las placas aislantes de baquelita que servirán para evitar la propagación de calor desde las flejas soldadas hacia la placa portamatrices como se observa en la figura (84).

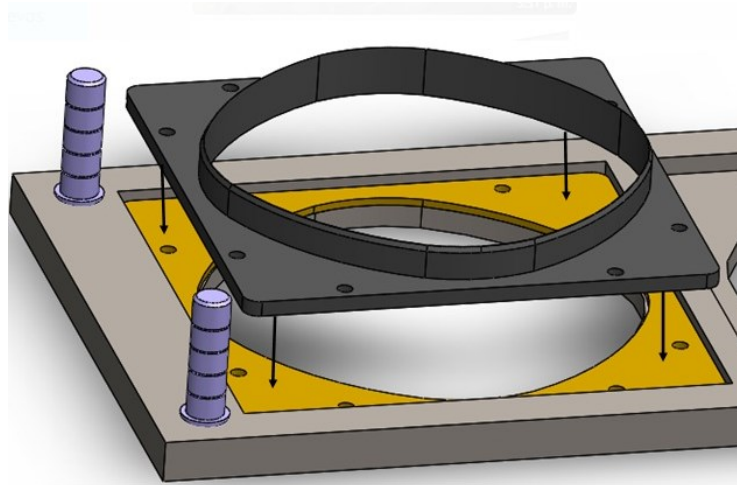
Figura 84. Placa baquelita.



Fuente: Autor.

A continuación, sobre estas últimas se colocan las placas matrices con la fleja soldada y se atornillan juntas a la placa base. (Figura 85)

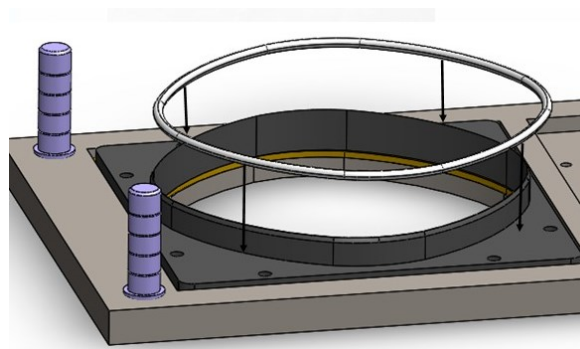
Figura 85. Placa porta matrices con fleja.



Fuente: Autor.

Seguidamente se instalan las resistencias eléctricas alrededor de las flejas y se fijan con abrazaderas. (Figura 86)

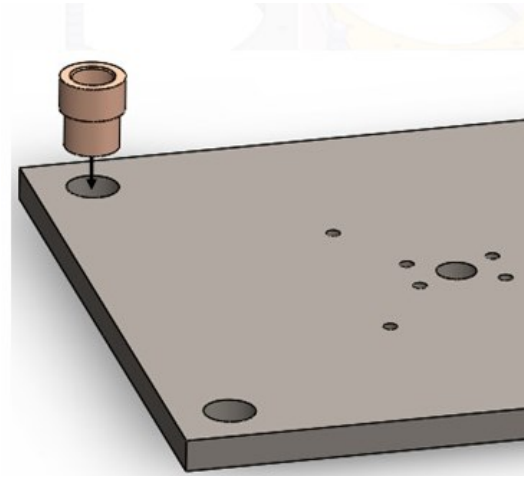
Figura 86. Resistencias eléctricas.



Fuente: Autor.

Simultáneamente, tomando la placa porta teflones se le ensamblan los bujes de bronce fosforado los cuales entran a presión nuevamente usando la prensa hidráulica. (Figura 87)

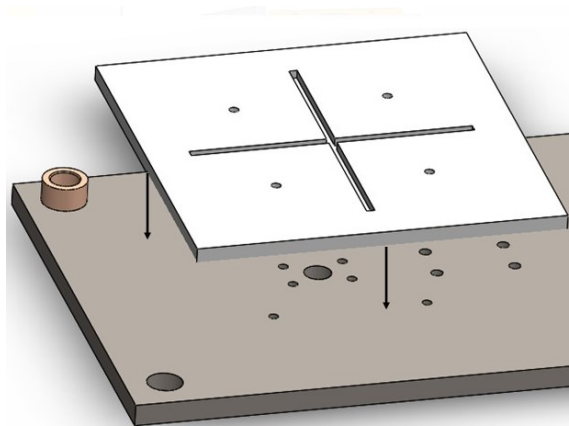
Figura 87. Bujes de bronce fosforado.



Fuente: Autor.

Posteriormente se atornillan las placas de teflón teniendo en cuenta en dejar las cavidades en las que se empotran las cruces expulsoras a la vista y no contra la porta teflones. (Figura 88)

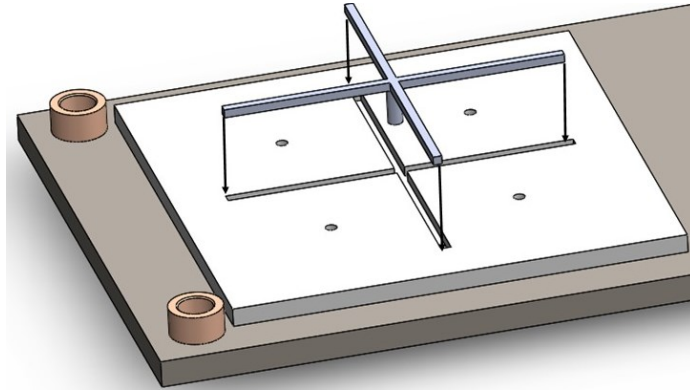
Figura 88. Placa de teflón



Fuente: Autor

Seguidamente se fijarán mediante tornillos en la parte superior de esta placa las botellas neumáticas encargadas de la expulsión de los cortes realizados, se atornillan a la punta del émbolo las cruces expulsoras. (Figura 89).

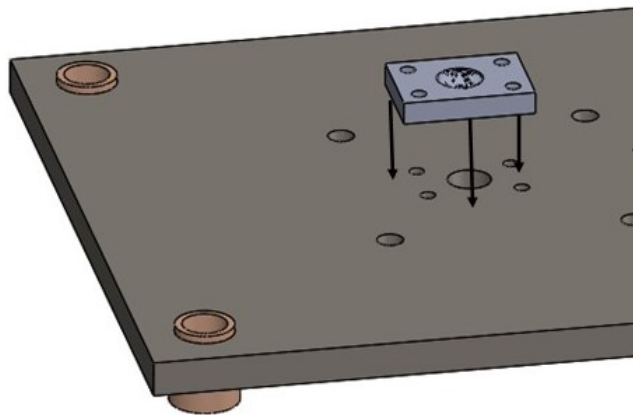
Figura 89. Expulsión de la malla



Fuente: Autor.

En esta placa también se instalan los empalmes que conectan la placa con las botellas neumáticas encargadas de subir y bajar la porta teflones para el corte. (Figura 90)

Figura 90. Sujeción botellas neumáticas.

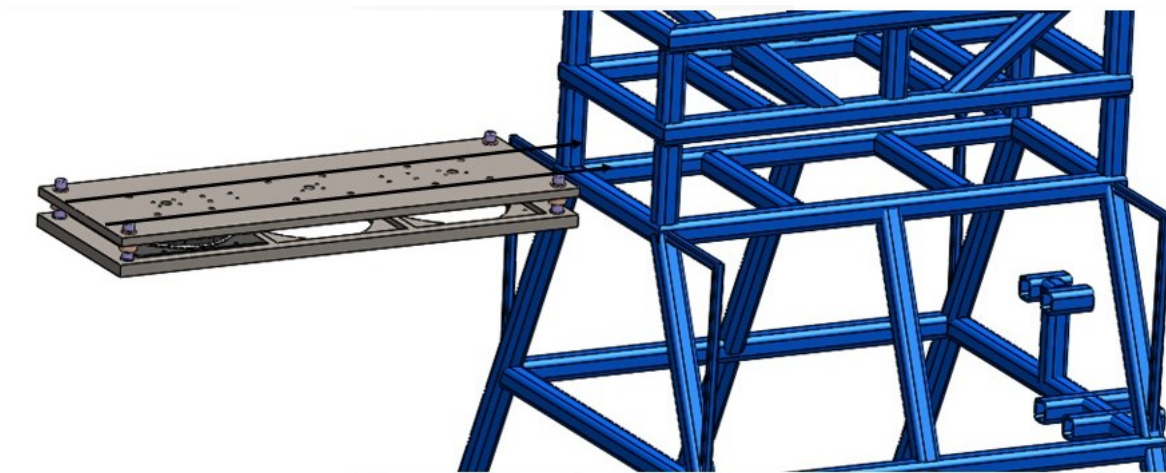


Fuente: Autor.

4.2.2 Montaje troquel en la estructura

Al tener las placas porta matrices y porta teflones ensambladas por separado se sitúa la porta teflones sobre la porta matrices con las placas de teflón en la parte inferior y se juntan con la ayuda de las columnas y bujes guías, teniendo el troquel completamente armado se sitúa en la estructura deslizándose sobre esta y se fija a ella con tornillos. (Figura 91)

Figura 91. Ensamble troquel y estructura.



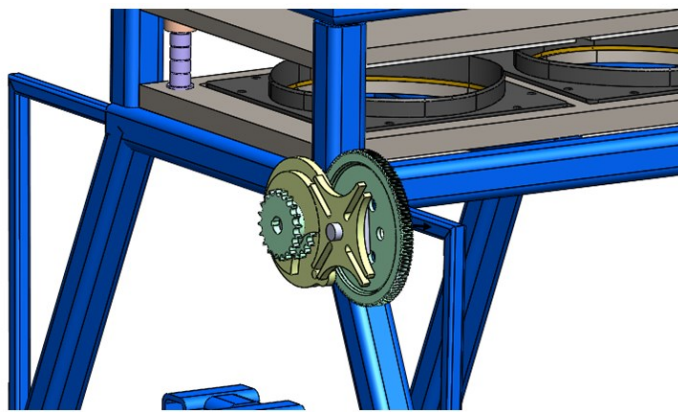
Fuente: Autor.

4.2.3 Montaje del mecanismo de avance.

Contando con la estructura de la máquina soldada y pintada se empiezan a montar los componentes necesarios para el avance del tejido, empezando con la colocación del motor que además de dar la potencia transmite el movimiento que sincronizado hace actuar el sistema neumático, dicho motor es fijado en la estructura mediante tornillos los cuales se pueden graduar para así lograr ajustar la tensión de la correa entre este y el reductor utilizado, enseguida de la ubicación del motor se sitúa el reductor anteriormente mencionado también fijado con tornillos a la estructura; luego de esto se instalan los rodillos de avance que se alojan mediante chumaceras que a su vez van emplazadas a la estructura con tornillos, inmediatamente después se empotra en el rodillo un piñón que transmite la potencia desde el piñón de avance hasta este, el piñón se fija

con la ayuda de una cuña y un tornillo prisionero; seguidamente se situará el engrane de avance engranando con el anterior mencionado, este es fijado a la estructura por medio de una placa atornillada a la misma; este engrane recibe la potencia de una rueda de ginebra que es la encargada de generar la intermitencia de movimiento dando el tiempo necesario para realizar el corte. (Figura 92)

Figura 92. Mecanismo de avance.



Fuente: Autor.

4.2.4 Montaje del sistema neumático.

Montaje sistema de actuación neumática.

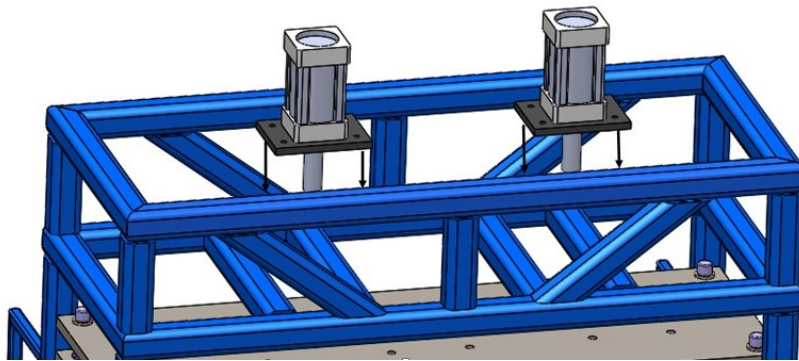
Ya con el sistema de avance ensamblado se procede con el sistema neumático, el primer paso para esto es ubicar la placa porta actuadores en la estructura la cual lleva atornillada los dos actuadores que accionan las botellas neumáticas de expulsión y de corte, para activar estos en la misma placa se ensambla una leva que recibe el movimiento mediante un piñón conectado a través de una cadena al reductor.

Montaje botellas neumáticas.

Para instalar las botellas neumáticas es necesario fijar antes dos placas a la estructura aseguradas con tornillos, sobre las cuales van atornilladas los cilindros neumáticos, teniendo estas montadas

y los cilindros de expulsión ensamblados en la placa porta teflones, se realizan las conexiones neumáticas con mangueras desde los actuadores hasta las botellas. (Figura 93)

Figura 93. Conexión de botellas neumáticas.

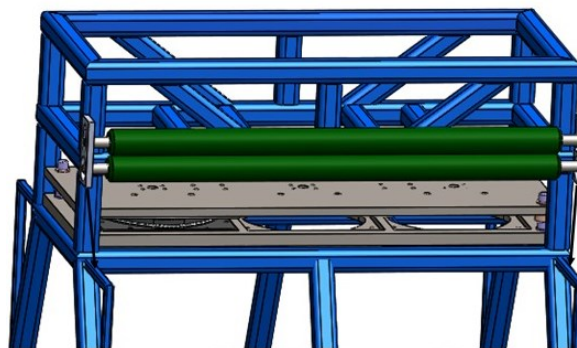


Fuente: Autor.

4.2.5 Montaje rodillos tensores.

Para ensamblar los dos rodillos encargados de mantener el tejido tenso para su corte es necesario ubicar uno de estos en los rodamientos correspondientes que a su vez van en las placas porta rodillos las cuales tienen una cavidad en la que se ubica la parte móvil en la que también se empotran los rodamientos y el otro rodillo, luego de esto las placas se fijan en la estructura con tornillos por la parte inferior de estas. (Figura 94)

Figura 94. Rodillos tensores.



Fuente: Autor.

4.2.6 Montaje controlador de temperatura

En este ensamblaje es necesario ubicar la caja de contactores asegurándola mediante tornillos a la estructura y seguidamente realizar las conexiones eléctricas de las resistencias a ella. (Figura 95)

Figura 95. Controlador de temperatura

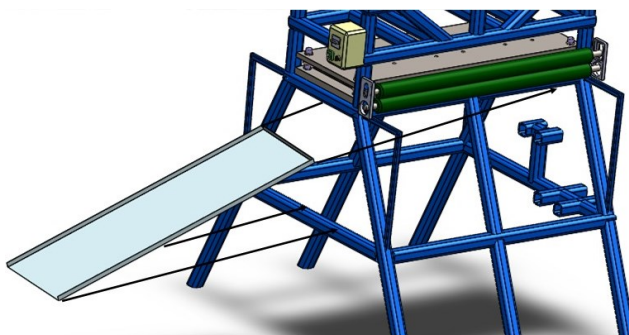


Fuente: Autor.

4.2.7 Montaje de elementos de protección y bandeja recolectora.

Buscando la seguridad del operario se instalan elementos protectores que obstaculizan la manipulación de los componentes mecánicos como piñones, correas y cadenas, además de evitar la introducción de elementos externos en el mecanismo. Por último, se ensambla la bandeja recolectora del producto terminado fijándola justo por debajo del troquel y atornillándola a la estructura. (Figura 96)

Figura 96. Bandeja recolectora de malla.



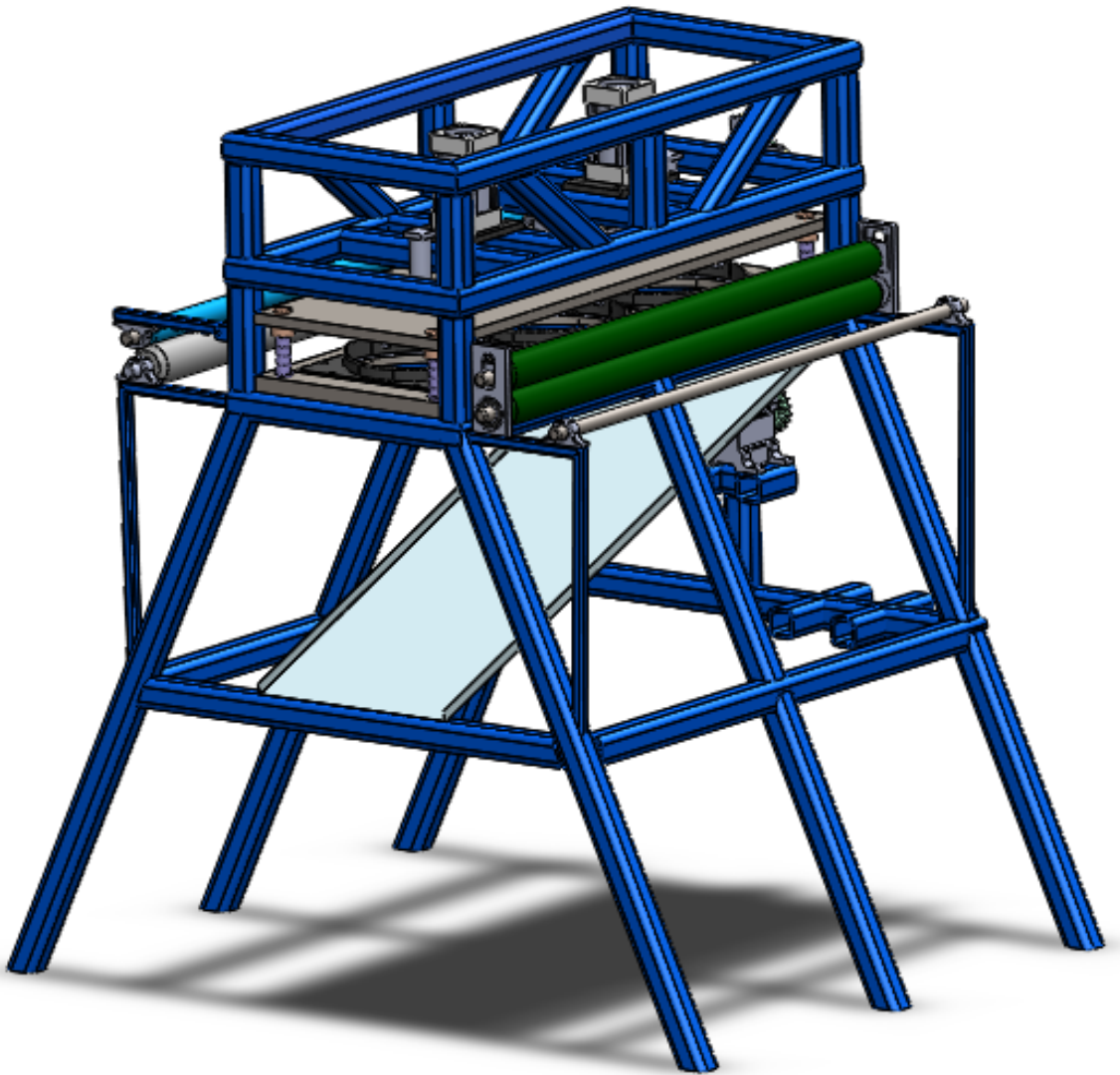
Fuente: Autor.

Conclusiones

- El diseño del troquel y la estructura se basó en los criterios y dimensiones del tejido y la pieza obteniendo un resultado óptimo que satisface todas las necesidades.
- Para el diseño de la estructura, los diferentes componentes del mecanismo y del troquel se utilizó el programa SOLIDWORKS, que es un software de diseño industrial, el cual fue la base principal para el diseño de la estructura y troquel obteniendo los planos de fabricación los cuales soportan el proceso de diseño.
- Se logro producir un corte simultaneo de tres piezas iguales a partir de un rollo de tejido, todas cumpliendo los criterios necesarios para ser utilizadas en el colador inyectado.
- En el diseño y construcción del proyecto se utilizaron los tres diferentes mecanismos de transmisión de potencia, transmisión por bandas, por cadenas y por engranajes.
- Con el diseño y construcción del troquel de corte se obtuvieron los resultados esperados llegando a tener más de 200 piezas por hora y obteniendo tiempos de operación menores a los que tenía la empresa antes de la máquina.
- Se manufacturaron los diferentes elementos y componentes necesarios para la construcción del troquel y la máquina, con la ayuda del torno, fresadora, taladro, sierra sin fin, y equipo de soldadura ubicados en el taller de la fábrica plásticos Becely SAS
- A pesar de las condiciones del tejido a cortar, con la implementación de los rodillos de avance y tensores, se logró controlar que dicho tejido no se arrugara, doblara o deformara al momento del funcionamiento de la máquina.
- Debido a las características específicas de la pieza a producir, el troquel construido presenta particularidades especiales que lo hacen diferente a los otros tipos de troqueles ya existentes, obteniendo piezas exactas para el colador a fabricar.
- Se elaboraron los manuales de mantenimiento y operación con ilustraciones y textos cortos, los cuales permiten interpretar fácilmente el cuidado y funcionamiento de la máquina y el troquel.

Anexos.

MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINA Y TROQUEL PARA EL CORTE DE TEJIDO POLIMÉRICO



Lea atentamente este manual antes de operar la Maquina.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA							
Realizado por:	Santiago Franco Camilo Toro		Fecha:	12/06/2020			
Máquina:	Cortadora de malla		Ubicación:	Taller de Empresa Plásticos BECELY			
Fabricante:	Santiago Franco Camilo Toro		Sección:	De Corte			
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
Peso	450kg	Altura	1.47m	Ancho	1.43m	Largo	1.12m
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				IMAGEN DE LA MÁQUINA			
Motor: 2 HP Voltaje: 220 V / 60 Hz							
FUNCIÓN La cortadora de malla es una máquina utilizada para el corte de un tejido de polietileno y polipropileno generando una figura semicircular de 280 mm de diámetro.							
INTUSTRUCCIONES DE USO							
Leer manual de operación.							

Previo la lectura y entendimiento de los Manuales de mantenimiento y operación es fundamental reconocer los componentes de mayor importancia de la máquina, los cuales se describen a continuación:

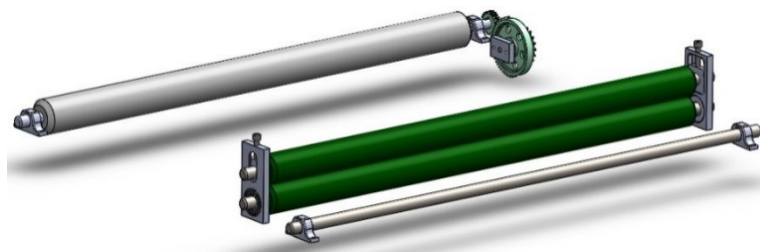
CAJA DE CONTROL

Desde esta caja se accionan el sistema mecánico que reparte la potencia y el movimiento desde el reductor hasta la alimentación y el corte, también se controla la temperatura de las resistencias que ayudan en el corte.



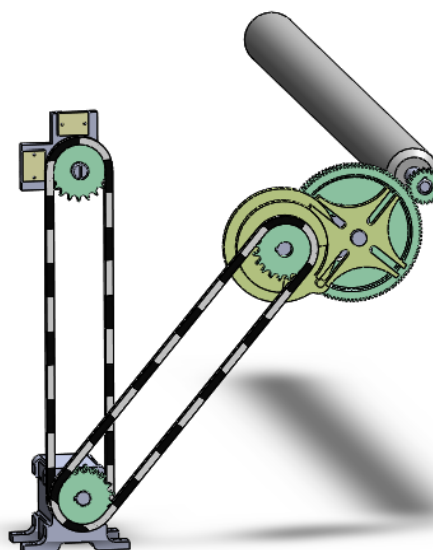
RODILLOS DE ALIMENTACIÓN

Estos rodillos son los encargados de la alimentación continua de la malla hacia el troquel de corte y fuera de la máquina



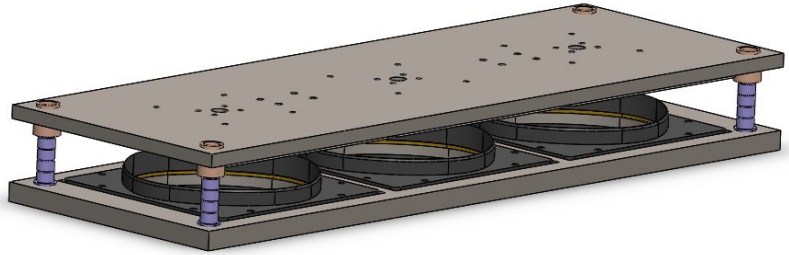
SISTEMA DE TRASMISIÓN DE POTENCIA.

Este sistema es responsable de transmitir la potencia y el movimiento desde el motor hasta los rodillos de alimentación y el sistema mecánico de actuación mecánica.



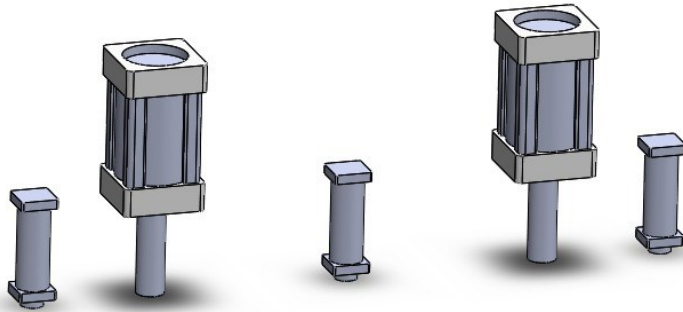
TROQUEL DE CORTE.

Es el que por medio del movimiento de la placa porta teflones realiza el corte del tejido, sesionándolo en 3 piezas iguales simultáneamente.



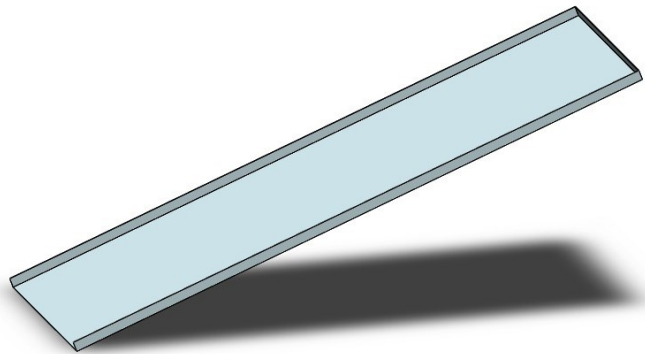
CILINDROS NEUMÁTICOS.

Estos son los encargados del movimiento de la placa porta teflones responsable del corte y de las cruces expulsoras que evacuan las piezas cortadas.



BANDEJA RECOLECTORA.

Esta bandeja recibe las piezas cortadas luego de ser expulsadas por los cilindros neumáticos y las deslizan hasta un lateral de la máquina.



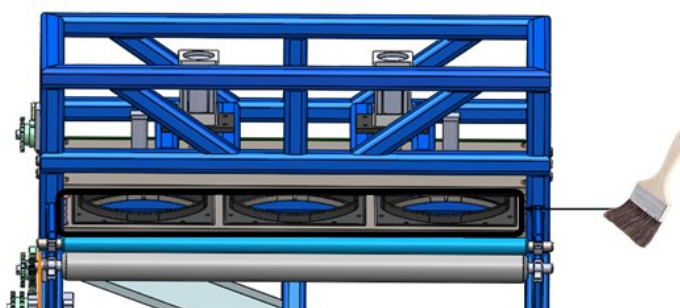
OBJETIVO

El objetivo de realizar un adecuado mantenimiento en la máquina y en el troquel es lograr garantizar un correcto funcionamiento del conjunto, además de prolongar la vida útil de todos los componentes y reducir considerablemente los mantenimientos correctivos disminuyendo así el número y tiempo de paradas.

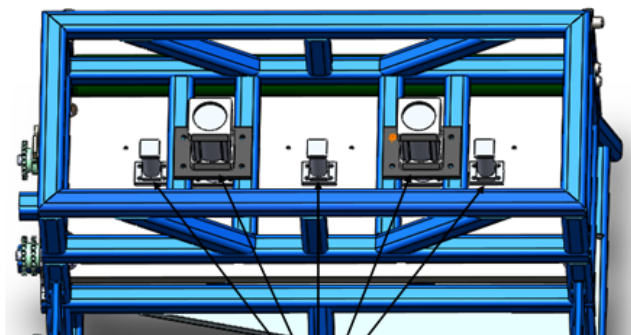
ACTIVIDADES DIARIAS

1. LIMPIEZA DEL ÁREA DE CORTE

Todos los días se debe limpiar el área de corte retirando los posibles residuos de malla resultado de cortes anteriores, así evitando cortes deficientes por posibles obstáculos.

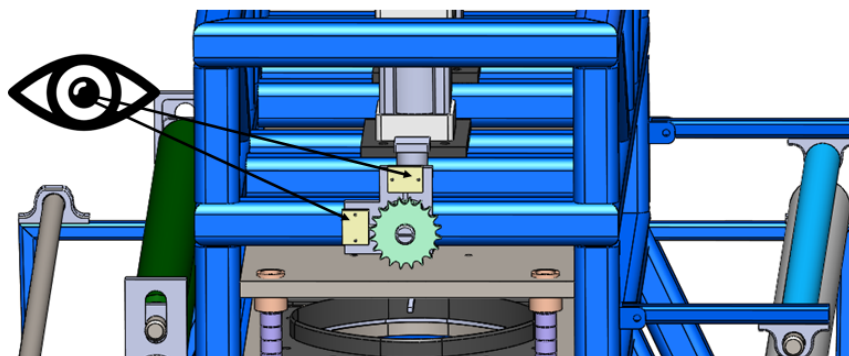


2.



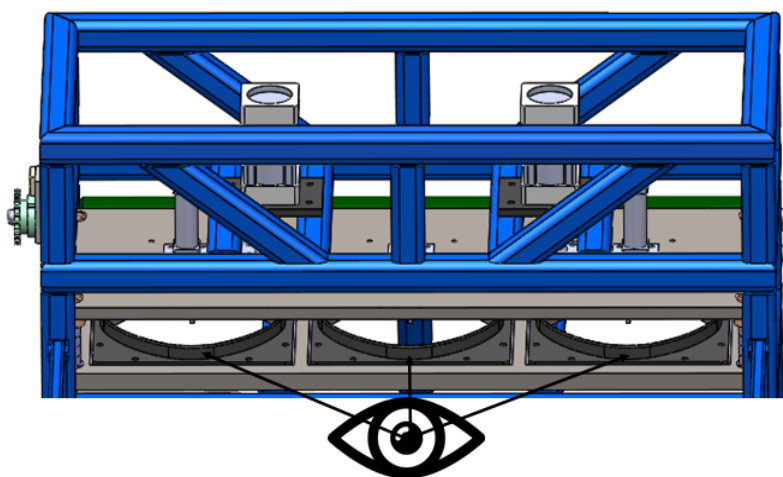
INSPECCIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO

Es necesario inspeccionar periódicamente el sistema neumático, verificando las conexiones tanto de las 5 botellas neumáticas como de los actuadores, además de verificar que no existan fugas.

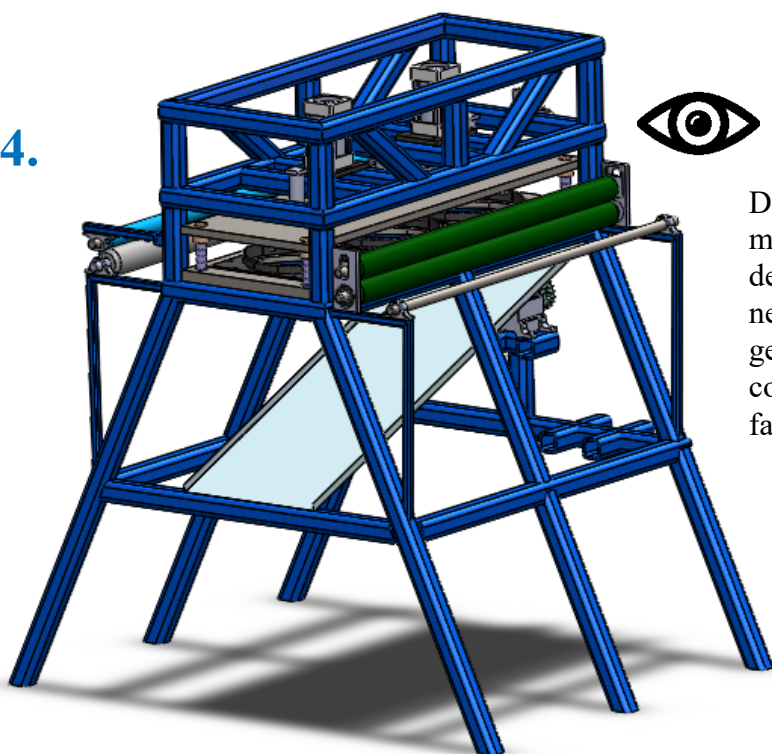


3. INSPECCIÓN DE CUCHILLAS DE CORTE.

Al igual que con el sistema neumático se debe inspeccionar el estado de las cuchillas de corte verificando que no tengan ningún tipo de desgaste, abolladura o defecto.



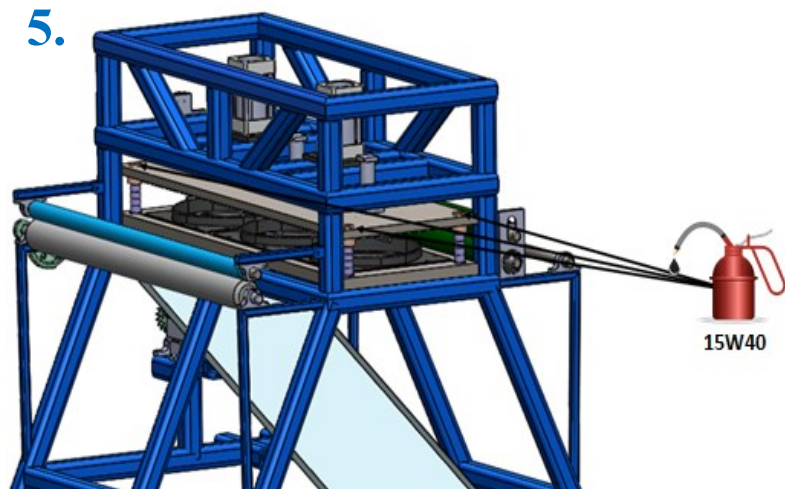
4.



INSPECCIÓN GENERAL.

Después de efectuar una inspección minuciosa al sistema neumático y de las cuchillas de corte, es necesario realizar una inspección general de la máquina y el troquel, con el fin de identificar posibles fallas.

5.

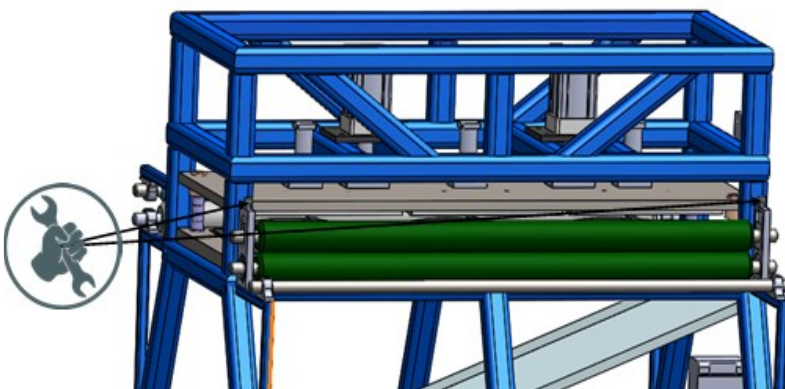


LUBRICACIÓN DE LOS BUJES Y COLUMNAS GUÍAS.

Diariamente antes de poner en marcha la máquina es necesario lubricar con aceite los cuatros bujes y columnas guías con el fin de evitar desgastes excesivos utilizando una aceitera.

6. AJUSTE DE RODILLOS.

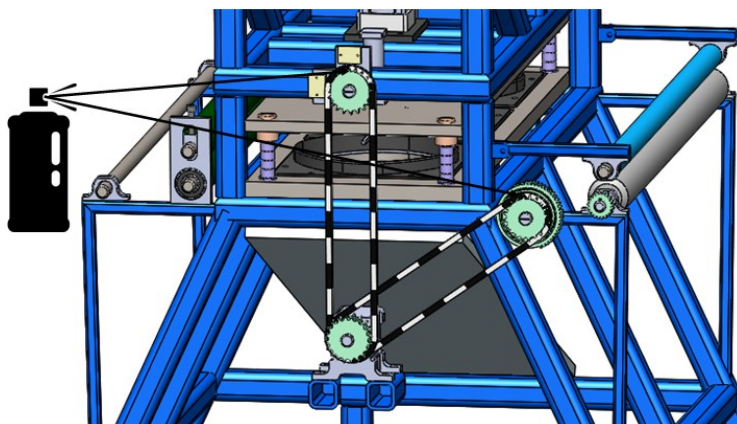
Es necesario verificar periódicamente la presión de los rodillos de caucho ajustándola con una llave allen de 5/16" apretando o aflojando los tornillos que se muestran en la figura y cerciorándose que en ambos extremos de los rodillos quede la misma presión.



ACTIVIDADES MENSUALES

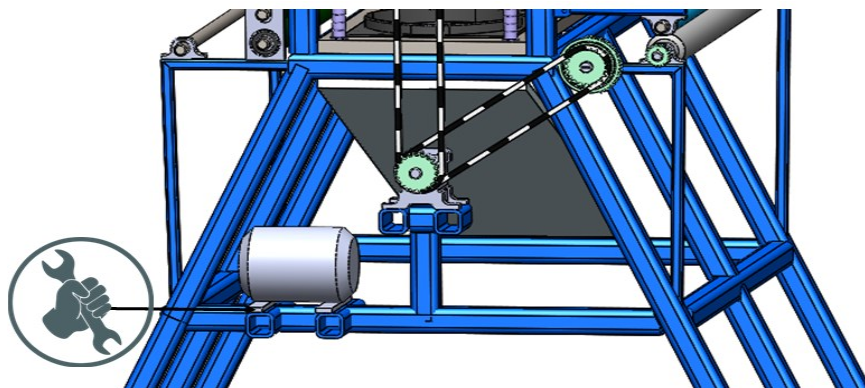
1. LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN DE CADENAS

Una vez al mes es menester limpiar y lubricar las cadenas de transmisión de potencia y movimiento, utilizando productos diseñados para esto que se presentan en aerosol. Primero se debe quitar la protección y a continuación aplicar el desengrasante a la cadena hasta observar que está completamente limpia, luego se usa el aerosol para lubricar la cadena en cada uno de sus eslabones.

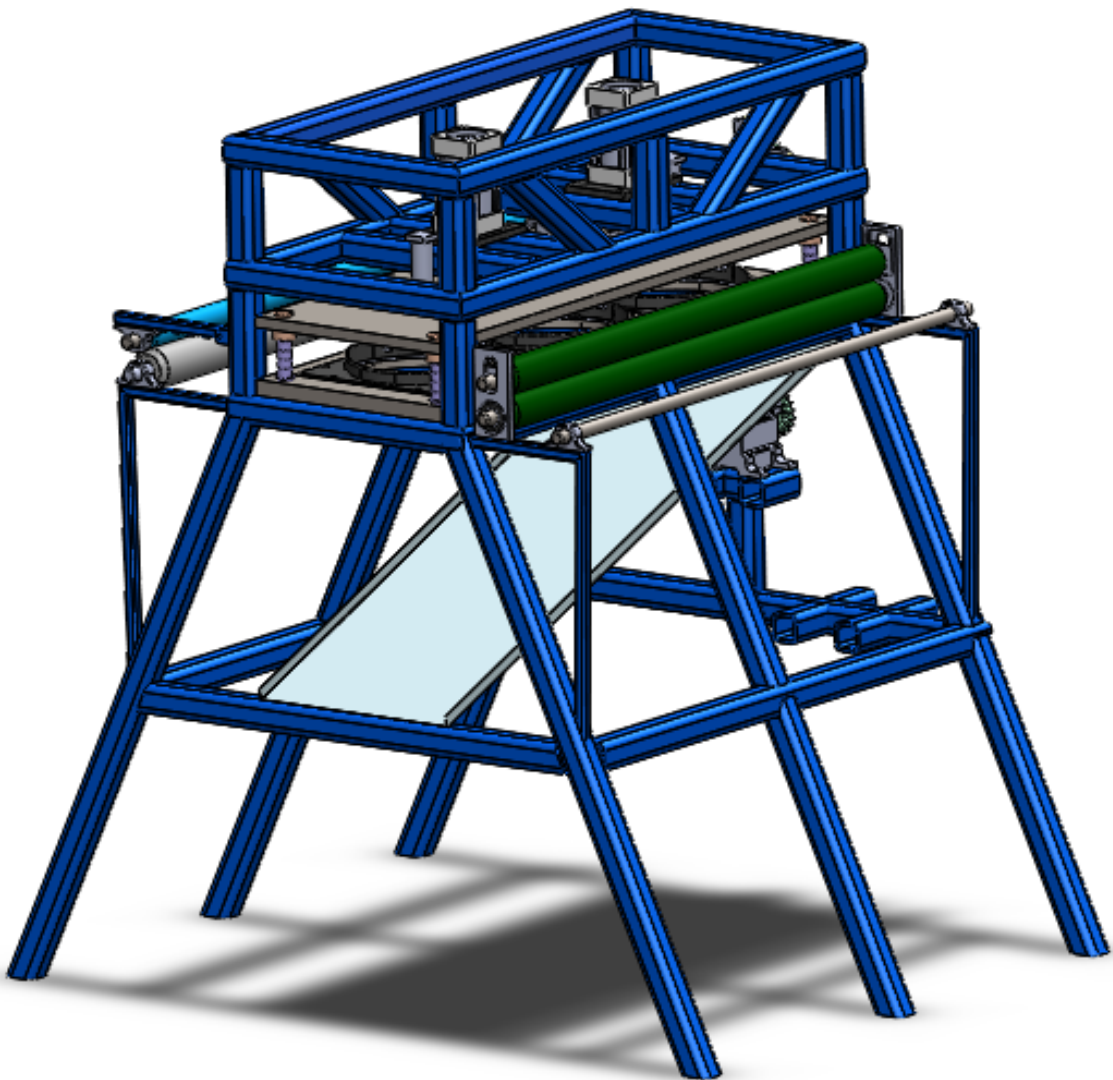


2. INSPECCIÓN DE LA TENSIÓN DE LA POLEA.

Mensualmente se debe inspeccionar la tensión de la polea que transmite la potencia del motor al reductor, verificando que no tenga un juego superior a 30 milímetros al hacerle fuerza con la mano. De ser así se deberán ajustar los tornillos que aseguran el motor a la estructura, tensionando así la correa.



MANUAL DE OPERACIÓN DE MAQUINA Y TROQUEL PARA EL CORTE DE TEJIDO POLIMÉRICO



Lea atentamente este manual antes de operar la Máquina.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA							
Realizado por:	Santiago Franco Camilo Toro		Fecha:	12/06/2020			
Máquina:	Cortadora de malla		Ubicación:	Taller de Empresa Plásticos BECELY			
Fabricante:	Santiago Franco Camilo Toro		Sección:	De Corte			
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
Peso	450kg	Altura	1.47m	Ancho	1.43m	Largo	1.12m
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				IMAGEN DE LA MÁQUINA			
Motor: 2 HP Voltaje: 220 V / 60 Hz							
FUNCIÓN La cortadora de malla es una máquina utilizada para el corte de un tejido de polietileno y polipropileno generando una figura semicircular de 280 mm de diámetro.							
INTUSTRUCCIONES DE USO							
Leer manual de operación.							

Previo la lectura y entendimiento de los Manuales de mantenimiento y operación es fundamental reconocer los componentes de mayor importancia de la máquina, los cuales se describen a continuación:

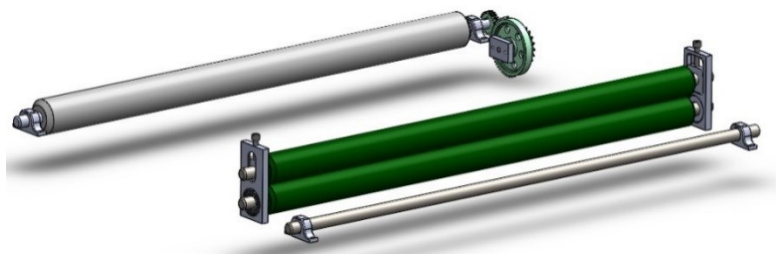
CAJA DE CONTROL

Desde esta caja se accionan el sistema mecánico que reparte la potencia y el movimiento desde el reductor hasta la alimentación y el corte, también se controla la temperatura de las resistencias que ayudan en el corte.



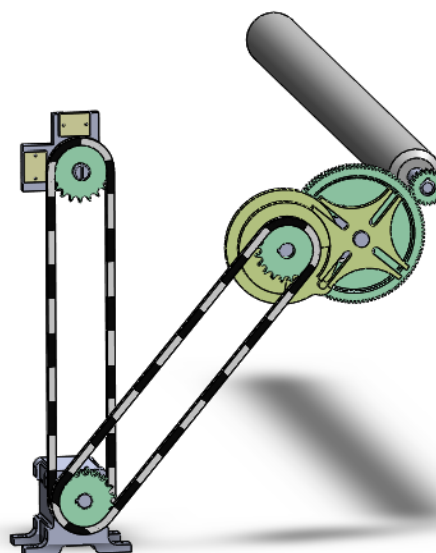
RODILLOS DE ALIMENTACIÓN

Estos rodillos son los encargados de la alimentación continua de la malla hacia el troquel de corte y fuera de la máquina



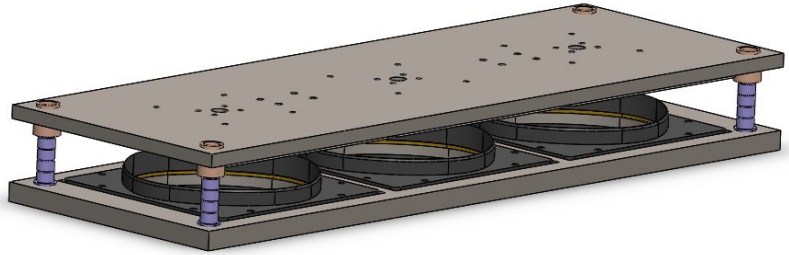
SISTEMA DE TRASMISIÓN DE POTENCIA.

Este sistema es responsable de transmitir la potencia y el movimiento desde el motor hasta los rodillos de alimentación y el sistema mecánico de actuación mecánica.



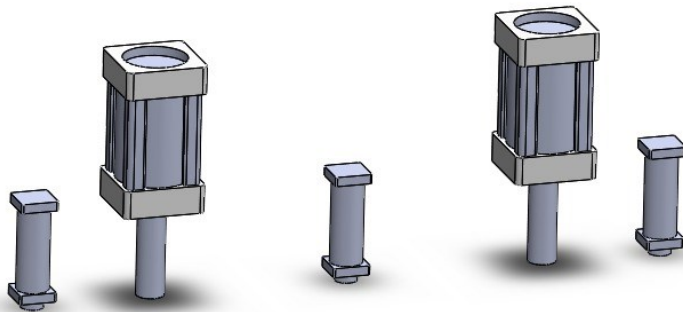
TROQUEL DE CORTE.

Es el que por medio del movimiento de la placa porta teflones realiza el corte del tejido, sesionándolo en 3 piezas iguales simultáneamente.



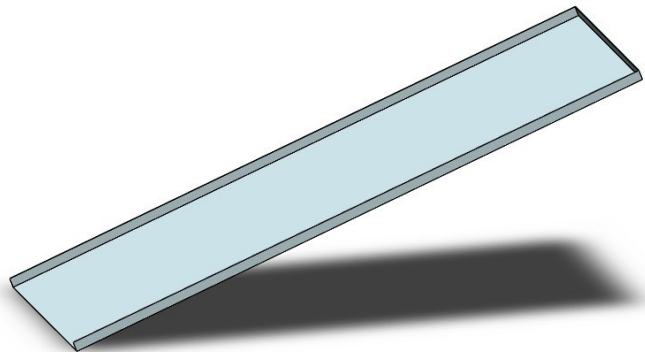
CILINDROS NEUMÁTICOS.

Estos son los encargados del movimiento de la placa porta teflones, responsable del corte y de las cruces expulsoras que evacuan las piezas cortadas.



BANDEJA RECOLECTORA.

Esta bandeja recibe las piezas cortadas luego de ser expulsadas por los cilindros neumáticos y las deslizan hasta un lateral de la máquina.

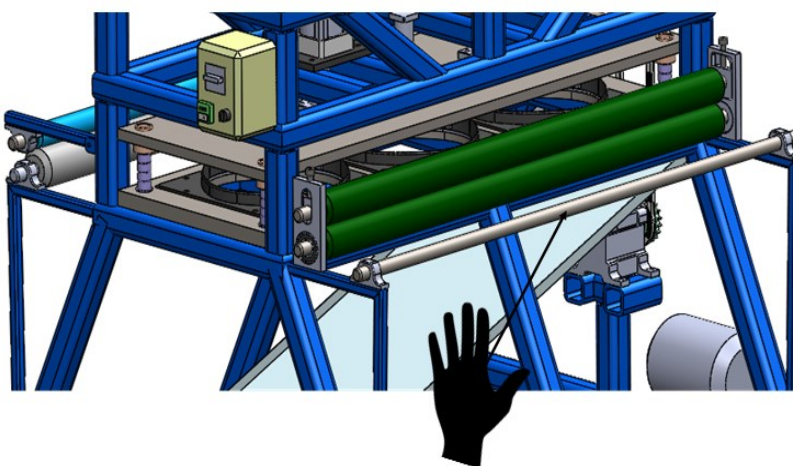
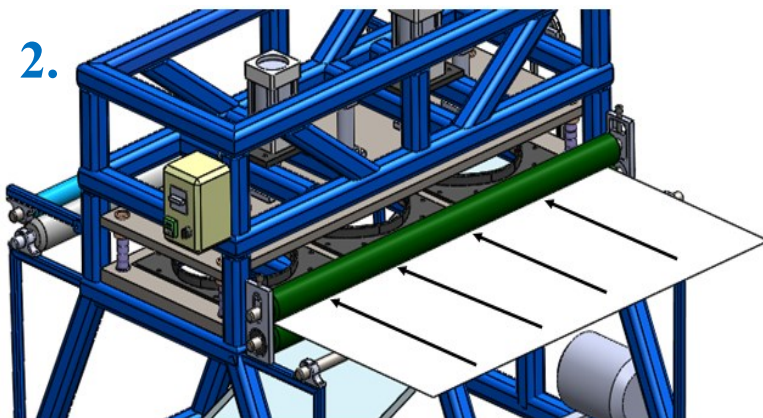


OBJETIVO:

El objetivo de este manual de operación es lograr que posterior a su lectura y entendimiento, cualquier persona tenga la capacidad de operar adecuadamente esta máquina.

PASO A PASO:**1. UBICACIÓN DE ROLLO DE MALLA.**

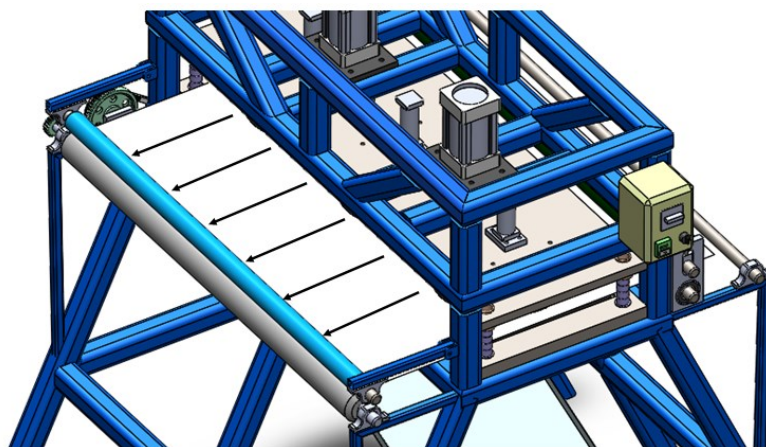
Para empezar a poner en marcha la máquina es necesario ubicar el rollo de malla en el eje que se muestra en la figura.

**2.****COLOCACIÓN DE MALLA EN RODILLOS TENSORES.**

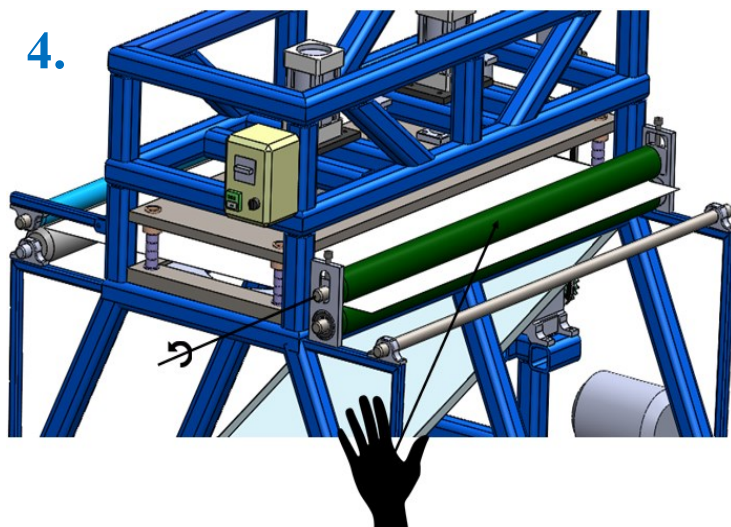
Luego de tener el rollo ubicado en el eje se debe introducir la punta del rollo en medio de los dos rodillos verdes.

3. UBICACIÓN DE MALLA EN LOS RODILLOS DE AVANCE.

Se debe pasar la punta del rollo de malla en medio de los rodillos azul y gris como se observa en la figura, teniendo especial cuidado en que el tejido no quede con ningún tipo de arrugas o deformaciones, para así evitar el mal funcionamiento.



4.



TENSIÓN DE MALLA EN ÁREA DE CORTE.

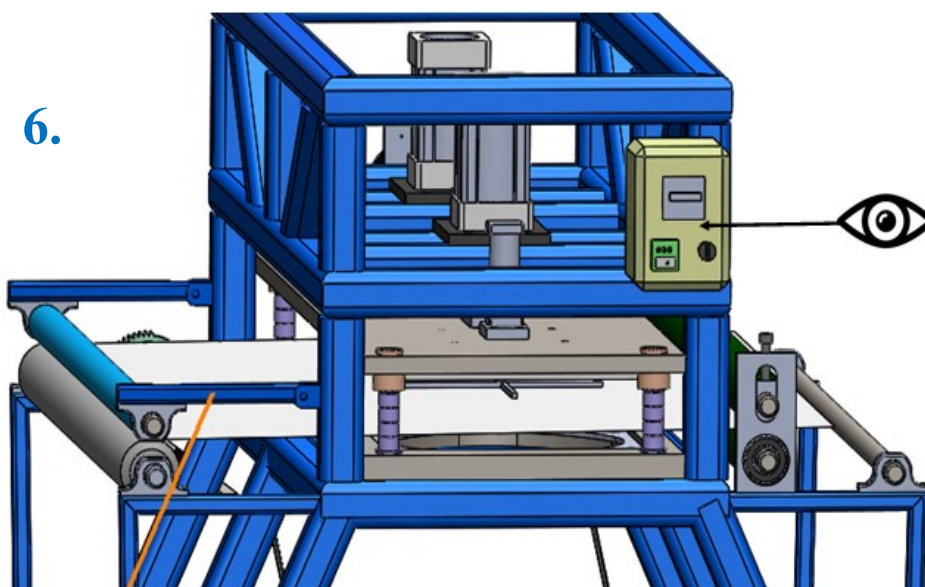
Luego de tener posicionada la malla en los cuatro rodillos es indispensable tensionarla, girando el rodillo verde superior como se muestra en la imagen, de esta manera el primer corte saldrá perfecto y así continuarán los siguientes.

5. CONECTAR MAQUINA.

El paso a seguir es conectar la máquina a un tomacorriente trifásico a 220 V para energizar los sistemas de avance y las resistencias eléctricas.



6.

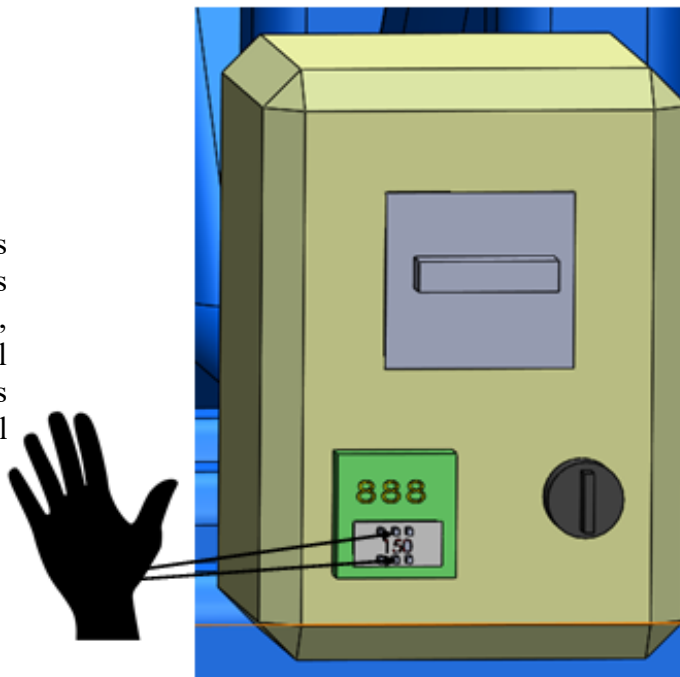


UBICACIÓN DE LA CAJA DE CONTROL.

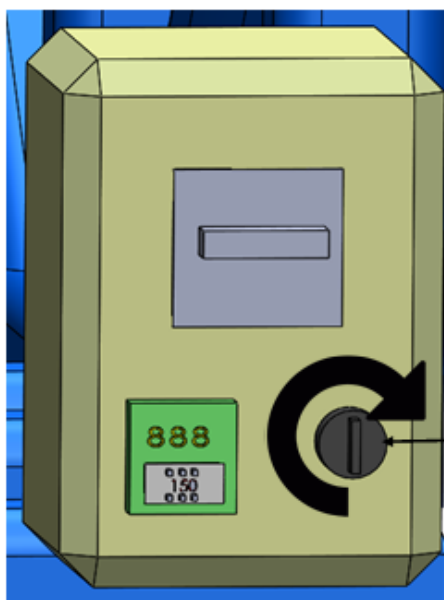
Ubicando la caja de operaciones se procede a energizar las resistencias eléctricas.

7. CONFIGURAR TEMPERATURA DE CORTE.

Para energizar las resistencias eléctricas es necesario configurar antes la temperatura necesaria para el corte, que siempre debe ser de 150°C la cual se puede cambiar utilizando los seis botones ubicados arriba y abajo del tablero, como se muestra en la figura.



8.



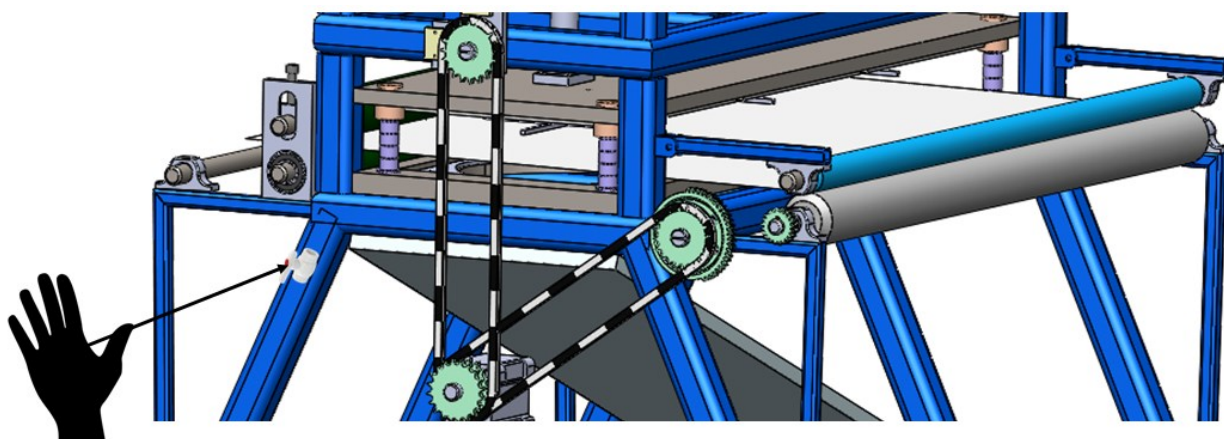
ENERGIZAR LAS RESISTENCIAS.

Luego de configurar la temperatura, para energizar las resistencias es necesario girar el interruptor que se muestra en la figura, aproximadamente 30 minutos después las resistencias alcanzaran la temperatura necesaria.

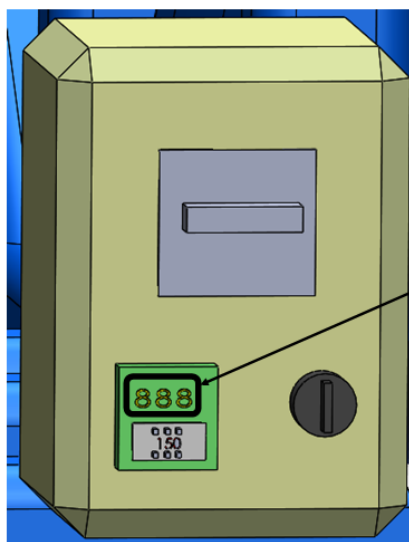
9.

ABRIR PASO DE AIRE.

Enseguida de calentar las resistencias, se debe abrir el registro de aire mostrado en la figura para proporcionar un flujo constante, suministrado por el compresor, ya instalado y disponible en la empresa.



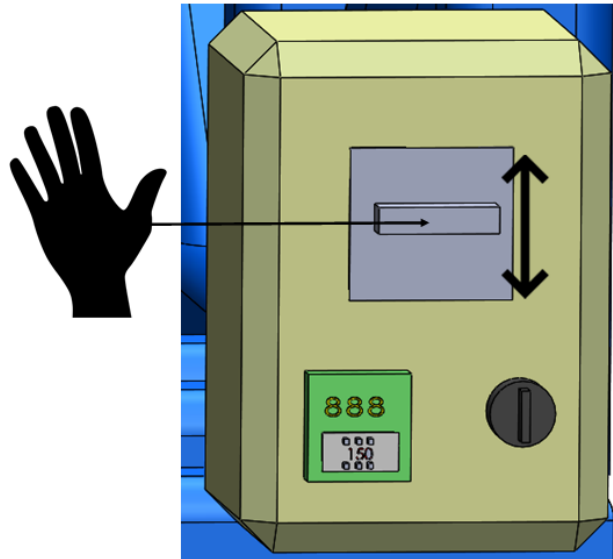
10.

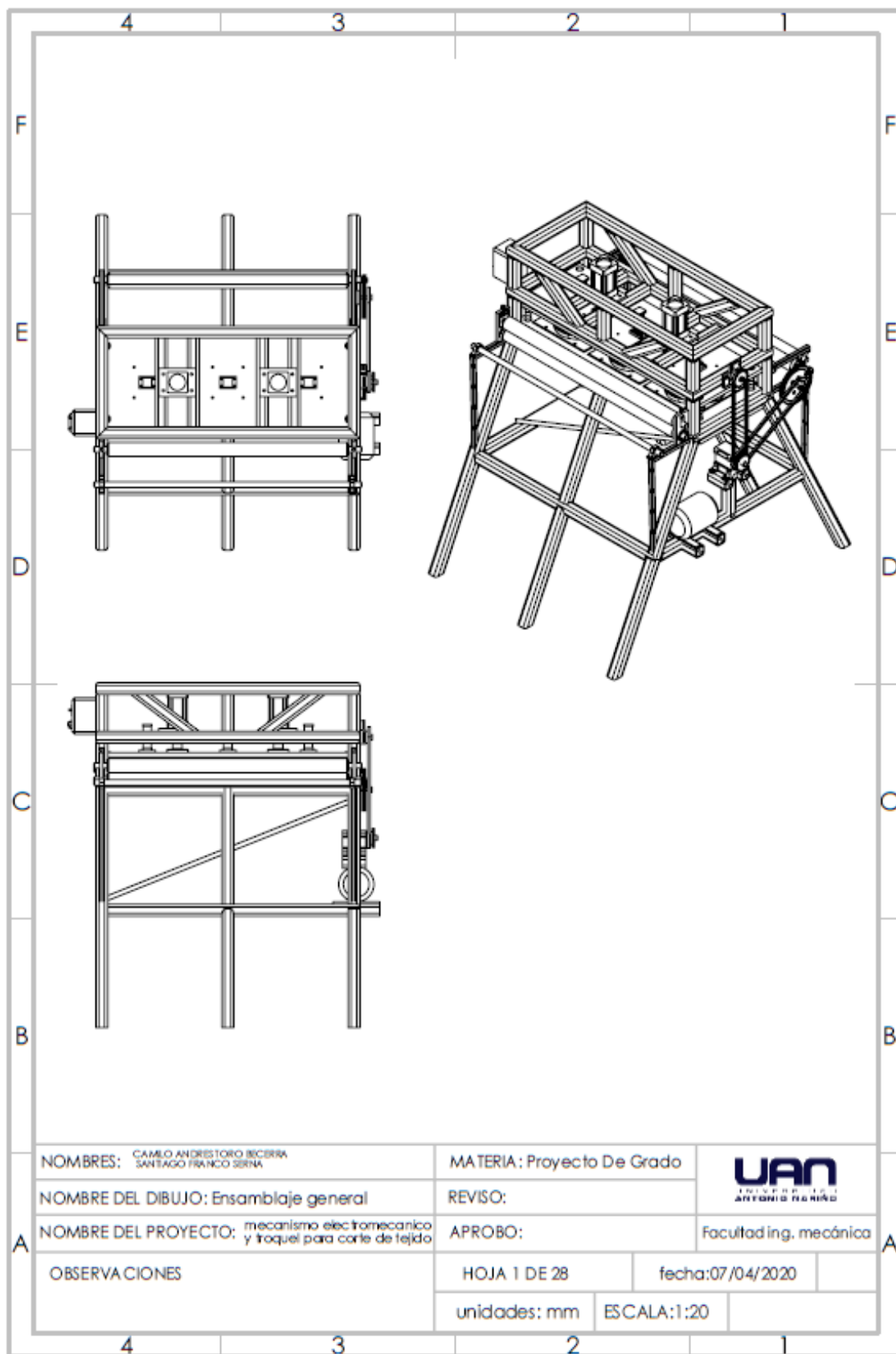
**CAR TEMPERATURA.**

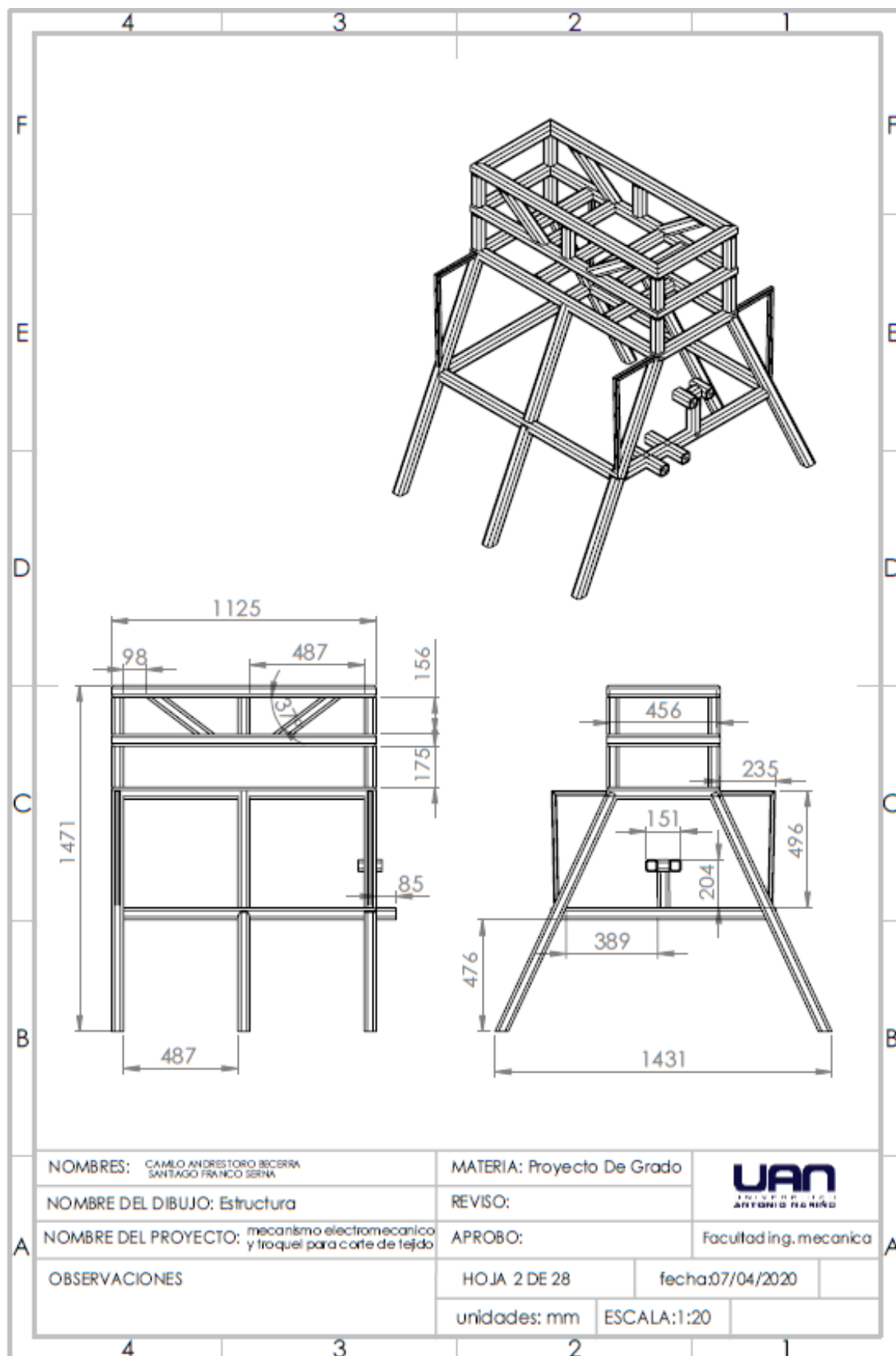
amente después de 30
le poner a calentar las
estarán a la temperatura
pero se debe asegurar
la temperatura real como se
la imagen.

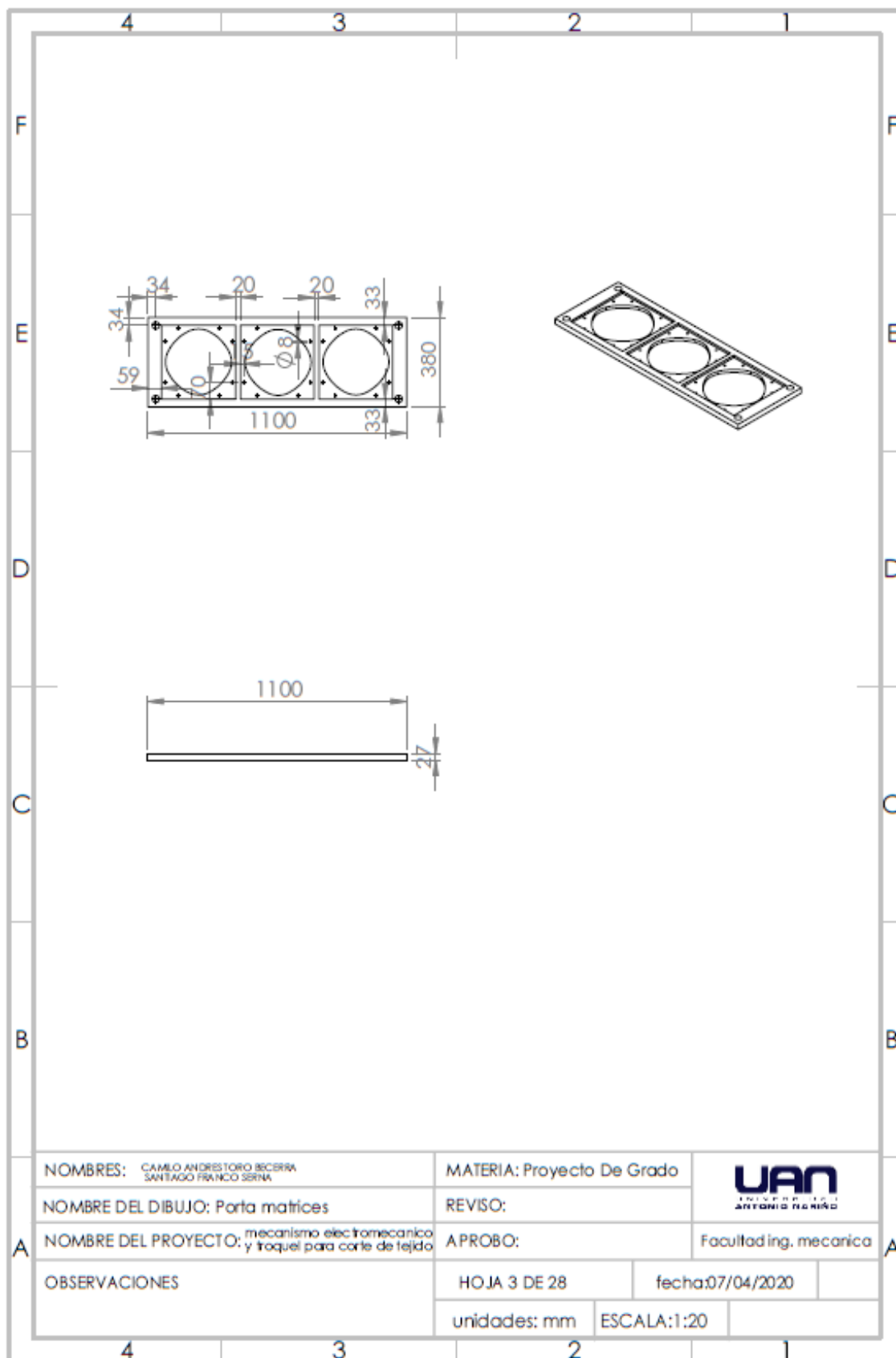
11. PONER EN MARCHA EL MOTOR.

Luego de cerciorarse que las resistencias están a la temperatura correcta se procede a poner en marcha el motor que activa el funcionamiento neumático y el avance de la malla, esto se hace subiendo el breaker como se muestra en la figura.









NOMBRES: CAMILO ANDRESTORO BECERRA
SANTIAGO FRANCO SERNA

MATERIA: Proyecto De Grado



NOMBRE DEL DIBUJO: Porta matrices

REVISO:

NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico
y troquel para corte de tejido

APROBO:

Facultad Ing. mecánica

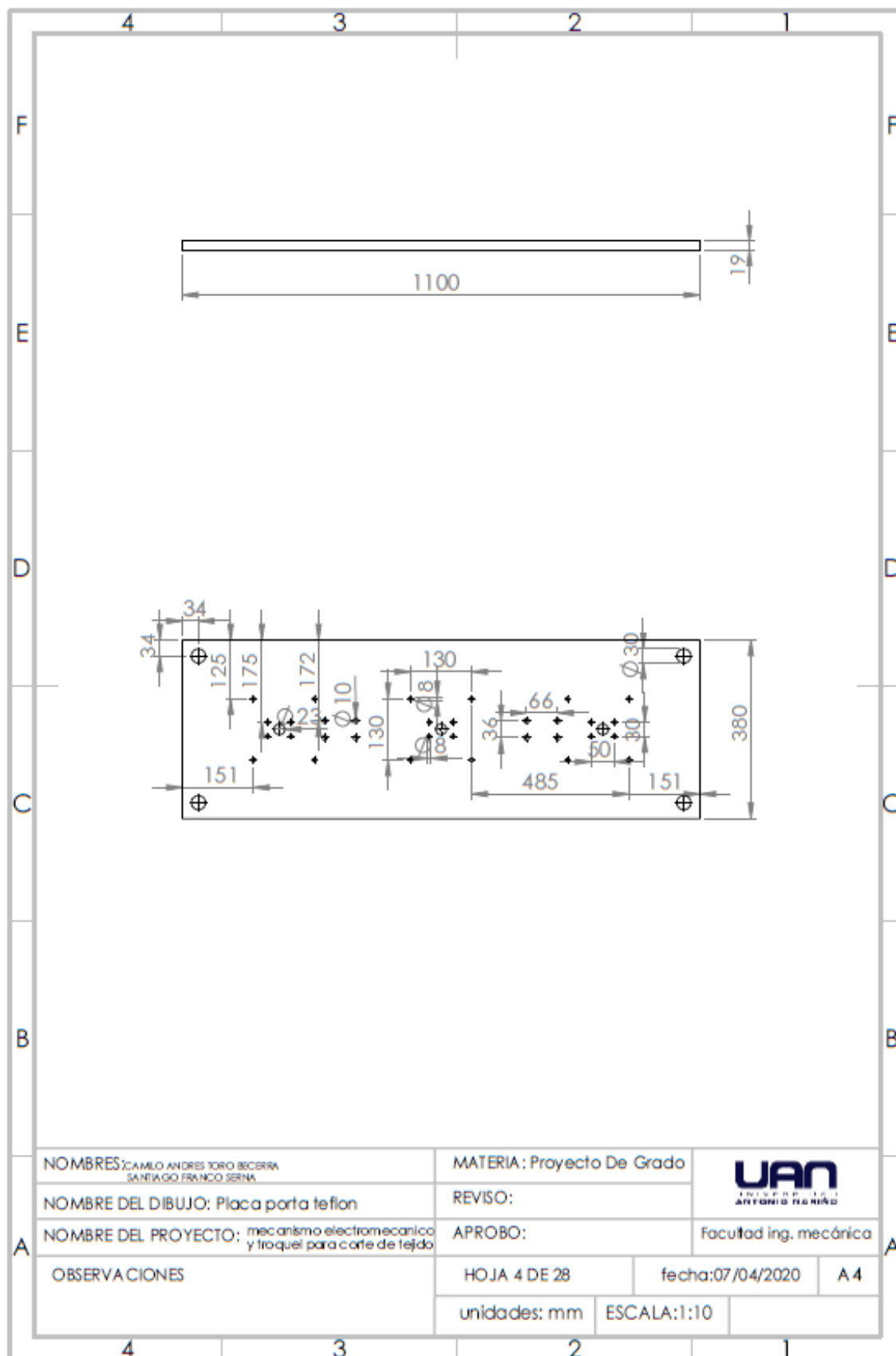
OBSERVACIONES

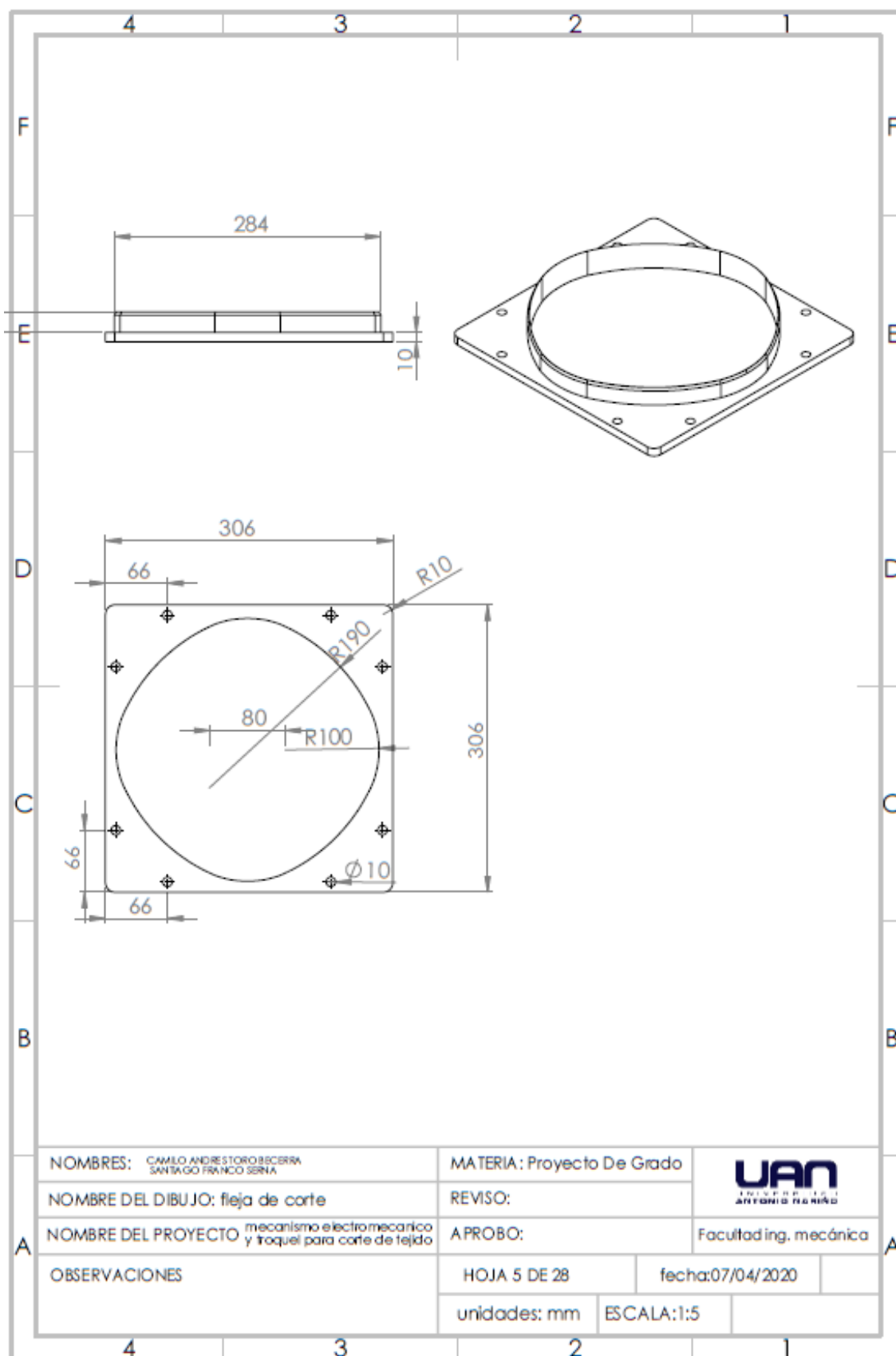
HOJA 3 DE 28


fecha:07/04/2020

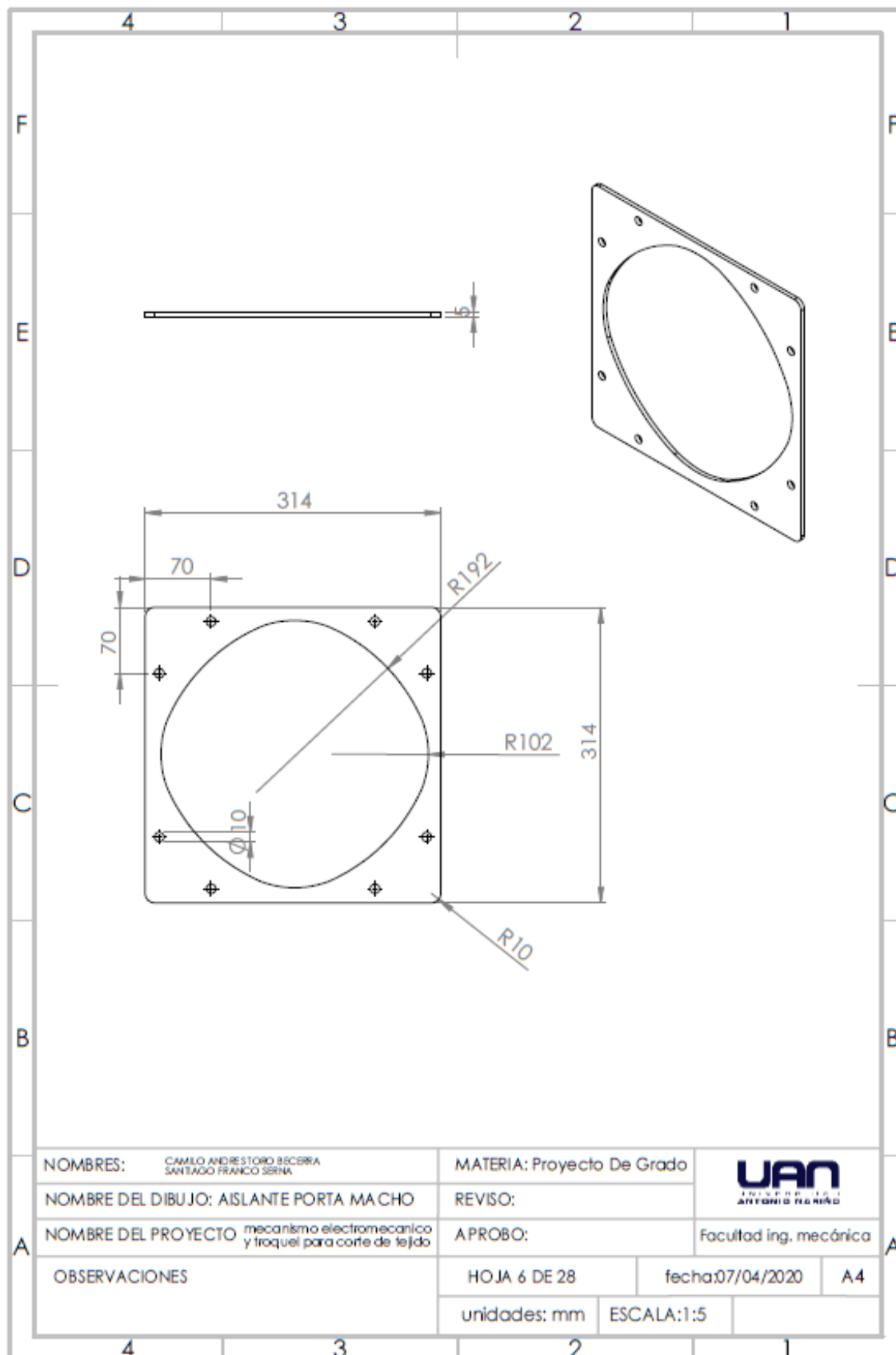
unidades: mm

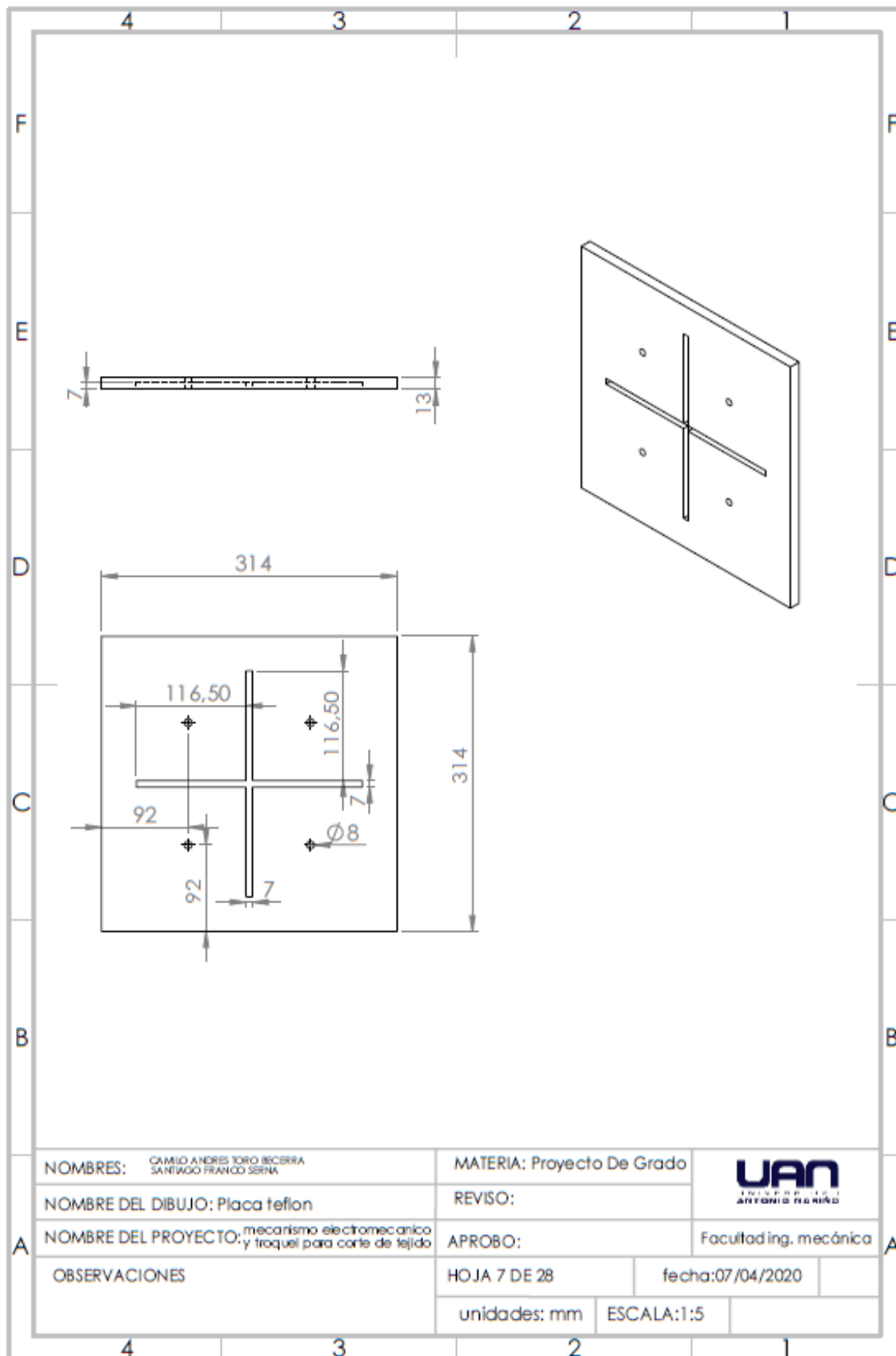
ESCALA:1:20





A	NOMBRES: CAMILO ANDRESTORO BECERRA SANTAGO FRANCO SERNA	MATERIA: Proyecto De Grado	 UAN UNIVERSIDAD ANTONIO RIVERO	A
	NOMBRE DEL DIBUJO: fleja de corte	REVISO:		
	NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico y troquel para corte de tejido	APROBO:	Facultad Ing. mecánica	
	OBSERVACIONES	HOJA 5 DE 28	fecha: 07/04/2020	
	unidades: mm	ESCALA: 1:5		





NOMBRES: CAMILO ANDRÉS TORO BESCERRA
SANTIAGO FRANCO SERNA

MATERIA: Proyecto De Grado



NOMBRE DEL DIBUJO: Placa teflon

REVISO:

NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico
y troquel para corte de tejido

APROBO:

Facultad Ing. mecánica

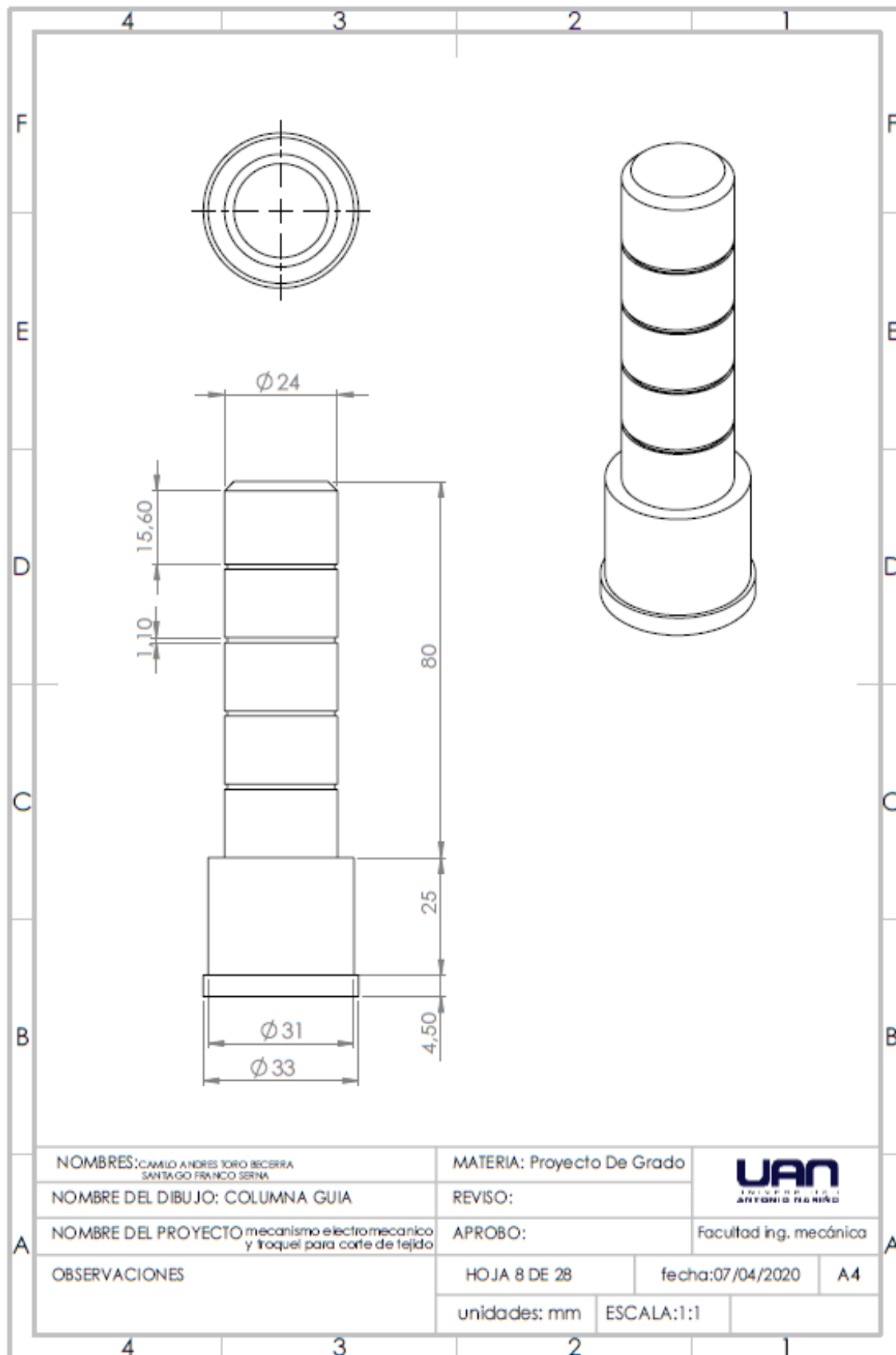
OBSERVACIONES

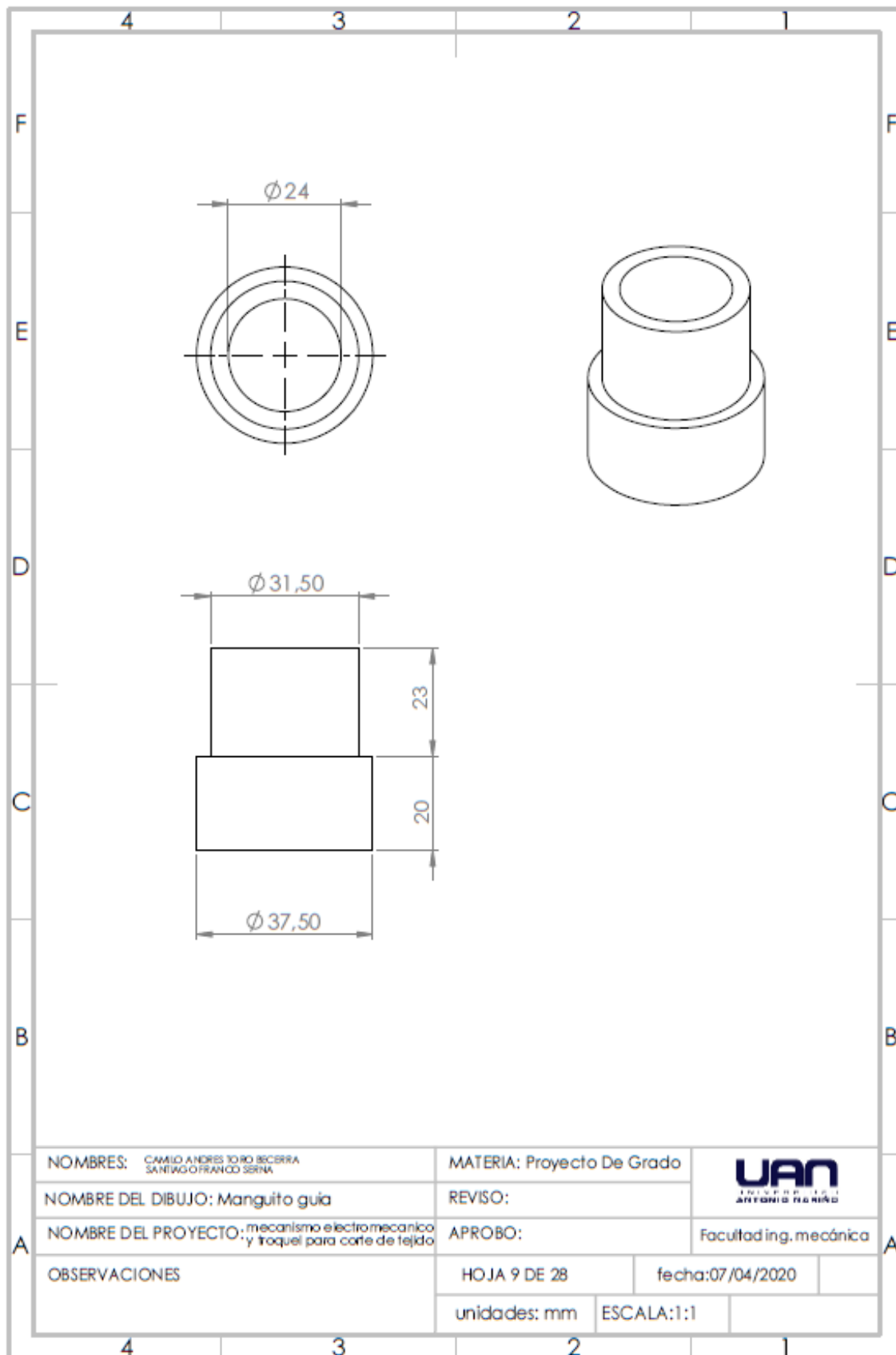
HOJA 7 DE 28

fecha: 07/04/2020

unidades: mm

ESCALA: 1:5





NOMBRES: CAMILO ANDRÉS TOÑO BECERRA
SANTIAGO FRANCO SERNA

MATERIA: Proyecto De Grado



NOMBRE DEL DIBUJO: Manguito guía

REVISO:

NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electro-mecánico
y troquel para corte de tejido

APROBO:

Facultad ing. mecánica

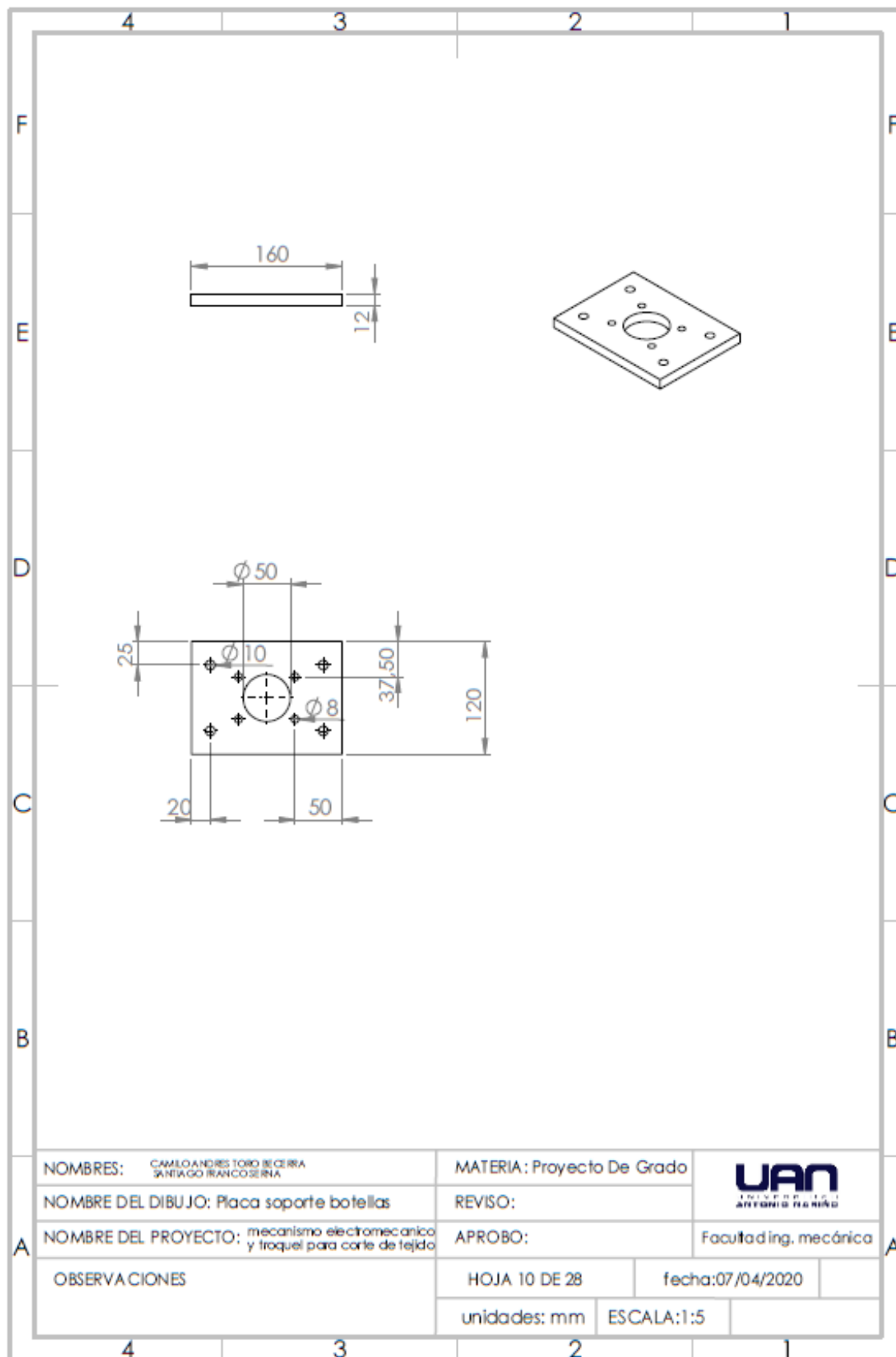
OBSERVACIONES


HOJA 9 DE 28

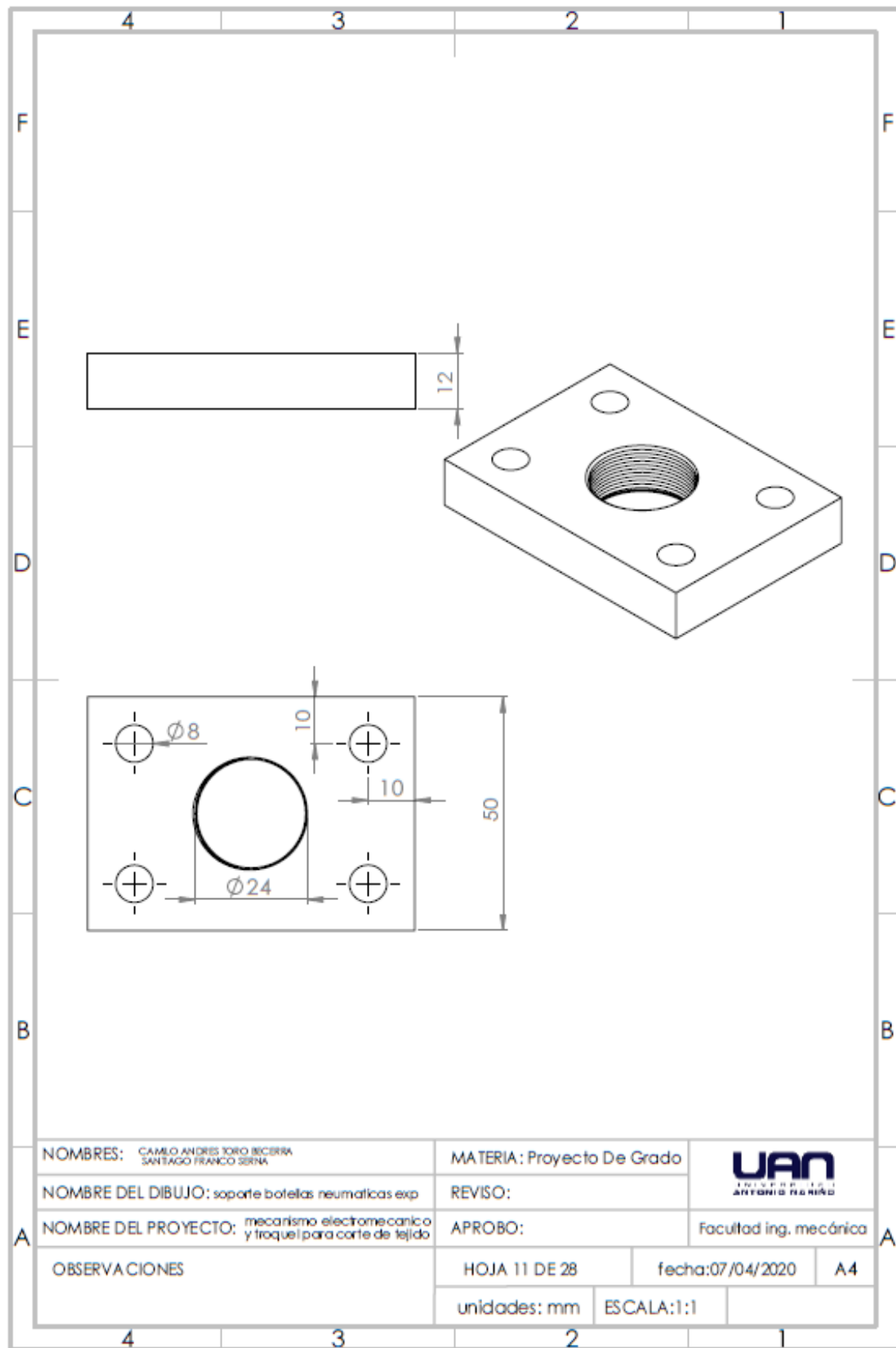
fecha: 07/04/2020


unidades: mm

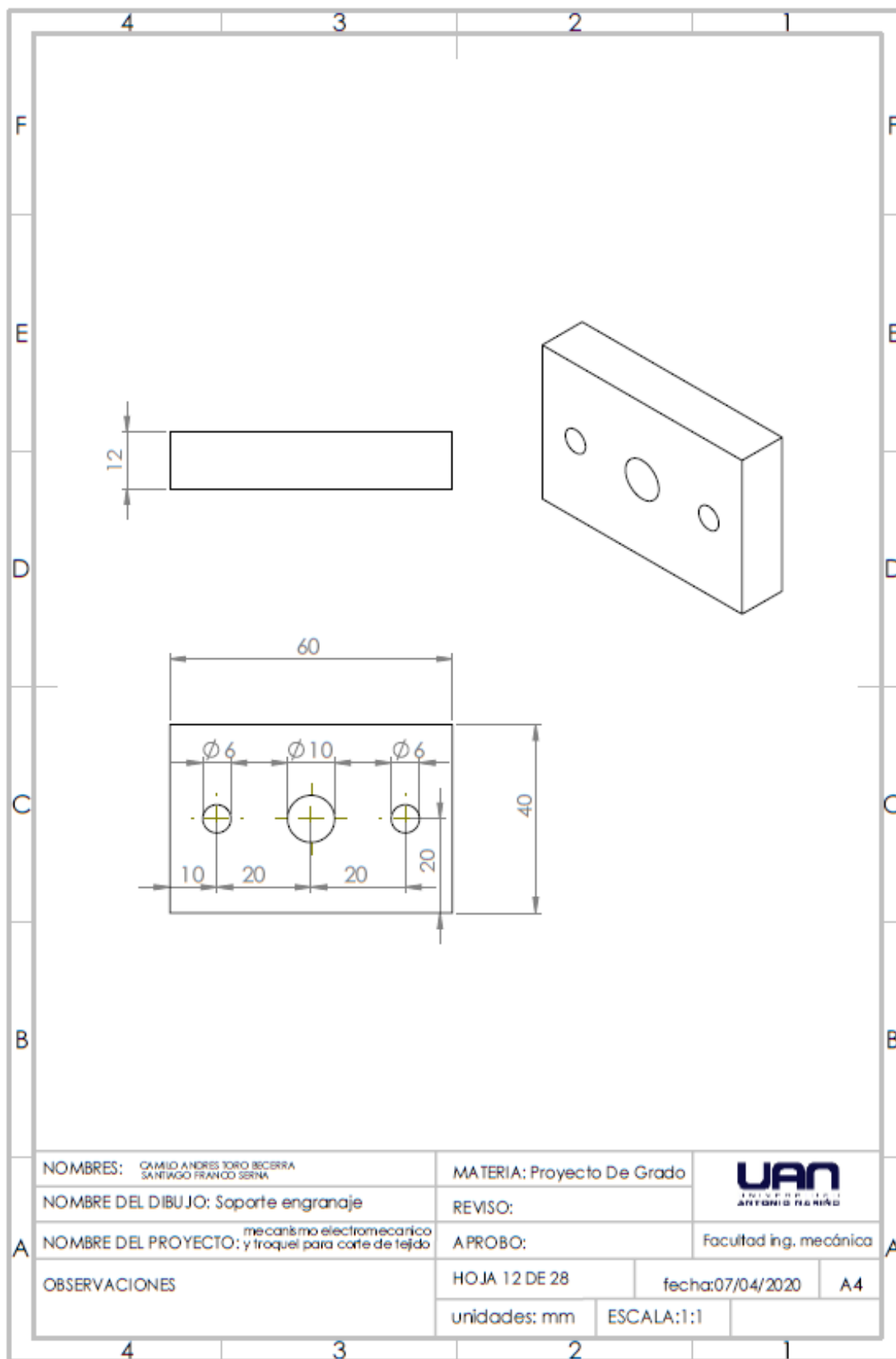
ESCALA: 1:1




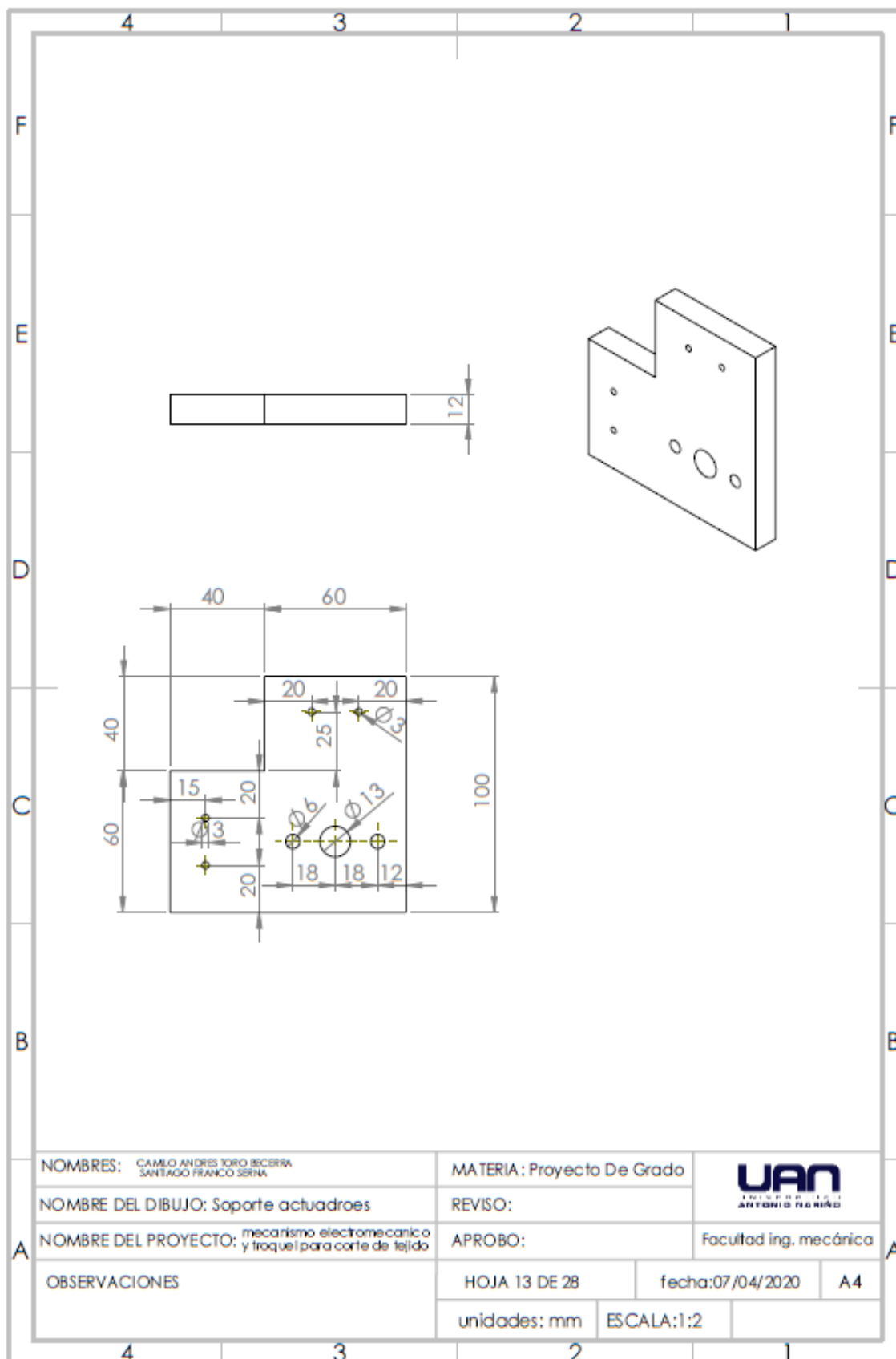
A	NOMBRES: CAMILO ANDRÉS TORO BECERRA SANTIAGO IRANCO SERINA	MATERIA: Proyecto De Grado	 UAN UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	A
	NOMBRE DEL DIBUJO: Placa soporte botellas	REVISO:		
	NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico y troquel para corte de tejido	APROBO:	Facultad Ing. mecánica	
	OBSERVACIONES	HOJA 10 DE 28	fecha:07/04/2020	
		unidades: mm	ESCALA:1:5	



A	NOMBRES: CARLO ANDRÉS TORO BICERRA SANTAGO FRANCO SERNA	MATERIA: Proyecto De Grado	 UAN <small>UNIVERSIDAD NACIONAL</small> ANTONIO RIVERO	A
	NOMBRE DEL DIBUJO: soporte botellas neumaticas exp	REVISO:		
	NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico y troquel para corte de tejido	APROBO:	Facultad ing. mecánica	
	OBSERVACIONES	HOJA 11 DE 28	fecha:07/04/2020	
	unidades: mm	ESCALA:1:1		



A	NOMBRES: CAMILO ANDRÉS TORO BECERRA SANTIAGO FRANCO SERNA	MATERIA: Proyecto De Grado	 UAN <small>UNIVERSIDAD NACIONAL</small> <small>ANTONIO RAÑED</small>
	NOMBRE DEL DIBUJO: Soporte engranaje	REVISO:	
	NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico y troquel para corte de tejido	APROBO:	Facultad Ing. mecánica
	OBSERVACIONES	HOJA 12 DE 28	fecha:07/04/2020
	unidades: mm	ESCALA:1:1	



NOMBRES: CAMILO ANDRÉS TORO BECERRA
SANTIAGO FRANCO SERNA

MATERIA: Proyecto De Grado



NOMBRE DEL DIBUJO: Soporte actuadores

REVISO:

NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico y troquel para corte de tejido

APROBO:

Facultad Ing. mecánica

OBSERVACIONES

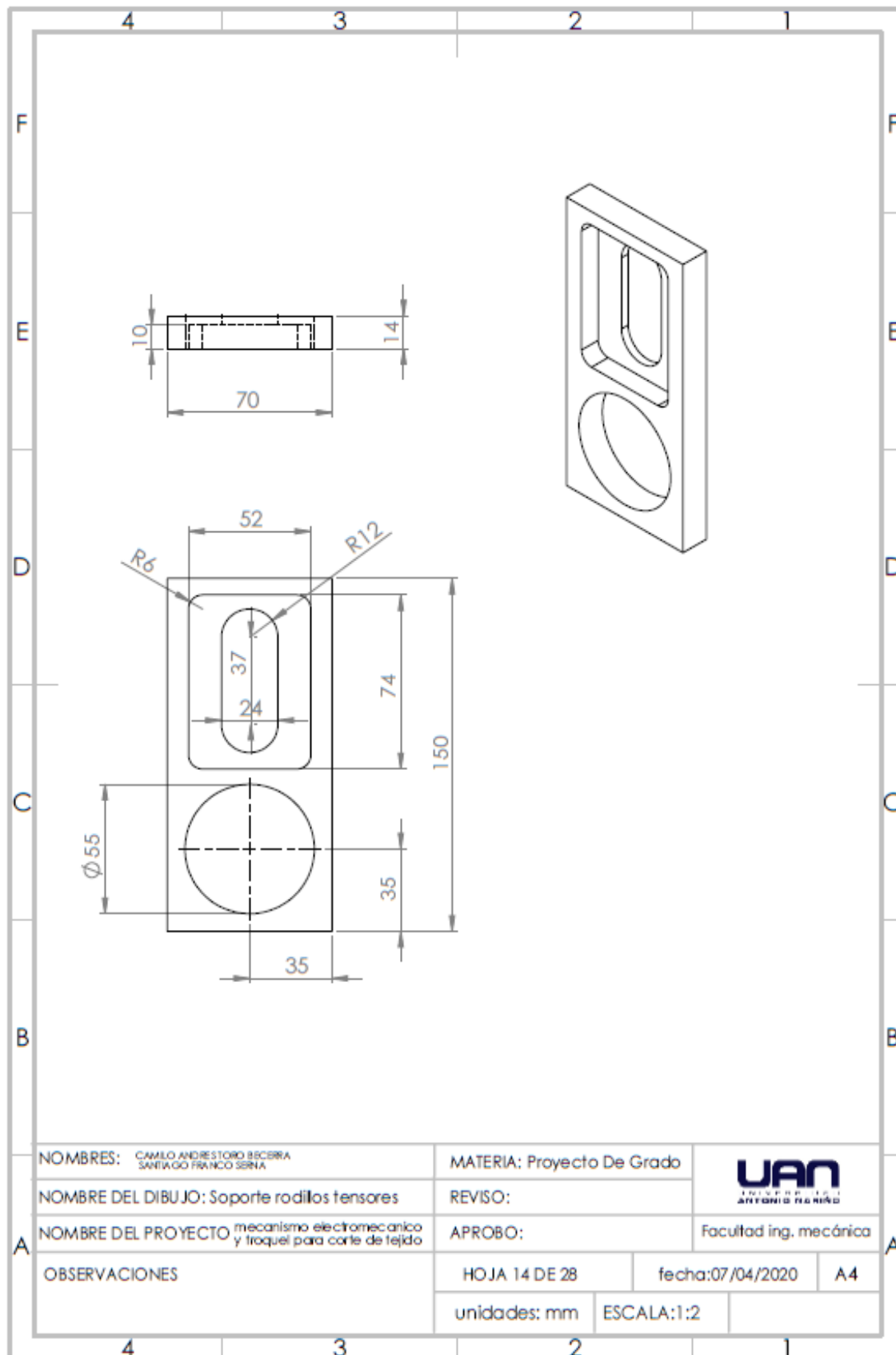
HOJA 13 DE 28

fecha:07/04/2020

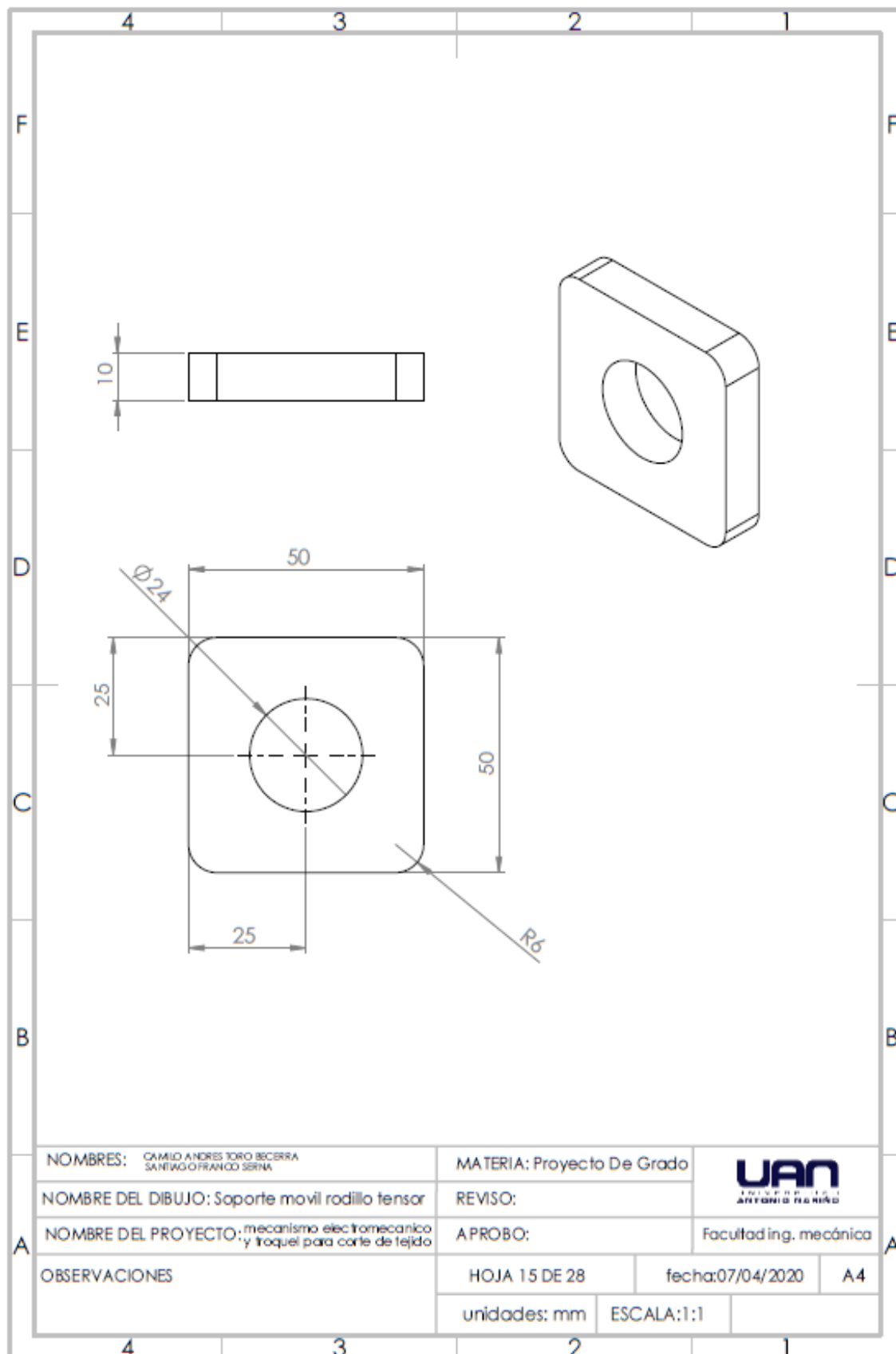
A4


unidades: mm

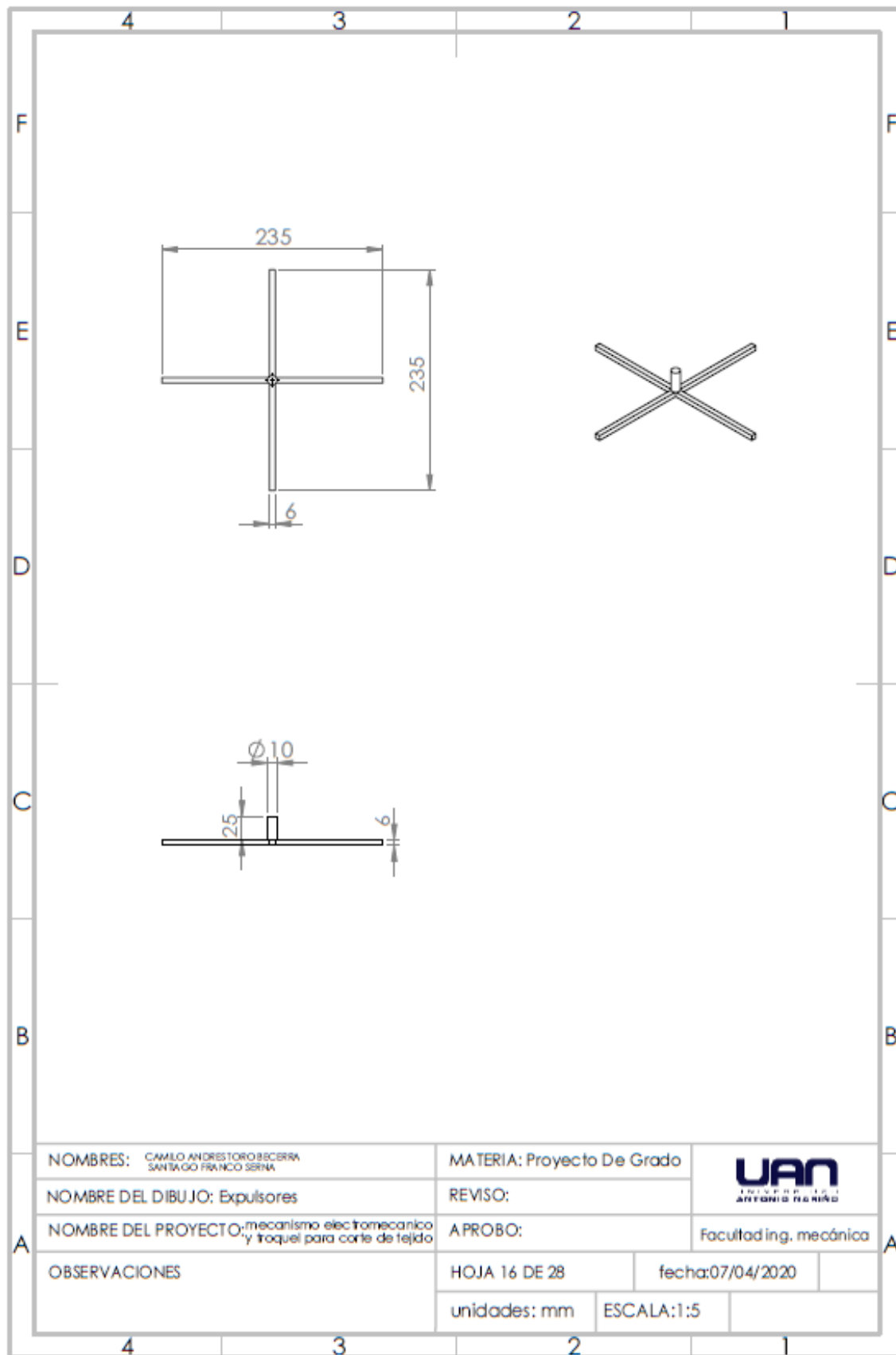
ESCALA:1:2



NOMBRES: CAMILO ANDRESTORO BECERRA SANTIAGO FRANCO SERNA		MATERIA: Proyecto De Grado		UAN UNIVERSIDAD ANTONIO RIVERO
NOMBRE DEL DIBUJO: Soporte rodillos tensores		REVISO:		
NOMBRE DEL PROYECTO mecanismo electromecánico y troquel para corte de tejido		APROBO:		Facultad Ing. mecánica
OBSERVACIONES	HOJA 14 DE 28		fecha: 07/04/2020	A4
	unidades: mm		ESCALA: 1:2	



NOMBRES: CAMILO ANDRÉS TORO BECERRA SANTIAGO FRANCO SERNA		MATERIA: Proyecto De Grado		 UAN <small>UNIVERSIDAD NACIONAL</small> ANTONIO RIVERA
NOMBRE DEL DIBUJO: Soporte móvil rodillo tensor		REVISO:		
NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico y troquel para corte de tejido		APROBO:		Facultad Ing. mecánica
OBSERVACIONES	HOJA 15 DE 28		fecha: 07/04/2020	A4
	unidades: mm		ESCALA: 1:1	



NOMBRES: CAMILO ANDRESTORO BECERRA
SANTIAGO FRANCO SERNA

MATERIA: Proyecto De Grado



NOMBRE DEL DIBUJO: Expulsores

REVISO:

NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico y troquel para corte de tejido

APROBO:

Facultad ing. mecánica

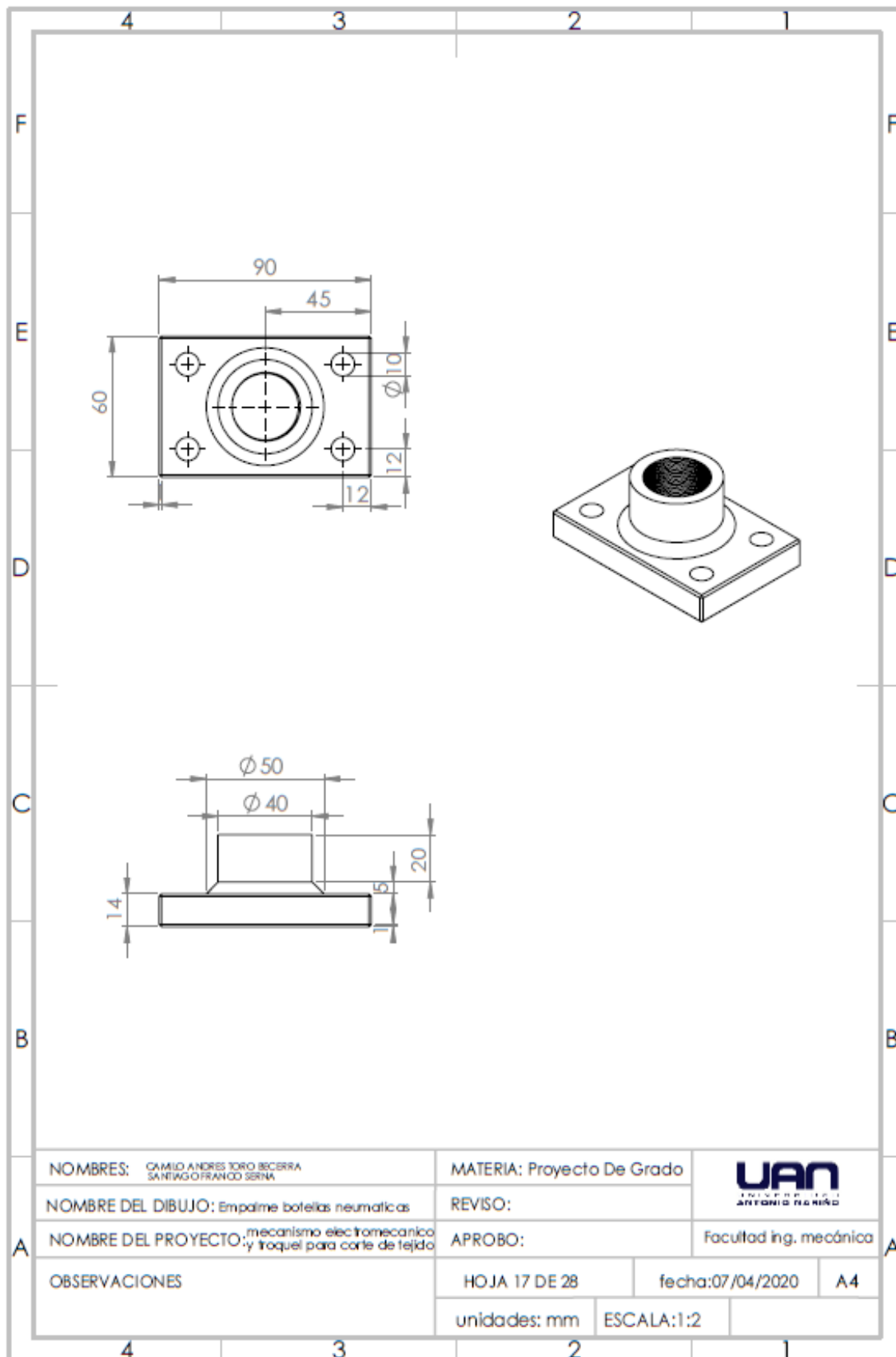
OBSERVACIONES

HOJA 16 DE 28

fecha:07/04/2020

unidades: mm

ESCALA:1:5



NOMBRES: CAMILO ANDRÉS TORO BECERRA
SANTIAGO FRANCO SERINA

MATERIA: Proyecto De Grado



NOMBRE DEL DIBUJO: Empalme botellas neumaticas

REVISO:

NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecanico
y troquel para corte de tejido

APROBO:

Facultad Ing. mecánica

OBSERVACIONES

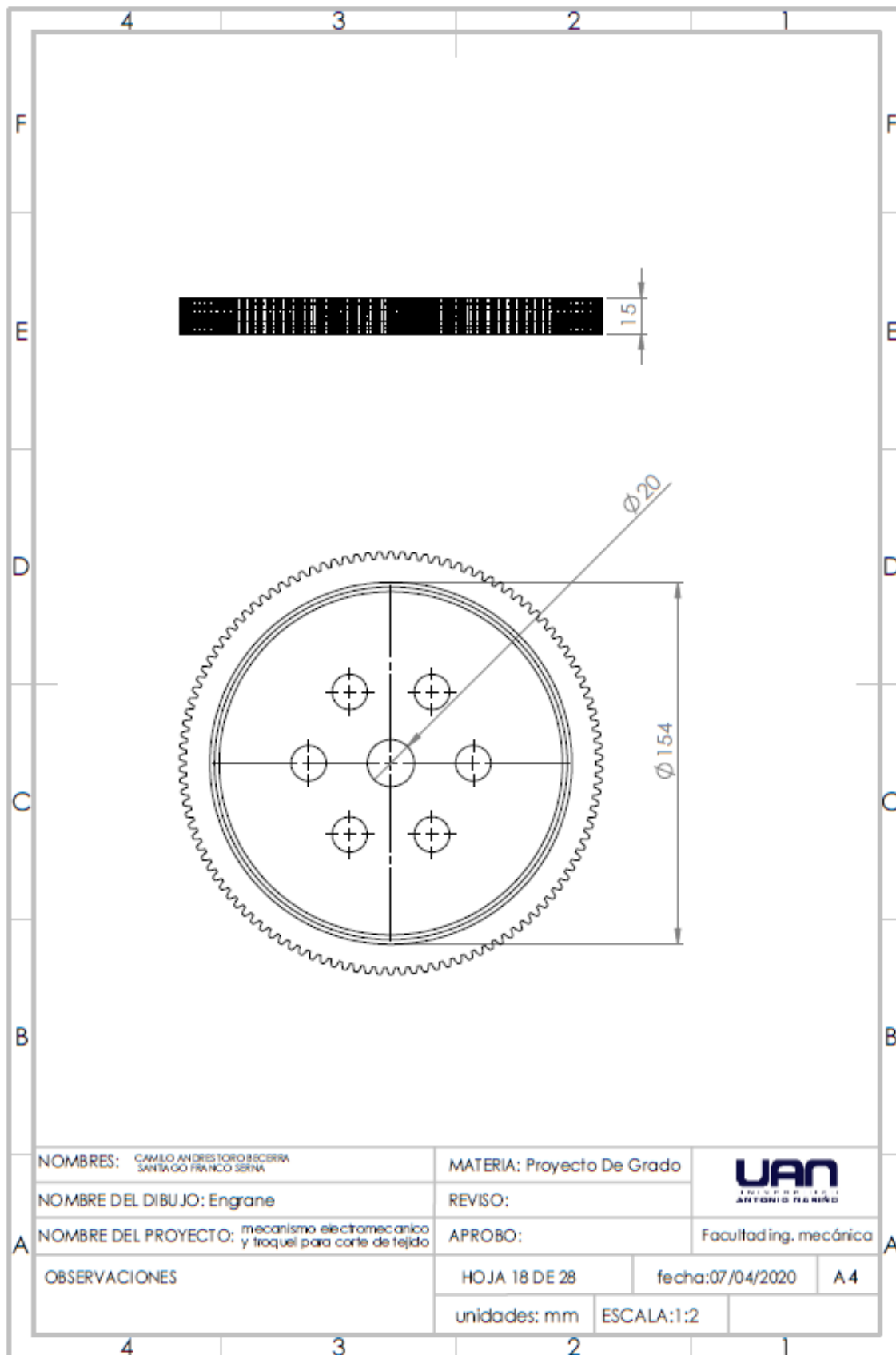
HOJA 17 DE 28


fecha:07/04/2020

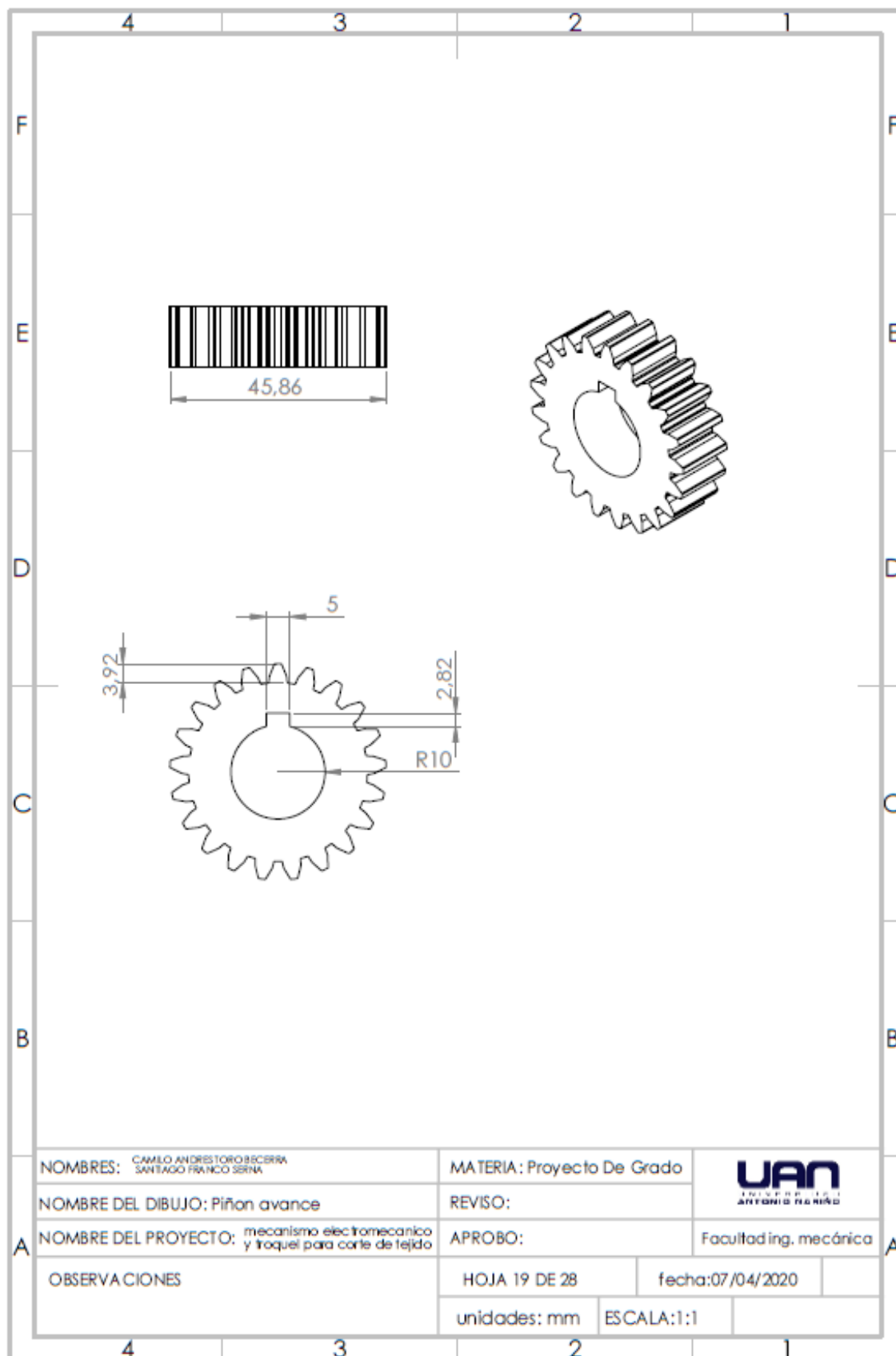
A4

unidades: mm

ESCALA:1:2



A	NOMBRES: CAMILO ANDRESTORO BESCERRA SANTIAGO FRANCO SERNA		MATERIA: Proyecto De Grado	 UAN <small>UNIVERSIDAD ANTONIO RIVERA</small>
	NOMBRE DEL DIBUJO: Engrane		REVISO:	
	NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico y troquel para corte de tejido		APROBO:	Facultad ing. mecánica
	OBSERVACIONES		HOJA 18 DE 28	fecha: 07/04/2020
		unidades: mm	ESCALA: 1:2	



NOMBRES: CAMILO ANDRESTORO BESCERRA
SANTAGO FRANCO SERNA

NOMBRE DEL DIBUJO: Piñon avance

NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico
y troquel para corte de tejido

MATERIA: Proyecto De Grado

REVISO:

APROBO:



Facultad ing. mecánica

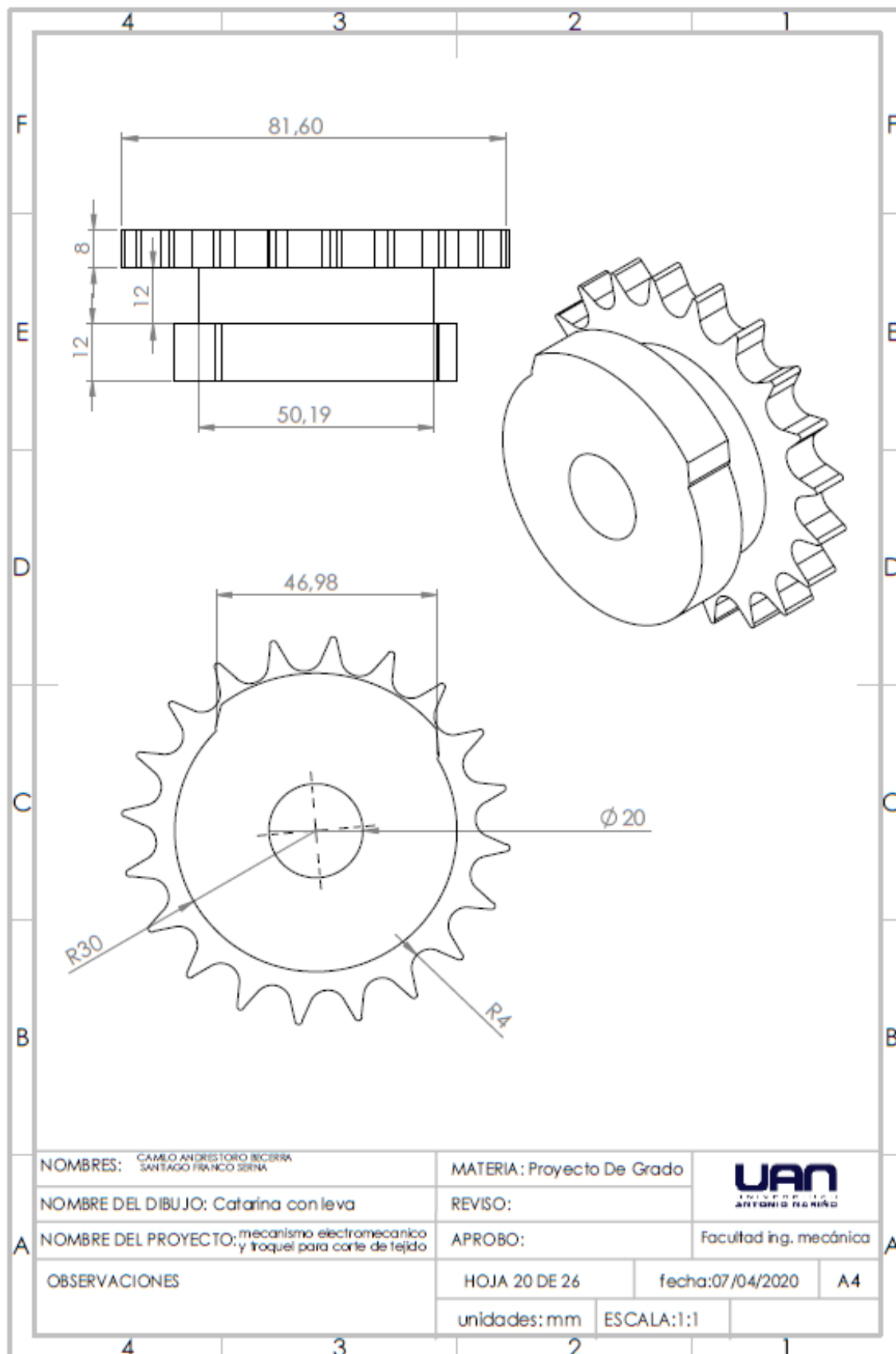
OBSERVACIONES

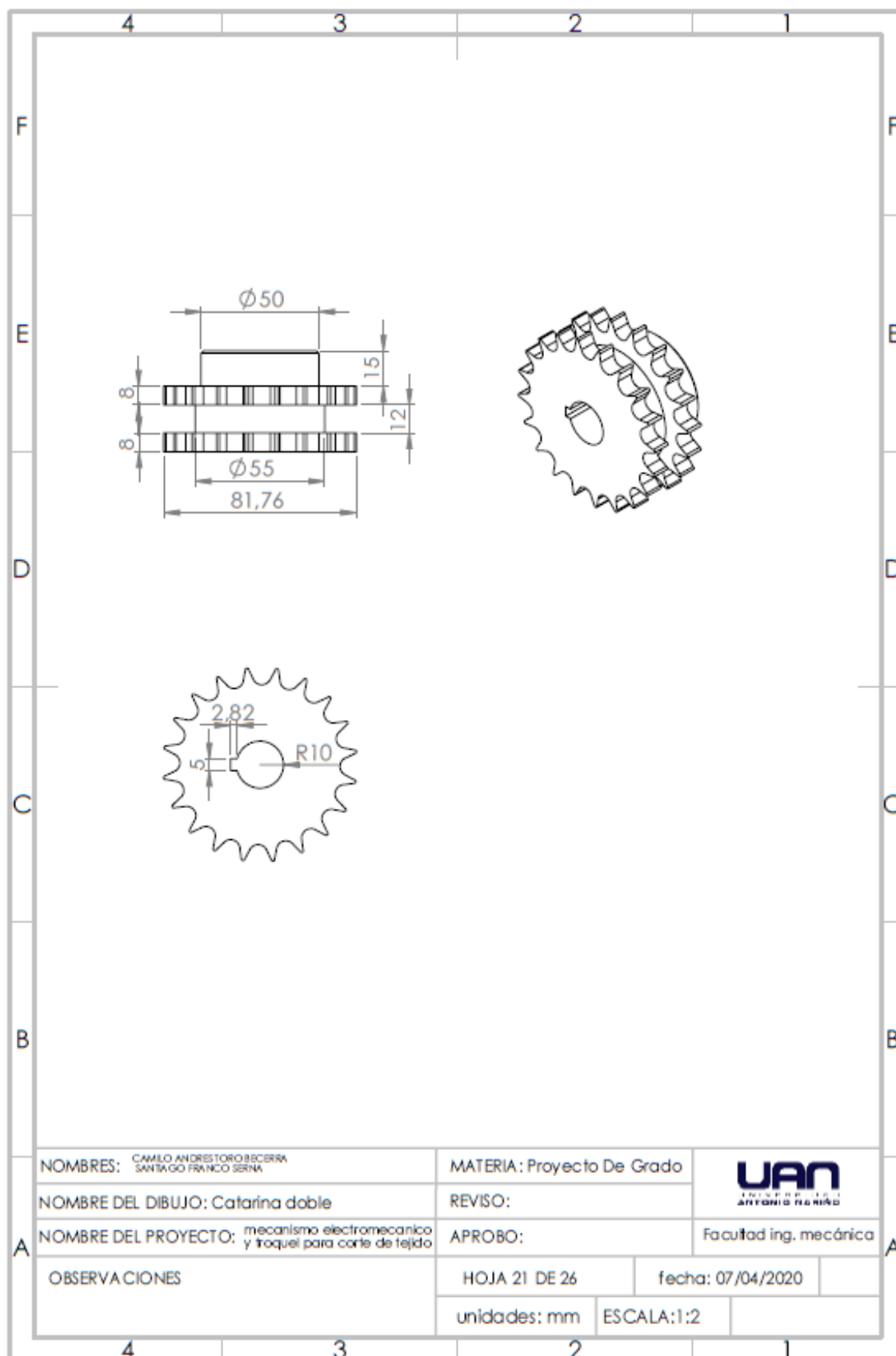
HOJA 19 DE 28

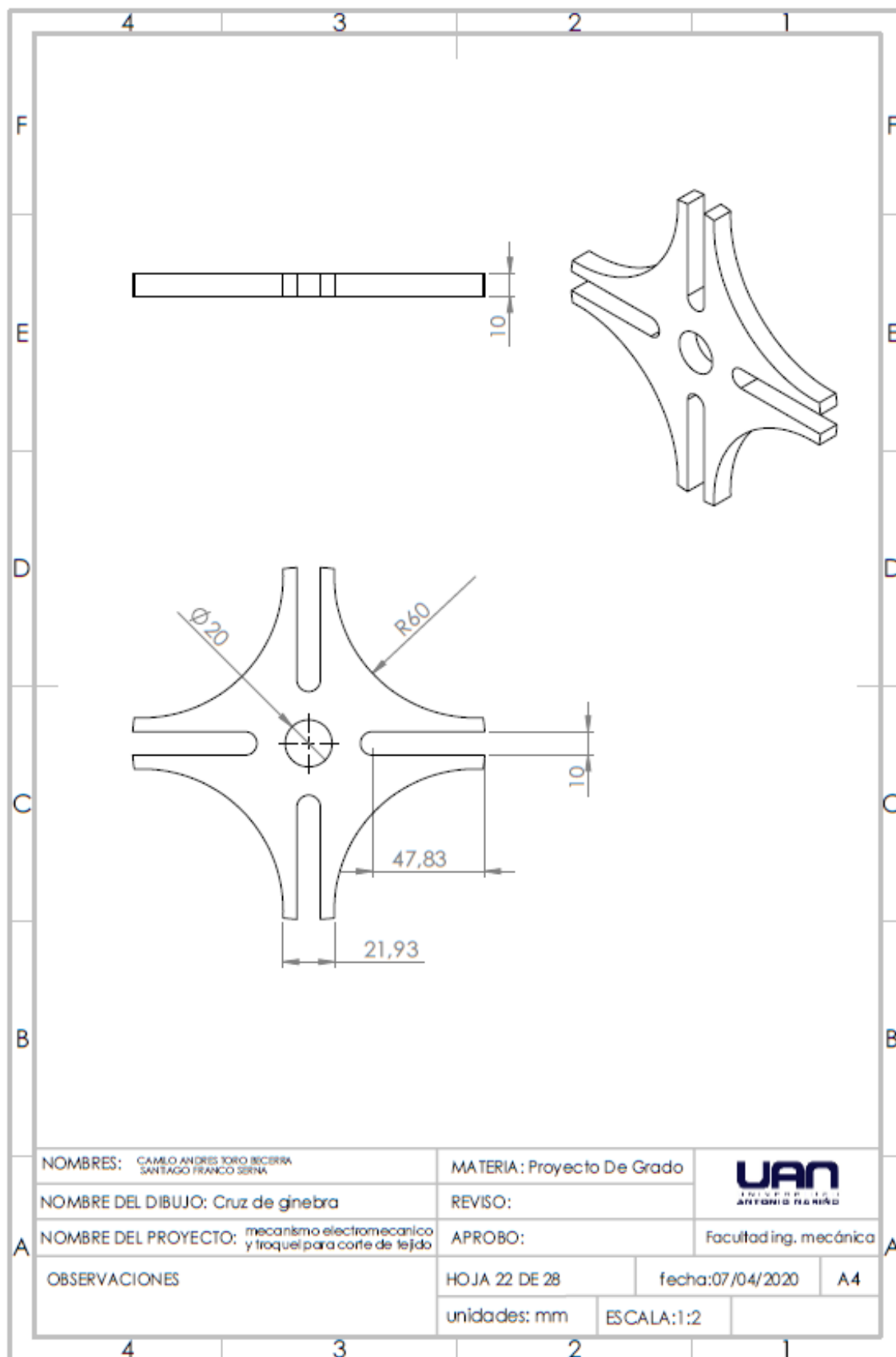
fecha:07/04/2020

unidades: mm

ESCALA:1:1







NOMBRES: CAMILO ANDRÉS TORO BICERRA
SANTIAGO FRANCO SERNA

MATERIA: Proyecto De Grado



NOMBRE DEL DIBUJO: Cruz de ginebra

REVISO:

NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico
y troquel para corte de tejido

APROBO:

Facultad ing. mecánica

OBSERVACIONES

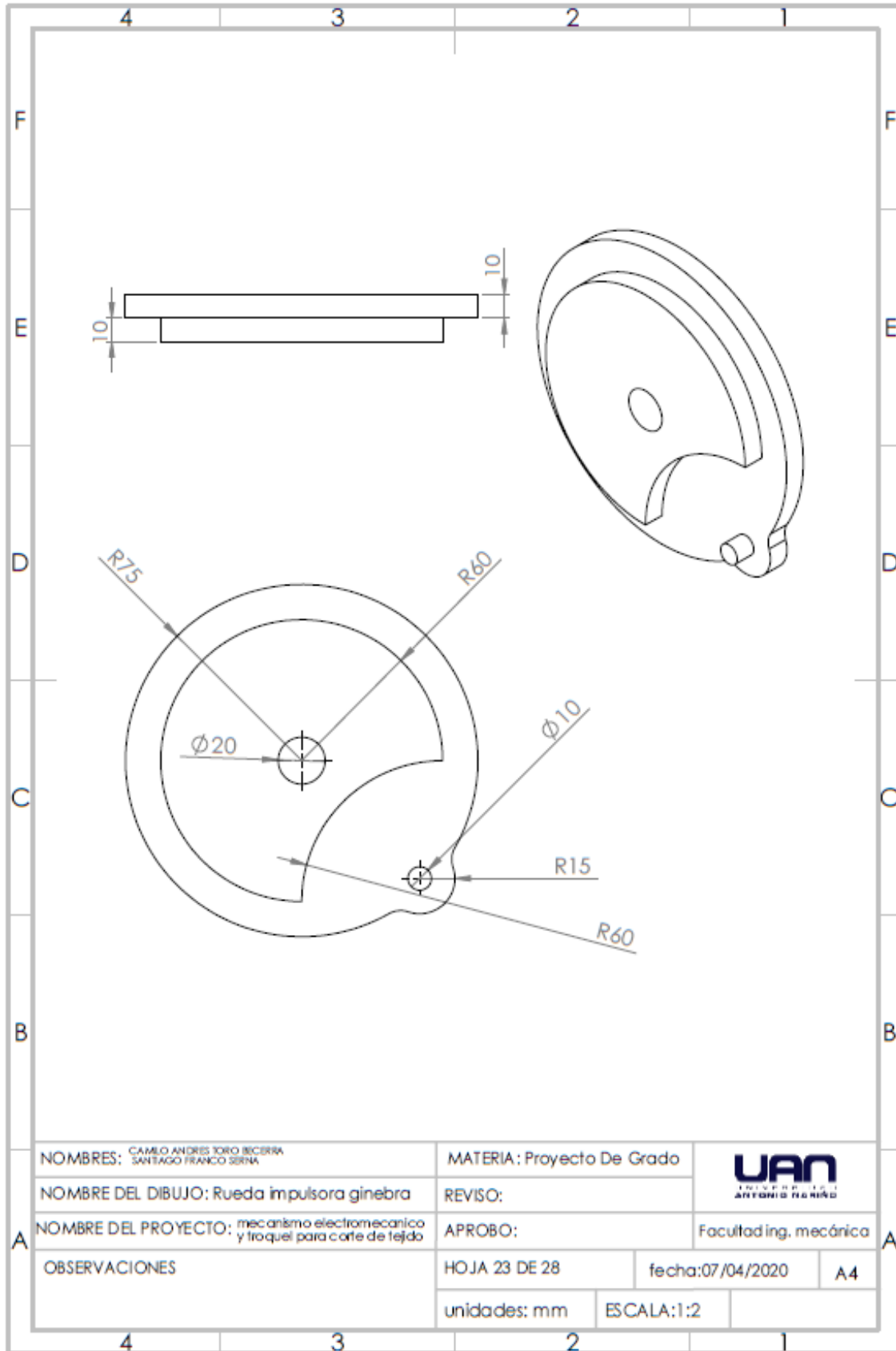
HOJA 22 DE 28

fecha:07/04/2020

A4

unidades: mm

ESCALA:1:2



NOMBRES: CAMILO ANDRÉS TORO BECERRA
SANTIAGO FRANCO SERNA

MATERIA: Proyecto De Grado



NOMBRE DEL DIBUJO: Rueda impulsora ginebra

REVISO:

NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico
y troquel para corte de tejido

APROBO:

Facultad Ing. mecánica

OBSERVACIONES

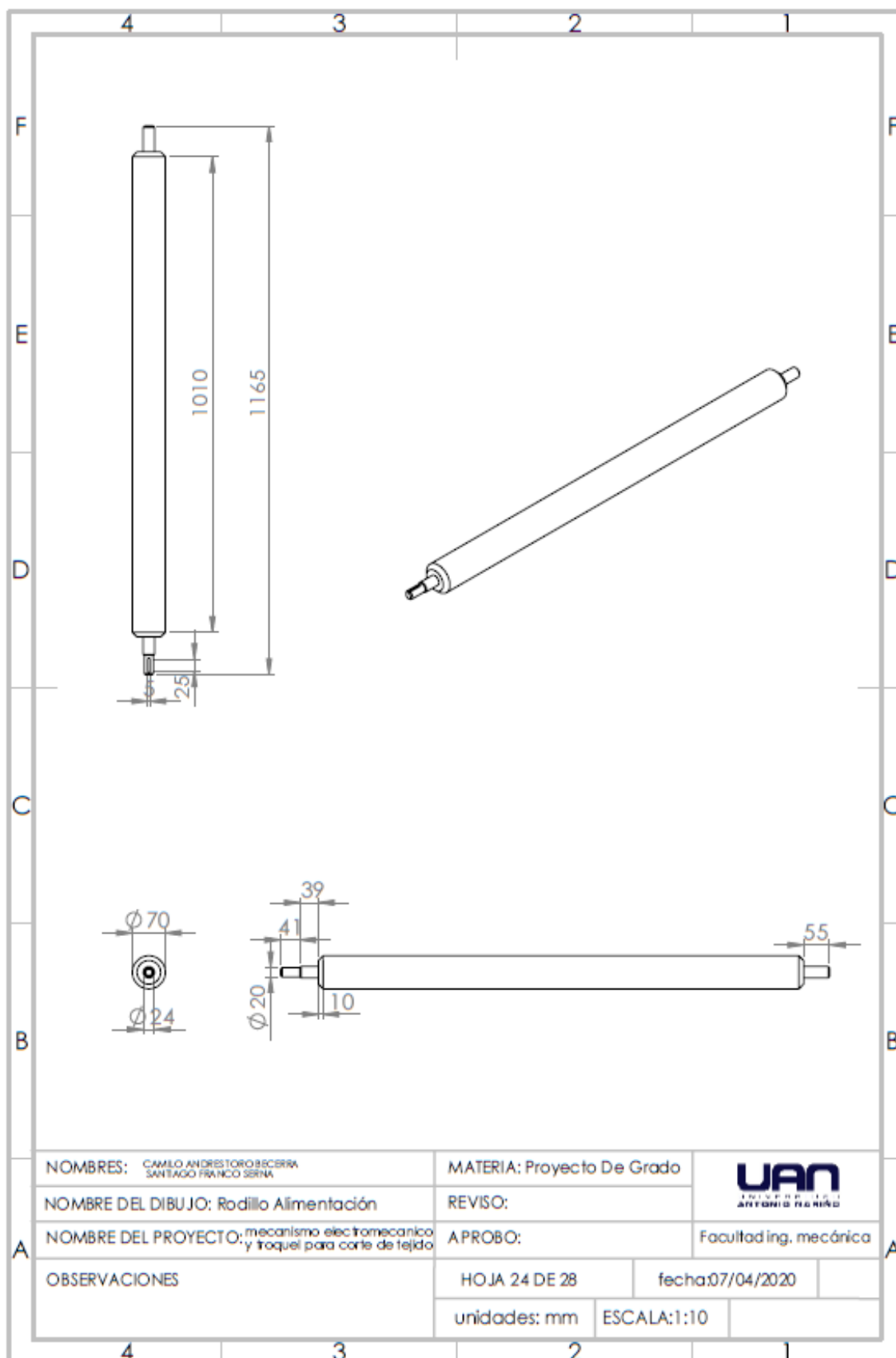
HOJA 23 DE 28

fecha: 07/04/2020

A4

unidades: mm

ESCALA: 1:2



NOMBRES: CAMILO ANDRESTO ROBECERRA
SANTIAGO FRANCO SERNA

MATERIA: Proyecto De Grado



NOMBRE DEL DIBUJO: Rodillo Alimentación

REVISO:

NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico y troquel para corte de tejido

APROBO:

Facultad Ing. mecánica

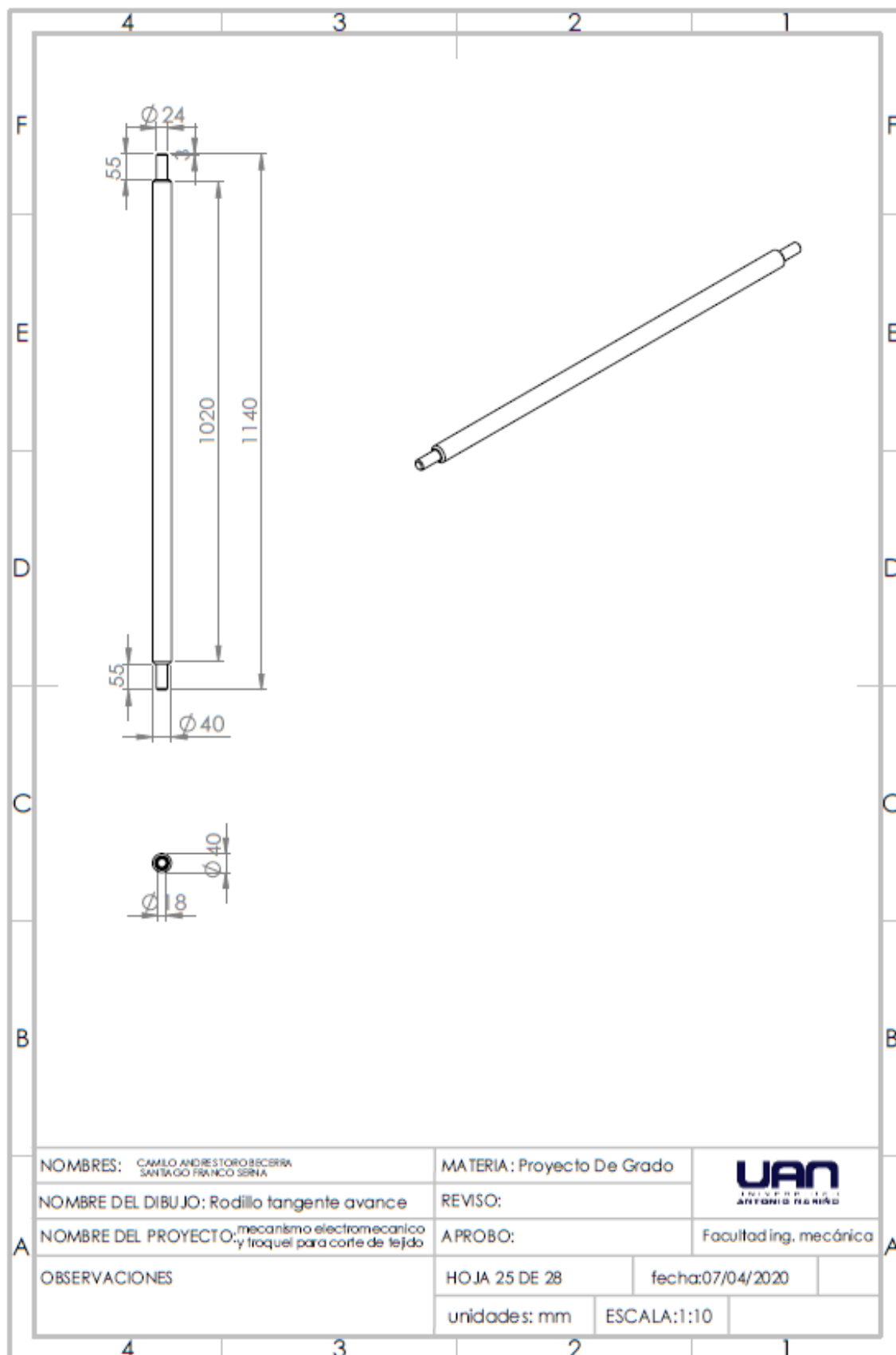
OBSERVACIONES


HOJA 24 DE 28

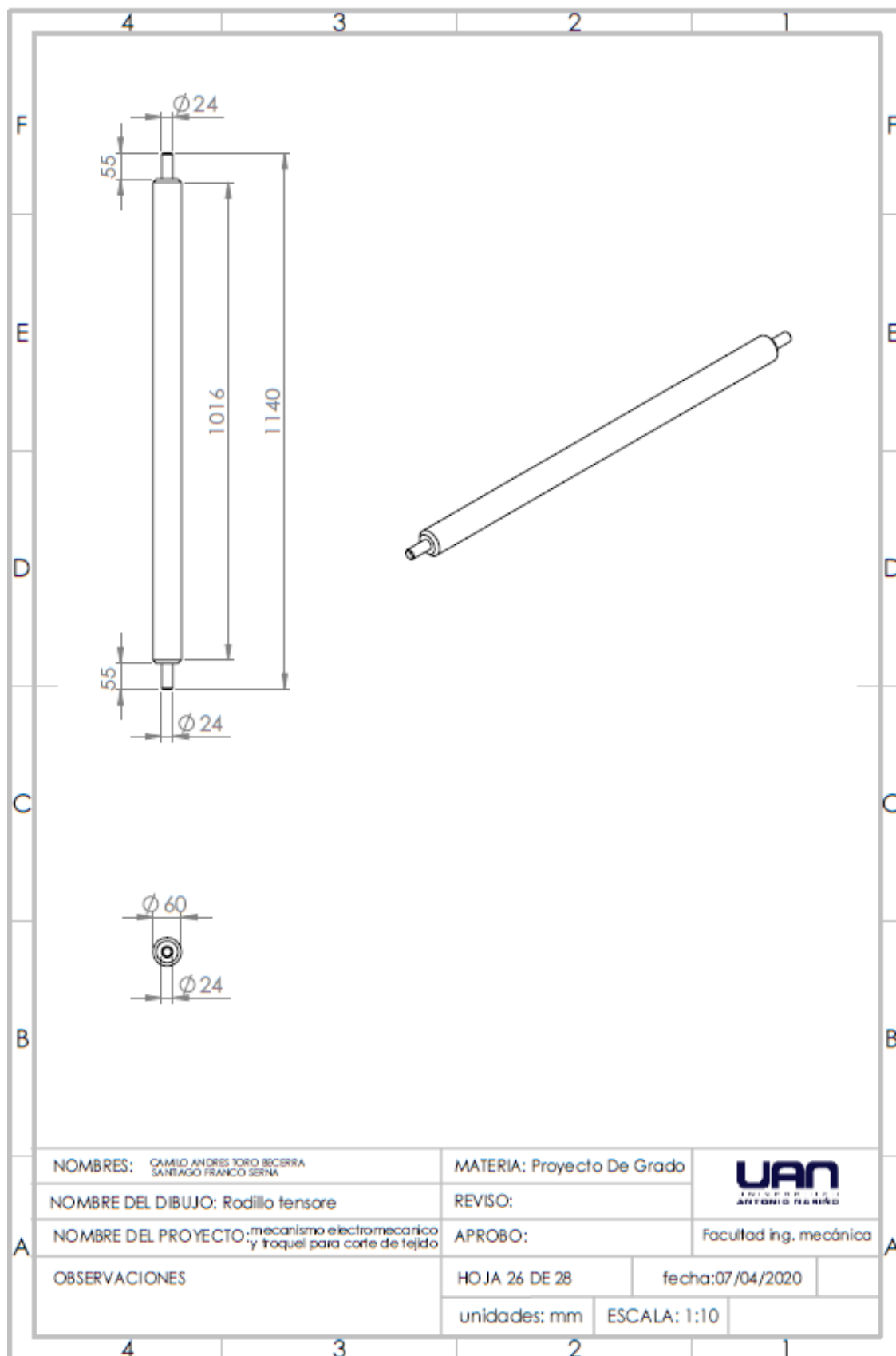
fecha: 07/04/2020


unidades: mm

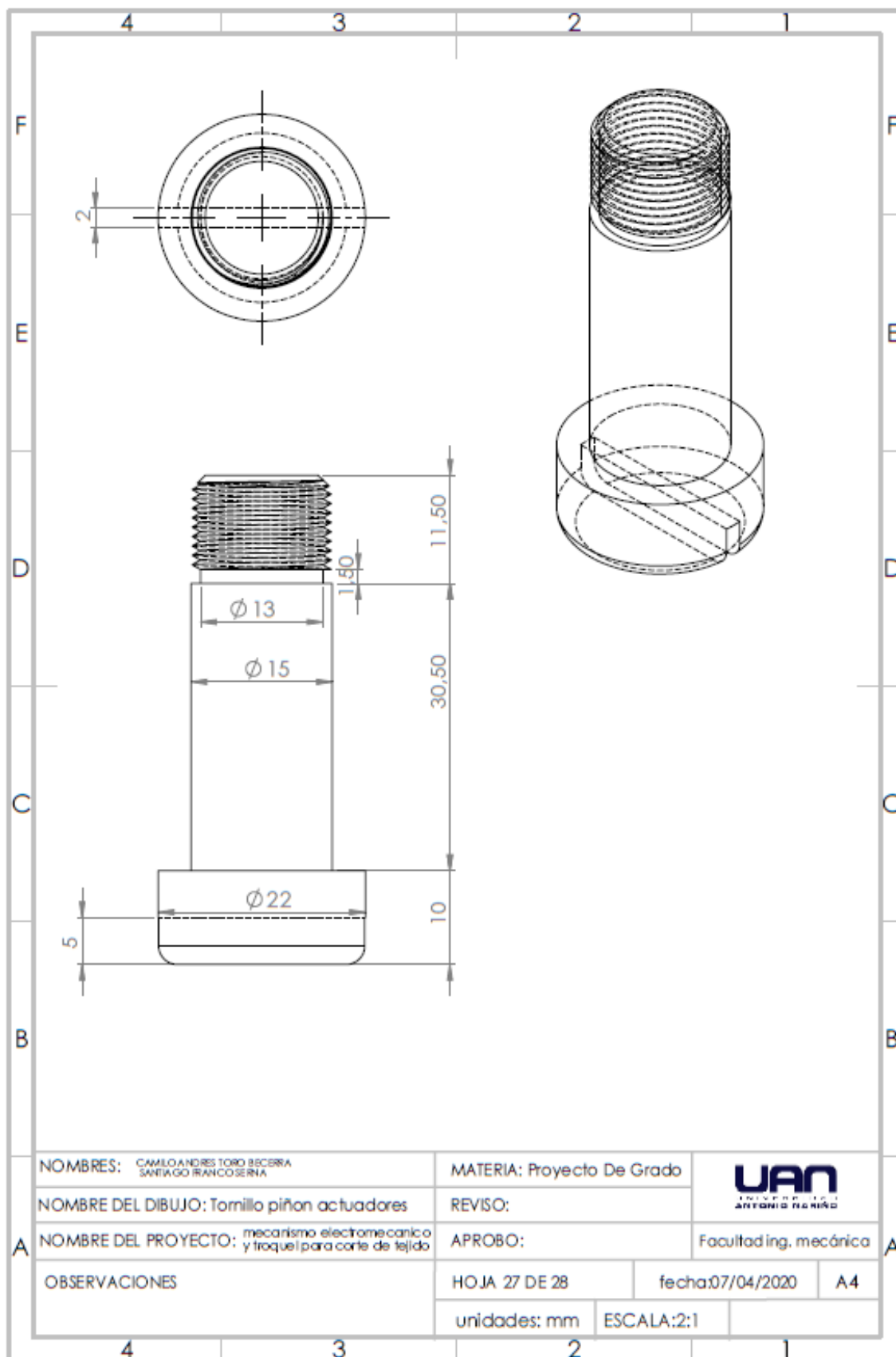
ESCALA: 1:10



A	NOMBRES: CAMILO ANDRÉS TORO ESCOBRA SANTIAGO FRANCO SERNA	MATERIA: Proyecto De Grado	 UAN <small>UNIVERSIDAD NACIONAL</small> <small>ANTONIO RIVERA</small>
	NOMBRE DEL DIBUJO: Rodillo tangente avance	REVISO:	
	NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico y troquel para corte de tejido	A PROBO:	Facultad Ing. mecánica
	OBSERVACIONES	HOJA 25 DE 28	fecha: 07/04/2020
	unidades: mm	ESCALA: 1:10	



A	NOMBRES: CAMILO ANDRÉS TORO BECERRA SANTIAGO FRANCO SERNA	MATERIA: Proyecto De Grado	 UAN <small>UNIVERSIDAD NACIONAL</small> <small>ANTONIO RIVERO</small>
	NOMBRE DEL DIBUJO: Rodillo fensore	REVISO:	
	NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico y troquel para corte de tejido	APROBO:	Facultad Ing. mecánica
	OBSERVACIONES	HOJA 26 DE 28	fecha: 07/04/2020
	unidades: mm	ESCALA: 1:10	



NOMBRES: CAMILO ANDRÉS TORO BECERRA
SANTIAGO IRANCO SERNA

MATERIA: Proyecto De Grado



NOMBRE DEL DIBUJO: Tornillo piñón actuadores

REVISO:

NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico y troquel para corte de tejido

APROBO:

Facultad Ing. mecánica

OBSERVACIONES

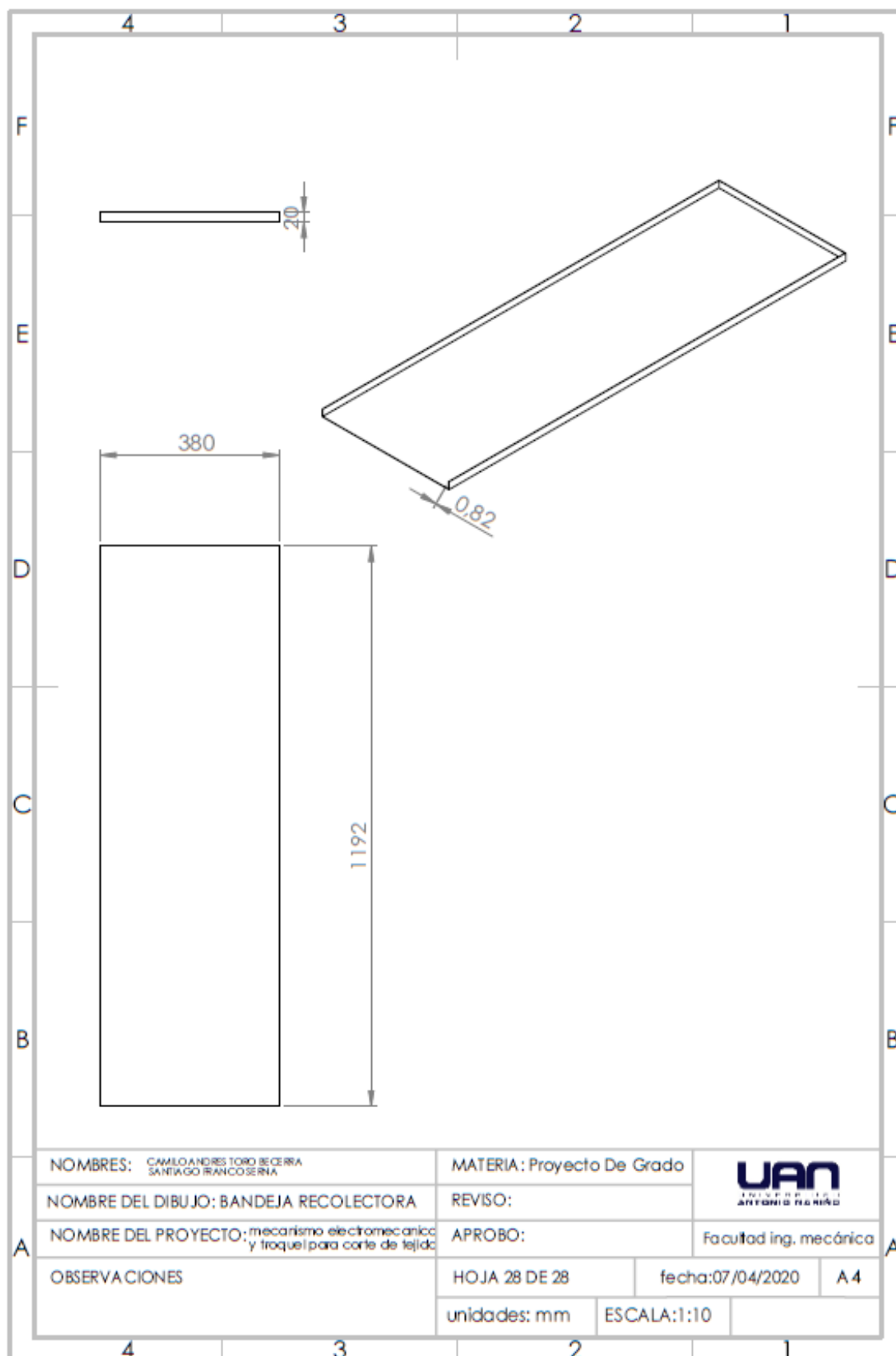
HOJA 27 DE 28

fecha: 07/04/2020

A4

unidades: mm

ESCALA: 2:1



NOMBRES: CAMILO ANDRÉS TORO BECERRA
SANTIAGO FRANCO SERNA

MATERIA: Proyecto De Grado



NOMBRE DEL DIBUJO: BANDEJA RECOLECTORA

REVISO:

NOMBRE DEL PROYECTO: mecanismo electromecánico
y troquel para corte de tejido

APROBO:

Facultad Ing. mecánica

OBSERVACIONES

HOJA 28 DE 28

fecha: 07/04/2020

A 4

unidades: mm

ESCALA: 1:10

Lista de referencias

- Alvares, G. (s.f.). *MÉTODO DE LOS FACTORES PONDERADOS*. Obtenido de https://campusvirtual.ull.es/ocw/pluginfile.php/5075/mod_resource/content/1/Problemas/Met-Local-Ponderado-ejemplo.pdf
- ascam. (1 de octubre de 2007). *tolerancias de corte* . Obtenido de <http://ascammtraining.blogspot.com/2007/10/tolerancias-de-corte.html>
- Auomotive. (2012). *progressive stamping car*. Obtenido de <http://image.made-in-china.com/45f3j00ktTaNGiEFQcb/Automotive-DieProgressive-Die-for-Stamping-Auto-Parts-Used-in-Well-Known-Car.jpg>
- Blogspot. (2008). *Troquel* . Obtenido de <http://3.bp.blogspot.com/-v0yssQoxOY4/UUTKEhgaQFI/AAAAAAAAADg/FRyhHJiFgkQ/s1600/Imagen5.png>
- Bohler. (2016). *k100*. Obtenido de <http://www.bohlerandina.com/es/K100.php>
- Bohler. (2016). *k353*. Obtenido de <http://www.bohlerandina.com/es/K353.php>
- Bohler. (2016). *k890*. Obtenido de <http://www.bohlerandina.com/es/K890.php>
- Böhler. (2020). *Voestalpine*. Obtenido de K100 : <https://www.bohler-edelstahl.com/en/products/k100/>
- Böhler. (2020). *Voestalpine*. Obtenido de K353: <https://www.bohler-edelstahl.com/en/products/k353/>
- Böhler. (2020). *Voestalpine*. Obtenido de K890 Microclean: <https://www.bohler-edelstahl.com/en/products/k890/>
- DANE, E. (2017). *Encuentas anual manufacturera*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones>.
- Entaban Suministros Industriales*. (2020). Obtenido de Tornillo allen: <https://entaban.es/allen/2192-tornillo-allen-din-7984-cabeza-baja.html>
- ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA. (2007). *Plásticos Protocolo*. Bogotá, Colombia.
- FLOBA Automation Specialists. (2012). *Definicion de automatización*. Obtenido de <http://flobaautomation.blogspot.com/2012/02/definicion-de-automatizacion.html>
- Good Fellow. (2009). *Polietileno - Alta Densidad* . Obtenido de Informe sobre el Material: <http://www.goodfellow.com/S/Polietileno-Alta-Densidad.html>
- GoodFellow. (2008). *Prolipropileno*. Obtenido de Información Sobre el Material: <http://www.goodfellow.com/S/Polipropileno.html>
- Holmatro. (2014). Obtenido de <https://www.holmatro.com/es/industrial/herramientas>
- Homecenter. (2020). *Perfiles*. Obtenido de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/category/cat10574/Perfiles>
- Homecenter. (2020). *Tuberia Cuadrada*. Obtenido de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/category/cat1690132/tuberia-cuadrada/>
- Homecenter. (2020). *Tube Redondo*. Obtenido de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/86540/Tube-cerramiento-negro-1-1-2pg-x-1.9mm-x-6m/86540>
- INTEREMPRESAS. (2010). *metalmecanica*. Obtenido de <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/12110-Tecnologias-de-corte-de-chapa.html>

- INTEREMPRESAS. (2016). *Troqueles para prensas*. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Ferreteria/FeriaVirtual/Producto-Troqueles-para-prensas-Tecnoutiles-165125.html>
- ISTAS. (s.f.). *Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud*. Obtenido de Métodos de evaluación de alternativas: <https://istas.net/istas/riesgo-quimico/alternativas/metodos-de-evaluacion-de-alternativas>
- JJM PRODUCTOS. (2019). *Resistencias*. Obtenido de <http://productosjjm.com/resistencias-electricas/>
- JOM . (2016). *Metal Stamping Services*. Obtenido de TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL ¿CUÁL ES EL MÁS INDICADO?: <https://www.jom.es/tipos-automatizacion-industrial-mas-indicado/>
- Lets Go Shopping*. (2017). Obtenido de <http://www.centroveterinariocuarte.es/tamices-para-reposter%C3%ADa-rfg-27/basage-colador-de-aceite-de-malla-fina-de-acero-inoxidable-tamiz-de-harina-de-oro-colador-de-tamiz-harina-filtro-de-malla-de-cafeacutec-herramientas-para-hornear-utensilios-de-cocina>
- Mariano. (2011). *Tecnología de los Plásticos*. Obtenido de Mecanizado de plásticos: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/mecanizado-de-plasticos.html>
- Marvin, J. (25 de abril de 2017). *Tipos de troqueles*. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Ferreteria/FeriaVirtual/Producto-Troqueles-para-prensas-Tecnoutiles-165125.html>
- Mena, P. (2015). Diseño y simulación de una troqueladora semiautomática para corte de cuero de res de una capacidad de cinco toneladas. Quito, Ecuador .
- METALMIND. (17 de agosto de 2017). *ABC del troquelado*. Obtenido de <http://www.metalmind.com.co/ABC-del-troquelado>
- monterrey, I. t. (6 de septiembre de 2003). *Automatización* . Obtenido de <http://sifunpro.tripod.com/automatizacion.htm/>
- Mott, R. L. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas. En R. L. Mott, *Diseño de Elementos de Máquinas* (págs. 33 -35). México: Pearson.
- Mott, Robert L. (2006). Diseño de elementos de maquinas. En R. L. Mott, *Diseño de elementos de maquinas* (pág. 607). Mexico: Pearson.
- Muñoz, J. (05 de 22 de 2010). *Matriz de corte*. Obtenido de <http://www.scribd.com/doc/31789225/Informacion-Tecnologica-Matrices-deCorte-Definicion-y-Nomenclatura>
- Procesos de corte y conformado*. (s.f.). Obtenido de Troqueles simples, compuestos y progresivos.: https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/DPMCM/DPMCM03/es_PPFM_DPMCM03_Co ntenidos/website_27_troqueles_simples_compuestos_y_progresivos.html
- PTFE, P. (12 de febrero de 2014). *lamina teflon*. Obtenido de https://www.google.com/search?q=placa+de+teflon&sxsrf=ALeKk00cPs1-9kimW7TT_TQkRQs_uHIxnQ:1585440602480&tbm
- Ramirez, V. (16 de julio de 2018). *Troquel progresivo*. Obtenido de <http://vic1210.blogspot.com/2016/07/troquel-semiprogresivo-explosivo.html>

- Resistencias TOPE SA.* (2014). Obtenido de Resistencias Abrazaderas:
<https://www.resistenciastope.com/es/20-resistencias-tipo-abrazaderas/28-resistencias-abrazaderas/>
- RS. (2020). *Cilindro Neumático.* Obtenido de <https://es.rs-online.com/web/p/cilindros-perfil-neumaticos/1215287/>
- RS. (2020). *Componentes.* Obtenido de https://www.google.com/search?q=parker+pneumatic+valve&tbm=isch&ved=2ahUKEwjgw8_nu8DoAhUSgVMKHVLEB2gQ2-cCegQIABAA&oq=parker+pneumatic+&gs_lcp
- SEAS. (11 de febrero de 2015). *cilindros neumaticos.* Obtenido de https://www.google.com/search?q=cilindros+neumaticos&sxsrf=ALeKk02QRk3NnYcGwo-2_S8BjJG0fWICUA:1585268322491&tbm
- Selección de transmisión por bandas.* (2016). Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1802/2016-Anexo%205-Seleccion%20de%20transmision%20por%20bandas%20intermec.pdf?sequence=14&isAllowed=y>
- Silverado, I. (2009). *Metodología para el diseño.* Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/1313/1/TME00449.pdf>
- slideplayer. (2014). *Operaciones de corte y doblado.* Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/1078166/>
- Smith, W. F. (2006). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de Materiales*, Cuarta Edición. McGraw-Hill.
- Soldadores. (2003). *mecanica.* Obtenido de <https://mecanica-usach.mine.nu/media/uploads/L07Soldadura.pdf>
- Tamayo, J. C. (2015). *Automatización de una troqueladora y diseño de un troquel para arandelas de Cobre.* Riobamba, Ecuador . Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4484/1/15T00593.pdf>
- Troqueles Berbés S.A. (20 de Enero de 2014). *Troqueles Berbés S.A.* Obtenido de Qué es una Troqueladora: <http://www.troquelesberbes.com/blog/85-que-es-una-troqueladora.html>
- Ventura, J. (2017). *Tipos de Troqueles.* Obtenido de <https://www.slideshare.net/jesusmarvinventuradeA/tipos-de-troque>
- Wikimedia. (2011). *operaciones de troquel.* Obtenido de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2d/Operaciones_troquelado.JPG/420px-Operaciones_troquelado.JPG