



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**  
**CARRERA DE MECATRÓNICA**

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE FRESADORA PORTÁTIL  
PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: Alex Marco Bermeo Molina  
Mathias Sebastian Oviedo Delvalle  
TUTOR: José Alexander Zambrano García

Guayaquil - Ecuador  
2024-2025

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Alex Marco Bermeo Molina** con documento de identificación N° **0925707325** y **Mathias Sebastian Oviedo Delvalle** con documento de identificación N° **0950761288**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 12 de febrero del año 2025

Atentamente,



---

Alex Marco Bermeo Molina  
0925707325



---

Mathias Sebastian Oviedo Delvalle  
0950761288

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Alex Marco Bermeo Molina** con documento de identificación N° **0925707325** y **Mathias Sebastian Oviedo Delvalle** con documento de identificación N° **0950761288**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE FRESADORA PORTÁTIL PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 12 de febrero del año 2025

Atentamente,



---

Alex Marco Bermeo Molina  
0925707325



---

Mathias Sebastian Oviedo Delvalle  
0950761288

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **José Alexander Zambrano García**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE FRESADORA PORTÁTIL PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO**, realizado por **Alex Marco Bermeo Molina** con documento de identificación N° **0925707325** y por **Mathias Sebastian Oviedo Delvalle** con documento de identificación N° **0950761288**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 12 de febrero del año 2025

Atentamente,



---

Ing. José Alexander Zambrano García, Mgtr.  
0703175521

## DEDICATORIA

Agradezco estar donde estoy ahora, pensando en que me deparara el futuro no solo pensando en mí si no también en mi familia y en todo el recorrido por lo que hemos pasado y vivido, pero hay que mirar adelante y agradecer que al menos sigo vivo y que debo luchar por lo que quiero y por lo que lograre, gracias.

**Mathias Sebastian Oviedo Delvalle**

Mi trabajo de titulación se lo dedico a mis hermosos padres, Marco Bermeo y Nancy Molina, quienes han sido las personas que me han motivado en mi vida para siempre seguir adelante, sin importar las circunstancias, siempre están para mí en cada momento, todo este gran trabajo se los dedico a ellos, por acompañarme siempre en cada momento de mi vida, gracias por siempre apoyarme y nunca dejar que me rinda, y sobretodo por siempre creer en mí, prometo que nunca los voy a decepcionar y siempre seré una persona de bien y trabajadora.

Quiero dedicar mi gran trabajo también a mi Padre celestial, gracias por iluminarme siempre y darme la sabiduría para tomar las mejores decisiones, gracias también a mi novia por acompañarme en este gran momento, por darme su paciencia y motivación.

**Alex Marco Bermeo Molina**

## AGRADECIMIENTO

Le dedico a mi padre, a mi hermana, y principalmente a mi madre que me financio casi toda la carrera y siempre me apoyo hasta en la últimas con la universidad.

**Mathias Sebastian Oviedo Delvalle**

Agradezco a todos mis docentes por haberme guiado por este gran camino y también por toda la paciencia que me han tenido, gracias a ellos he podido forjarme como un gran ingeniero.

Agradezco también a mi familia y mis amistades por ser parte de este gran camino y a mis amigos por todos los bellos recuerdos que he tenido en la universidad, agradezco también a mi amigo Erik Peñafiel, por ser un gran amigo y haberme dado muchos consejos para que mi tesis salga muy bien, gracias a mis padres nuevamente por darme la mano y siempre encontrar la forma de motivarme, también agradezco a mi novia Jenniffer González por estar a mi lado en esta gran etapa y apoyarme en cada momento.

**Alex Marco Bermeo Molina**

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un prototipo de fresadora portátil enfocada en la enseñanza de procesos de mecanizado para estudiantes de nivel técnico y universitario. El prototipo proporciona una plataforma de aprendizaje accesible para que los estudiantes comprendan el funcionamiento de las fresadoras.

El prototipo ha sido diseñado y fabricado en SolidWorks, con una estructura construida en polietileno de alta densidad (PE), lo que garantiza una estructura liviana y resistente. La fresadora mecanizará nylon, utilizando herramientas de corte de acero rápido (HSS) de 6 mm de diámetro, incluyendo tanto una fresa como una broca.

Para el accionamiento del husillo, se emplea un motor DC de 12V con un sistema de portabrocas y soporte, permitiendo el uso de diferentes herramientas de corte, la velocidad del motor se regula mediante un controlador electrónico y una fuente conmutada, lo que posibilita la variación de la velocidad de corte según los requerimientos del material y las condiciones de mecanizado.

Además, el sistema de avance es manual mediante una manivela, lo que facilita la interacción directa del estudiante con el proceso de fresado y mejora su comprensión sobre el control del mecanizado.

## ABSTRACT

The objective of this project is the development of a prototype of a portable milling machine focused on teaching machining processes for technical and university students. The prototype provides an accessible learning platform for students to understand how milling machines work.

The prototype has been designed and manufactured in SolidWorks, with a structure built in high-density polyethylene (PE), which guarantees a lightweight and resistant structure. The milling machine will machine nylon, using 6 mm diameter high-speed steel (HSS) cutting tools, including both a milling cutter and a drill bit.

For the drive of the spindle, a DC motor of 12V with a system of holder and support is used, allowing the use of different cutting tools, the motor speed is regulated by an electronic controller and a switched source, this makes it possible to vary the cutting speed according to material requirements and machining conditions.

In addition, the feed system is manual using a crank, which facilitates the student's direct interaction with the milling process and improves their understanding of machining control.

# ÍNDICE

|             |                                                                |           |
|-------------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I.</b>   | <b>Introducción</b>                                            | <b>1</b>  |
| <b>II.</b>  | <b>PROBLEMA</b>                                                | <b>2</b>  |
| <b>III.</b> | <b>Justificación</b>                                           | <b>2</b>  |
| <b>IV.</b>  | <b>OBJETIVOS</b>                                               | <b>4</b>  |
| IV-A.       | Objetivo general . . . . .                                     | 4         |
| IV-B.       | Objetivos específicos . . . . .                                | 4         |
| <b>V.</b>   | <b>MARCO TEÓRICO</b>                                           | <b>5</b>  |
| V-A.        | Enseñanza . . . . .                                            | 5         |
| V-B.        | Máquinas fresadoras . . . . .                                  | 5         |
| V-B1.       | Historia . . . . .                                             | 5         |
| V-B2.       | Definición . . . . .                                           | 6         |
| V-B3.       | Tipos . . . . .                                                | 7         |
| V-B4.       | Aplicaciones . . . . .                                         | 9         |
| V-B5.       | Normas de seguridad . . . . .                                  | 9         |
| V-B6.       | Medidas para prevenir riesgos . . . . .                        | 9         |
| V-C.        | Partes de la fresadora vertical . . . . .                      | 10        |
| V-D.        | Elemento de fijación . . . . .                                 | 11        |
| V-E.        | Movimientos . . . . .                                          | 12        |
| V-E1.       | Movimientos de la herramienta . . . . .                        | 12        |
| V-E2.       | Movimientos de la mesa . . . . .                               | 12        |
| V-E3.       | Movimiento relativo entre pieza y herramienta . . . . .        | 13        |
| V-F.        | Operaciones en una fresadora . . . . .                         | 13        |
| V-G.        | Teoría del corte . . . . .                                     | 14        |
| V-H.        | Motor DC . . . . .                                             | 15        |
| V-H1.       | Componentes . . . . .                                          | 15        |
| V-I.        | Fuente conmutada . . . . .                                     | 16        |
| V-I1.       | Tipos . . . . .                                                | 17        |
| V-J.        | Brocas . . . . .                                               | 17        |
| V-J1.       | Calidad de la herramienta . . . . .                            | 18        |
| V-K.        | Nylon . . . . .                                                | 19        |
| V-K1.       | Definición . . . . .                                           | 19        |
| V-K2.       | Características . . . . .                                      | 19        |
| V-K3.       | Ficha técnica del material . . . . .                           | 19        |
| <b>VI.</b>  | <b>MARCO METODOLÓGICO</b>                                      | <b>20</b> |
| VI-A.       | Fases . . . . .                                                | 20        |
| VI-B.       | Fase I. Investigación . . . . .                                | 20        |
| VI-C.       | Fase II. Selección del tipo de Fresadora . . . . .             | 25        |
| VI-D.       | Fase III. Selección de material para los componentes . . . . . | 26        |
| VI-E.       | Diseño de la forma de la Fresadora . . . . .                   | 26        |
| VI-E1.      | Parámetro de funcionamiento de Fresadora . . . . .             | 30        |
| VI-E2.      | Cálculo de Velocidades . . . . .                               | 30        |
| VI-F.       | Diseño de los tornillos de potencia . . . . .                  | 31        |
| VI-F1.      | Tornillo potencia mesa en 'X' y 'Y' . . . . .                  | 31        |
| VI-F2.      | Diseño de Tornillo de potencia en 'Z' . . . . .                | 34        |

|                 |                                                 |           |
|-----------------|-------------------------------------------------|-----------|
| VI-G.           | Análisis de la torre de la fresadora . . . . .  | 37        |
| VI-G1.          | Primer análisis . . . . .                       | 37        |
| VI-G2.          | Segundo análisis . . . . .                      | 40        |
| VI-G3.          | Tercer análisis . . . . .                       | 43        |
| VI-H.           | Selección de Rodamientos . . . . .              | 46        |
| VI-I.           | Sistema electrónico y eléctrico . . . . .       | 48        |
| VI-J.           | Fase IV. Construcción de la Fresadora . . . . . | 50        |
| VI-K.           | Primera Validación del Prototipo . . . . .      | 52        |
| VI-L.           | Segunda Validación del Prototipo . . . . .      | 53        |
| <b>VII.</b>     | <b>Resultados</b>                               | <b>54</b> |
| <b>VIII.</b>    | <b>CRONOGRAMA</b>                               | <b>58</b> |
| <b>IX.</b>      | <b>PRESUPUESTO</b>                              | <b>59</b> |
| <b>X.</b>       | <b>Conclusiones</b>                             | <b>60</b> |
| <b>XI.</b>      | <b>Recomendaciones</b>                          | <b>60</b> |
| <b>Anexo A:</b> | <b>GUIAS DE PRACTICAS</b>                       | <b>64</b> |
| <b>Anexo B:</b> | <b>Planos</b>                                   | <b>73</b> |
| <b>Anexo C:</b> | <b>Preguntas</b>                                | <b>92</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|     |                                                                                                            |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.  | Fresadora [28]. . . . .                                                                                    | 7  |
| 2.  | Fresadora de 3 ejes [29]. . . . .                                                                          | 8  |
| 3.  | Fresadora de 4 ejes [29]. . . . .                                                                          | 8  |
| 4.  | Fresadora de 5 ejes [29]. . . . .                                                                          | 8  |
| 5.  | Prensa de la máquina [34]. . . . .                                                                         | 11 |
| 6.  | Brida [35]. . . . .                                                                                        | 11 |
| 7.  | Gatos [33]. . . . .                                                                                        | 12 |
| 8.  | Calces [33]. . . . .                                                                                       | 12 |
| 9.  | Escuadra [33]. . . . .                                                                                     | 12 |
| 10. | Rotor [38]. . . . .                                                                                        | 16 |
| 11. | Estator [38]. . . . .                                                                                      | 16 |
| 12. | Punta de la broca [32]. . . . .                                                                            | 18 |
| 13. | Partes de la broca [32]. . . . .                                                                           | 18 |
| 14. | Nylon [40]. . . . .                                                                                        | 19 |
| 15. | Gráfica pregunta 1 . . . . .                                                                               | 21 |
| 16. | Gráfica pregunta 2 . . . . .                                                                               | 21 |
| 17. | Gráfica pregunta 3 . . . . .                                                                               | 22 |
| 18. | Gráfica pregunta 4 . . . . .                                                                               | 23 |
| 19. | Pregunta 5 . . . . .                                                                                       | 23 |
| 20. | Pregunta 6 . . . . .                                                                                       | 24 |
| 21. | Pregunta 7 . . . . .                                                                                       | 24 |
| 22. | Pregunta 8 . . . . .                                                                                       | 25 |
| 23. | Diseño de Forma de Fresadora . . . . .                                                                     | 27 |
| 24. | Explosionado de bancada, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .                                   | 28 |
| 25. | Explosionado de Torre, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .                                     | 29 |
| 26. | Tabla de Velocidad de Corte del Nylon 6. . . . .                                                           | 30 |
| 27. | Profundidades del material de Nylon. . . . .                                                               | 31 |
| 28. | Diseño de tornillo de potencia en 'X' y 'Y', por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .               | 31 |
| 29. | Tabla de coeficiente de fricción X. . . . .                                                                | 32 |
| 30. | Diseño de tornillo de potencia en 'Z', por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .                     | 34 |
| 31. | Tabla de coeficiente de fricción . . . . .                                                                 | 35 |
| 32. | Aplicación de la malla a la torre, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . .              | 37 |
| 33. | Fuerza resultante, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . .                              | 38 |
| 34. | Carga aplicada a torre, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . .                         | 38 |
| 35. | Tensión, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . .                                        | 39 |
| 36. | Desplazamiento, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . .                                 | 39 |
| 37. | Deformación, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . .                                    | 40 |
| 38. | Fuerza resultante, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . .                              | 41 |
| 39. | Carga aplicada a soporte con dirección inversa, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . . | 41 |
| 40. | Tensión, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . .                                        | 42 |
| 41. | Desplazamiento, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . .                                 | 42 |
| 42. | Deformación, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . .                                    | 43 |
| 43. | Fuerza resultante, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . .                              | 44 |
| 44. | Carga aplicada a soporte con dirección inversa, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . . | 44 |
| 45. | Tensión, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . .                                        | 45 |
| 46. | Desplazamiento, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . .                                 | 45 |
| 47. | Deformación, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation . . . . .                                    | 46 |
| 48. | Tabla de Factor de Aplicación . . . . .                                                                    | 47 |
| 49. | Tabla de Recomendaciones de vida de cojinetes . . . . .                                                    | 47 |

|     |                                                                                                     |    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 50. | Tabla de Especificaciones de Rodamiento 6301 . . . . .                                              | 48 |
| 51. | Componentes electronicos y eléctricos . . . . .                                                     | 48 |
| 52. | Esquema del Diseño electrónico, por M. Oviedo y A. Bermeo, Cade SIMU . . . . .                      | 49 |
| 53. | Luz piloto rojo, por M. Oviedo y A. Bermeo, Cade SIMU . . . . .                                     | 49 |
| 54. | Botonera de emergencia, por M. Oviedo y A. Bermeo, Cade SIMU . . . . .                              | 49 |
| 55. | Parte Frontal y Interna del Tablero . . . . .                                                       | 50 |
| 56. | Corte de placas para fabricación de estructura de fresadora. . . . .                                | 50 |
| 57. | Placas de la estructura de la fresadora . . . . .                                                   | 51 |
| 58. | Perforaciones para acoplamiento de ejes, rodamientos, tornillo sin fin . . . . .                    | 51 |
| 59. | Acoplamiento de ejes, rodamientos y tornillo sin fin . . . . .                                      | 52 |
| 60. | Pre - montaje completo del prototipo de fresadora . . . . .                                         | 52 |
| 61. | Primera Validación del Prototipo. . . . .                                                           | 53 |
| 62. | Segunda Validación del Prototipo . . . . .                                                          | 53 |
| 63. | Pregunta 1 . . . . .                                                                                | 55 |
| 64. | Pregunta 2 . . . . .                                                                                | 56 |
| 65. | Pregunta 3 . . . . .                                                                                | 57 |
| 66. | Pregunta 1 . . . . .                                                                                | 64 |
| 67. | Pregunta 1 . . . . .                                                                                | 65 |
| 68. | Pregunta 1 . . . . .                                                                                | 66 |
| 69. | Pregunta 2 . . . . .                                                                                | 67 |
| 70. | Pregunta 2 . . . . .                                                                                | 68 |
| 71. | Pregunta 2 . . . . .                                                                                | 69 |
| 72. | Pregunta 2 . . . . .                                                                                | 70 |
| 73. | Pregunta 3 . . . . .                                                                                | 71 |
| 74. | Pregunta 4 . . . . .                                                                                | 72 |
| 75. | Lámina acotada de la estructura 330x95 mm, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .          | 73 |
| 76. | Lámina acotada de la manivela, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .                      | 74 |
| 77. | Lámina acotada de la barra de acero inoxidable 304, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . . | 75 |
| 78. | Lámina acotada del soporte de alargamiento, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .         | 76 |
| 79. | Lámina acotada del tornillo sin fin, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .                | 77 |
| 80. | Lámina acotada de la estructura 110x95 mm, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .          | 78 |
| 81. | Lámina acotada del soporte, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .                         | 79 |
| 82. | Lámina acotada del bocin, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .                           | 80 |
| 83. | Lámina acotada de la mesa (eje x), por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .                  | 81 |
| 84. | Lámina acotada de la mesa (eje y), por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .                  | 82 |
| 85. | Lámina acotada del soporte de mesa (eje x), por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .         | 83 |
| 86. | Lámina acotada del tope de mesa (eje x), por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .            | 84 |
| 87. | Lámina acotada del tope de mesa (eje y), por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .            | 85 |
| 88. | Lámina acotada de la base, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .                          | 86 |
| 89. | Lámina acotada de la tapa, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .                          | 87 |
| 90. | Lámina acotada de la manivela de la mesa, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .           | 88 |
| 91. | Lámina acotada en el Tornillo Sin Fin (Eje X), por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .      | 89 |
| 92. | Lámina acotada en el Tornillo Sin Fin (Eje Y), por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .      | 90 |
| 93. | Lámina acotada de la base de la fresadora, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .          | 91 |
| 94. | Pregunta 1 . . . . .                                                                                | 92 |
| 95. | Pregunta 2 . . . . .                                                                                | 92 |
| 96. | Pregunta 3 . . . . .                                                                                | 93 |
| 97. | Pregunta 4 . . . . .                                                                                | 93 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|      |                                                                                                |    |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I.   | Tabla de elementos del diseño de la fresadora, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . . | 27 |
| II.  | Tabla de elementos del plano explosionado, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .     | 28 |
| III. | Tabla de elementos del plano explosionado, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks . . . . .     | 29 |
| IV.  | Cronograma . . . . .                                                                           | 58 |

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el acceso a equipos de mecanizado avanzados en instituciones educativas es limitado debido a factores como el alto costo, el tamaño y la falta de experiencia práctica en su uso, esto dificulta que los estudiantes puedan desarrollar habilidades en procesos de manufactura. Para resolver este problema, se desarrolló un prototipo de fresadora portátil diseñada como una herramienta de aprendizaje accesible que permite a los estudiantes comprender los principios fundamentales del fresado.

El presente estudio tiene como finalidad la creación de un prototipo compacto que permita mecanizar nylon, asegurando una operación estable y segura para entornos educativos. Para ello, se diseñó y fabricó una estructura en polietileno de alta densidad (PE), garantizando un sistema ligero y resistente.

Para el funcionamiento y validación del prototipo, se realizaron cálculos y simulaciones en SolidWorks, determinando los parámetros óptimos de corte.

Este proyecto permitirá que los estudiantes desarrollen habilidades prácticas en mecanizado, optimización de parámetros de corte, fortaleciendo su formación en el área de manufactura.

## II. PROBLEMA

A nivel mundial, el acceso a una educación técnica de calidad sigue siendo un reto emblemático en muchas regiones. La carencia de medios limita la mejora de habilidades técnicas fundamentales para los estudiantes, especialmente en áreas como la ingeniería y la manufactura. La limitada disposición de equipos limita la evolución de habilidades prácticas. Nos encontramos en una época cada vez más dependiente de la tecnología, este carecimiento puede ocasionar un impacto negativo en su preparación para enfrentar los desafíos del mundo laboral [1].

Los estudiantes de colegios tecnológicos, fiscales, tienen acceso limitado a equipos de mecanizado avanzados como fresadoras. Al ser grandes y costosos, suelen estar disponibles solo en colegios privados, lo que restringe el tiempo práctico que los estudiantes pueden emplear. La falta de experiencia práctica puede llevar a un entendimiento incompleto de los conceptos teóricos, dificultando el aprendizaje general de la ingeniería. Esta escasez de acceso práctico puede crear un impacto en la seguridad de los estudiantes en sus capacidades técnicas, y limitar su conocimiento para confrontar los retos del mundo laboral en áreas que demandan experiencia. Para enfrentar esta problemática, sería indispensable considerar alternativas como la implementación de equipos más accesible que permitan adaptarse a los medios de las instituciones educativas [2].

Las fresadoras tradicionales y otros equipos de mecanizado suelen ser espaciosos, pesados y requieren instalaciones específicas, lo que limita su uso en entornos educativos con espacio reducido [3]. El cambio y la reubicación de estos equipos pueden ser complejos y costosos, impidiendo que se utilicen de manera flexible en diferentes áreas dentro del colegio. Además, su tamaño puede ser un obstáculo en salones con espacio limitado, restringiendo el acceso de los estudiantes a estas herramientas [4]. Los equipos de mecanizado avanzados, como fresadoras y centros de mecanizado, son una inversión significativa para las instituciones educativas. Además del costo inicial de compra, estos equipos también necesitan gastos adicionales en mantenimiento, reparaciones y formación del personal. Para muchos colegios, especialmente aquellos con presupuestos ajustados, el alto costo puede ser un impedimento importante para proporcionar a los estudiantes acceso a estas herramientas [5]. En una fresadora manual, se presentarán fallas comunes, como utilizar demasiada presión o mover la herramienta a velocidades que no son convenientes, pueden ocasionar un desgaste acelerado de las herramientas de corte [6]. Los estudiantes al no tener experiencia en su manejo pueden tener complicaciones para obtener la velocidad y la presión correctas que deben aplicar a la máquina, lo que aumenta la probabilidad de que las herramientas se sobrecalienten o se dañen durante el mecanismo de corte, esto influye directamente a la resistencia del equipo y los costos operativos [7].

Desarrollar un prototipo de fresadora requiere conocimientos técnicos en varias disciplinas y presenta varios desafíos, particularmente cuando se usa en entornos educativos. Uno de los inconvenientes es la firmeza en la estructura, lo que puede generar vibraciones durante el mecanizado y afectar la precisión del corte [8]. Además, debido a su tamaño reducido, contará con un motor de poca potencia, lo que impide su capacidad para trabajar con materiales más rígidos [9]. También, al no contar con un sistema de refrigeración, elevará el desgaste de las herramientas y reducir el rendimiento de la máquina, especialmente en un entorno donde se le dará un uso masivo [10].

## III. JUSTIFICACIÓN

Un prototipo de fresadora diseñada para el aprendizaje en estudiantes permite una interacción más eficaz de la teoría con la práctica. Al ser compacta y accesible, esta máquina brinda a los estudiantes la oportunidad de experimentar el mecanizado de piezas, permitiéndoles entender mejor la operatividad. El uso de estas herramientas puede mejorar la comprensión de conceptos esenciales y desarrollar habilidades prácticas que son fundamentales en el campo de la ingeniería [11].

Al ser más pequeña y ligera, soluciona el problema de portabilidad. Su diseño compacto proporciona mayor facilidad para trasladarla y reubicarla dentro de distintos espacios educativos. Esta flexibilidad permite su integración en entornos con espacio limitado y que los estudiantes la utilicen en diferentes formas según sus necesidades.

La portabilidad también permite que la máquina sea utilizada en actividades prácticas y proyectos fuera del laboratorio, ampliando las oportunidades de aprendizaje [12]. Al utilizar componentes menos costosos, la mini fresadora disminuye tanto el costo de adquisición como los gastos del mantenimiento. Esta reducción de costos permite que más instituciones puedan dar a sus estudiantes la oportunidad de trabajar con equipos de mecanizado [13].

Tendría un alcance valioso en el ámbito educativo, debido a que no solo simplificaría la práctica de conceptos teóricos, sino también impulsaría la adquisición de capacidades técnicas en ingeniería. Al permitir a los estudiantes experimentar con el mecanizado, se fomentaría un aprendizaje más eficaz que mejoraría la retención de conocimientos [14]. También les proporcionaría un entorno donde pueden desarrollar competencias como la resolución de problemas fundamentales en el entorno laboral [15]. Además, el diseño compacto de la fresadora permitiría su integración en aulas y espacios educativos, haciendo que la educación técnica sea accesible para los estudiantes, promoviendo la formación profesional [16].

Se obtendría un impacto significativo en el desarrollo del conocimiento y destrezas técnicas de los estudiantes. Un claro ejemplo de mejora sería en la motivación de los estudiantes; al involucrarse en un aprendizaje práctico, los estudiantes experimentarían un deber con el proceso educativo [17]. La oportunidad de manipular herramientas de mecanizado en un entorno controlado les permitiría a los estudiantes aplicar conceptos teóricos en situaciones reales, mejorando su capacidad para resolver problemas y adaptarse a desafíos técnicos [18]. Además, fomentaría la confianza en sus habilidades, sería crucial debido a que los estudiantes se sentirían seguros en su capacidad para operar la fresadora, enriqueciendo su aprendizaje [19]. La interacción directa los prepararía para el ambiente laboral al brindarles la experiencia práctica que exigen los trabajadores en el campo de la ingeniería. Un estudio reciente indica que los graduados con experiencia práctica tienden a tener un mejor desempeño en el trabajo [20].

## IV. OBJETIVOS

### *IV-A. Objetivo general*

Desarrollo de un prototipo de fresadora portátil para prácticas de laboratorio enfocado al mecanizado de nylon.

### *IV-B. Objetivos específicos*

1. Diseñar la estructura mecánica y el mecanismo del prototipo utilizando un software CAD.
2. Implementar los componentes eléctricos y electrónicos considerando los parámetros de corte para nylon.
3. Evaluar el prototipo mediante tres prácticas de laboratorio.

## V. MARCO TEÓRICO

### V-A. Enseñanza

El manejo de herramientas y máquinas permiten que los estudiantes asimilen de manera eficaz los conceptos teóricos de la rama de ingeniería. El aprendizaje práctico no solo simplifica la obtención de conocimientos, sino que también alista a los estudiantes para confrontar los retos reales del mundo laboral, donde las habilidades y el conocimiento técnico son fundamentales. En el área del mecanizado, trabajar determinadamente con equipos les ayuda a entender aspectos como la precisión, el control de la velocidad y la manipulación de materiales [21].

Distintas enseñanzas educativas, como el aprendizaje centrado en proyectos y el aprendizaje participativo, promueven la enseñanza práctica al impulsar la participación de los estudiantes en afrontar problemas reales. Estos enfoques son valorados en la formación de ingenieros, debido a que los capacitan para desarrollar habilidades analíticas y operativas. A través del aprendizaje práctico, los estudiantes pueden visibilizar el desarrollo completo de diseño y optimización de productos, habilidades importantes para un ingeniero en formación. Sin embargo, la implementación de estos métodos se ve limitada en muchas instituciones debido al costo y tamaño de los equipos [22].

El acceso limitado a equipos de mecanizado en instituciones educativas, especialmente en colegios y universidades técnicas que cuentan con un presupuesto económico ajustado, representa una barrera importante para el aprendizaje. La maquinaria de mecanizado, como fresadoras industriales, lleva consigo costos elevados, ocupar mucho espacio y requerir de un área adecuada, factores que obstaculizan su implementación en entornos educativos. Esta falta de acceso influye en el aprendizaje de habilidades prácticas en los estudiantes, en donde se verán obligados a depender únicamente de material teórico, y esto traerá consigo vacíos para su comprensión [23].

La introducción de modelos educativos, como el prototipo de fresadora portátil desarrollada en este proyecto, tiene el potencial de vencer estas limitaciones. Un equipo más accesible en términos de costo y tamaño facilitará oportunidades para que los estudiantes experimenten de manera práctica con el mecanizado, mejorando sus conocimientos teóricos. Al brindar una herramienta compacta y de bajo costo, facilita la enseñanza en talleres educativos, permitiendo que los estudiantes realicen prácticas de corte y manejo de materiales en un entorno seguro y controlado [24].

El propósito es desarrollar en los estudiantes habilidades fundamentales como la precisión en el trabajo manual, el control de velocidad y fuerza, y la elección adecuada de herramientas para trabajar con los distintos materiales. Estos conocimientos son esenciales para todo ingeniero en desarrollo y pueden ser aprendidos de manera eficaz mediante el manejo de una fresadora portátil. Este tipo de herramientas les permite a los estudiantes realizar prácticas que les enseñan a ajustar parámetros de trabajo, lo cual es crucial para su desempeño profesional futuro en el área de producción y diseño industrial [25].

### V-B. Máquinas fresadoras

*V-B1. Historia:* Eli Whitney (8 de diciembre de 1765 - 8 de enero de 1825) fue un inventor y fabricante estadounidense reconocido por crear la máquina despepitadora de algodón en 1793. Este dispositivo mecánico facilitaba la separación de las semillas del algodón, una tarea que antes requería mucho esfuerzo físico y poca intervención mecánica [26].

Sin embargo, su mayor aporte a la industria estadounidense fue la introducción del sistema de fabricación con piezas intercambiables y la implementación de la línea de montaje. Whitney fue pionera en aplicar este método en la producción de mosquetes para el gobierno de Estados Unidos, utilizando máquinas auxiliares como fresadoras para fabricar distintas partes de las armas [26].

Tras la independencia de Estados Unidos, la demanda de mosquetes creció significativamente, y el contexto político permitió el desarrollo de productos manufacturados. Whitney consiguió inversores para financiar su idea de fabricar mosquetes con piezas intercambiables. Sin embargo, sus patrocinadores se mostraron frustrados cuando, después de un largo tiempo y altos costos, Whitney siguió enfocado en desarrollar herramientas para la producción de piezas. A pesar de estas dificultades, finalmente logró producir componentes intercambiables de manera económica ya gran escala. En esa época, el concepto de crear troqueles para fabricar grandes volúmenes de piezas no era bien comprendido, aunque hoy en día es un estándar en la industria [26].

La invención de la despepitadora de algodón representa un avance mecánico destacado de la época, pero su innovación más significativa fue la creación de herramientas para fabricar piezas intercambiables. Este concepto fue adoptado y perfeccionado más adelante por figuras como Henry Ford y otros industriales [26].

En 1818, Eli Whitney diseñó la primera fresadora con el propósito de agilizar la producción de fusiles en Connecticut. Actualmente, esta máquina se encuentra en exhibición en el Museo de Ingeniería Mecánica de Yale. Posteriormente, alrededor de 1830, la empresa Gay & Silver desarrolló una fresadora que incluía un mecanismo de ajuste vertical y un soporte para el husillo portaherramientas [26].

En 1848, el ingeniero estadounidense FW Howe, trabajando para Robbins & Lawrence, creó la primera fresadora universal equipada con un sistema de copiado de perfiles. En esa misma época, surgió la fresadora Lincoln, que incorporaba un carnero cilíndrico ajustable verticalmente [26].

A mediados del siglo XIX comenzaron a fabricarse fresadoras verticales. Un ejemplo de estas máquinas, construidas en 1857, se conserva en el Conservatorio Nacional de Artes y Oficios de París [26].

En 1853, la compañía Brown & Sharpe, impulsada por Frederick W. Howe, fabricó la primera fresadora universal con plato divisor, permitiendo la producción de engranajes rectos y helicoidales. Esta máquina fue presentada en la Exposición Universal de París en 1867 [26].

En 1884, la empresa estadounidense Cincinnati desarrolló una fresadora universal con un carnero cilíndrico alineado axialmente. Más adelante, en 1894, el fabricante francés Pierre Philippe Huré diseñó un cabezal universal que permitía realizar diversos mecanizados en distintas posiciones. Este diseño, con algunas modificaciones, sigue siendo uno de los accesorios más utilizados en las fresadoras universales actuales [26].

*V-B2. Definición:* Son herramientas de mecanizado ampliamente empleadas en la industria y la fabricación de materiales sólidos, como metales, plásticos y madera. Su ejecución se basa en la manipulación de una herramienta de corte rotativa llamada fresa, que rota a altas velocidades y se desplaza en varias direcciones para realizar diferentes operaciones, como el corte, ranurado, contorneado y acabado de superficies. La fresa, montada en un husillo, puede moverse en diferentes ejes y permite trabajar con gran precisión sobre la pieza a mecanizar, la cual también puede moverse en diferentes direcciones para lograr los resultados deseados [27].

Este mecanismo es esencial en procesos de fabricación que requieren piezas de alta precisión y acabado superficial, debido a que permite realizar cortes complejos y detallados que serán complicados realizarse manualmente. A comparación de otras herramientas de mecanizado, las fresadoras ofrecen versatilidad en el tipo de trabajos que pueden realizar, adaptándose a diversas formas y dimensiones de las piezas de trabajo. La capacidad de una fresadora para trabajar en múltiples ejes y realizar operaciones complejas hace que sea una herramienta indispensable en áreas como lo son la metalurgia, la elaboración de piezas automotrices, y la fabricación de componentes mecánicos [27].

En el ámbito educativo, van a brindar a los estudiantes una herramienta práctica para comprender los fundamentos de mecanizado, control de herramientas y la manipulación de materiales. Su uso concede a los futuros técnicos e ingenieros alcanzar habilidades esenciales en fabricación y diseño, estos serán aspectos claves para su formación

profesional [27].

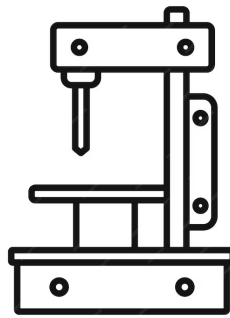


Figura 1. Fresadora [28].

#### V-B3. Tipos:

- Fresadora horizontal: En este tipo de fresadora, el husillo está situado horizontalmente, lo que permite que la fresa se desplace lateralmente para ejecutar cortes en la pieza de trabajo. Son ideales para el corte de materiales rígidos y trabajos pesados. Aparte, este tipo de fresadora es útil para operaciones que requieren la eliminación de grandes cantidades de material [27].
- Fresadora vertical: Tiene el husillo orientado verticalmente, lo que concederá a la herramienta de corte desplazarse hacia arriba y hacia abajo en el eje Z. Este tipo de fresadora es conveniente para realizar perforaciones y cortes de precisión en materiales más ligeros y trabajos detallados. Son comunes en la creación de moldes y piezas de precisión, debido a que permite mayor visibilidad y acceso a la pieza durante el mecanizado [27].
- Fresadora universal: Es una mezcla de la fresadora horizontal y la fresadora vertical. Permitirá cambiar la orientación del husillo conforme a la necesidad que se presente en el trabajo, lo que lo vuelve muy versátil y capaz de ejecutar una extensa variedad de operaciones en diferentes ejes [27].
- Fresadora circular: Posee una extensa mesa circular giratoria, en donde se moverá el carro que contendrá las herramientas. Este carro puede tener uno o varios cabezales de manera vertical; de esta manera pueden realizar los trabajos de desbaste y otras operaciones. Nos da la oportunidad de montar o retirar piezas en una sección de la mesa mientras se realiza la operación [27].
- Fresadora copiadora: Cuenta con dos mesas, en donde una será de trabajo, en la que se fijará la pieza a mecanizar y otra auxiliar donde se colocará un modelo. El eje vertical de la herramienta está sujetado por un mecanismo en forma de pantógrafo, que también está unido a un palpador ubicado en la mesa auxiliar [27].
- Fresadora de tres ejes: Son las máquinas fresadoras más habituales, permiten controlar el movimiento en los tres ejes cartesianos: X, Y y Z. Por lo general, se las emplea para realizar mecanizados de cavidades externas con ángulos positivos [29].

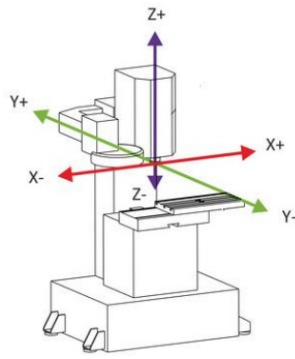


Figura 2. Fresadora de 3 ejes [29].

- Fresadora de cuatro ejes: Este tipo de fresadora es capaz de realizar trabajos más complejos que las fresadoras de 3 ejes. Incorpora un cuarto eje que permite la rotación de la pieza, sumándose a los ejes X, Y y Z; este eje adicional, denominado eje B, realiza un giro alrededor del eje Y. Se utiliza principalmente para mecanizar superficies con formas cilíndricas [29].

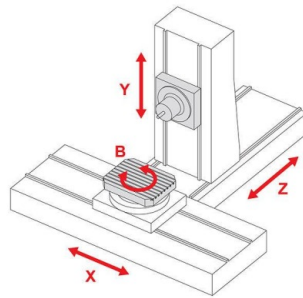


Figura 3. Fresadora de 4 ejes [29].

- Fresadora de cinco ejes: Estas fresadoras tienen la capacidad de trabajar con ángulos de aproximación complejos, son las más avanzadas y se emplean para el mecanizado de geometrías sofisticadas. Aparte de los cuatro ejes anteriores, incorporan un quinto eje que generalmente es perpendicular al eje de rotación B; estos ejes se identifican como X, Y, Z, A y B. El eje rotativo A está vinculado al eje X, ya que gira alrededor de este [29].

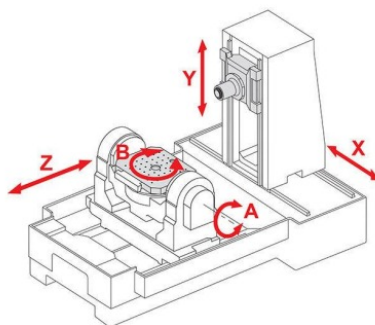


Figura 4. Fresadora de 5 ejes [29].

*V-B4. Aplicaciones:* Las fresadoras son muy favorables cuando se elaboran motores y otras partes de los vehículos, y esto es debido a su precisión, se pueden fabricar piezas complejas. Estas partes son beneficiosas para la industria automotriz, puesto que ofrecen versatilidad, lo que es esencial en la producción de vehículos. [30].

Las fresadoras son comunes en la industria aeroespacial para llevar a cabo operaciones de mecanizado en piezas con geometrías de sección transversal complejas. Estas piezas cuentan con un volumen pequeño y tienen formas complejas y dimensiones fijas debido al duro entorno de trabajo [30].

Se utilizan en el mecanizado de piezas y componentes como álabes de turbinas, partes estructurales de aeronaves y otros elementos que exigen alta precisión y confiabilidad. Estas piezas contarán con pequeñas tolerancias y acabados superficiales que deberán garantizar un óptimo rendimiento bajo grandes esfuerzos; las usan en la elaboración de productos electrónicos, para ser concretos, placas de circuitos y otros componentes electrónicos. Por ello, crear patrones elaborados y precisos en las placas de circuitos es fundamental para que los aparatos electrónicos trabajen correctamente. Las fresadoras se usan bastante para fabricar sustratos de placas de circuito impreso, realizar agujeros para ensamblar componentes o grabar circuitos finos. Esta precisión ayuda a mantener los productos eléctricos que serán utilizados para usos domésticos comerciales e industriales [30].

*V-B5. Normas de seguridad:*

- El contacto directo de las manos con la herramienta de corte es uno de los riesgos más graves y frecuentes al operar una fresadora vertical, siendo la causa principal de la mayoría de los accidentes registrados. Este tipo de incidente ocurre principalmente en la zona de trabajo mientras la máquina está en funcionamiento, pero también puede suceder durante el ajuste de la fresa o al verificar la profundidad del corte. Estas comprobaciones suelen realizarse con piezas pequeñas, defectuosas o en mal estado, lo que incrementa considerablemente el riesgo de lesiones graves al operador. La falta de atención o el uso inadecuado de los sistemas de seguridad pueden agravar este tipo de accidentes [31].
- El retroceso inesperado y violento de la pieza de trabajo es otro accidente común que puede presentarse durante el proceso de fresado. Este fenómeno es provocado por cambios bruscos en la dureza del material, como la presencia de nudos, vetas irregulares o imperfecciones en la madera. Estos defectos interrumpen el avance continuo de la pieza y generan movimientos descontrolados que pueden provocar golpes, contusiones o incluso la expulsión de la pieza, poniendo en riesgo la integridad física del operador. La falta de una sujeción adecuada o un manejo inexperto pueden aumentar la probabilidad de que ocurra este tipo de accidente [31].
- Operar la herramienta de corte a una velocidad diferente a la recomendada por el fabricante representa un riesgo considerable y potencialmente peligroso. Utilizar velocidades inadecuadas puede generar vibraciones excesivas, sobrecalentamiento o incluso la rotura de la herramienta, lo que exponen al operador a fragmentos que podrían salir proyectados a gran velocidad. Además, trabajar con parámetros de corte inadecuados afecta la precisión del mecanizado, compromete la calidad del producto final y reduce la vida útil de la fresadora. La falta de conocimiento sobre los ajustes técnicos o el uso de herramientas desgastadas también puede contribuir a este tipo de accidentes [31].

*V-B6. Medidas para prevenir riesgos:*

- La herramienta de corte nunca debe sobresalir por encima de la pieza de trabajo, ya que mantener una configuración y ajuste correctos garantiza una mayor estabilidad durante el fresado. Esto reduce significativamente el riesgo de contacto accidental con la fresa y mejora la seguridad general del operador. Ajustar correctamente la herramienta también contribuye a obtener mejores resultados en el mecanizado, evitando cortes irregulares o defectuosos [31].
- La alimentación de la pieza debe realizarse utilizando dediles, empujadores o dispositivos de sujeción especialmente diseñados para esta tarea. Estos elementos proporcionan un control óptimo sobre el material y

protegen las manos del operador al evitar el contacto directo con la herramienta de corte. La adopción de estos accesorios no solo reduce el riesgo de accidentes, sino que también facilita un trabajo más preciso y eficiente, disminuyendo el cansancio físico del operador [31].

- Es altamente recomendable instalar protectores en la guía de la fresadora, los cuales deben fijarse de forma segura con clavos, tornillos o gatos. Estos protectores tienen la función de cubrir completamente la herramienta de corte, dejando expuesta únicamente la parte necesaria para realizar el fresado. Implementar una doble guía construida con tablero contrachapado proporciona una protección adicional, evitando que el operador entre en contacto con la herramienta en movimiento. Este tipo de protección es esencial para minimizar los riesgos durante el uso prolongado de la máquina [31].
- Mantener la zona de trabajo limpia y libre de residuos es fundamental para garantizar un entorno seguro. Contar con un sistema eficiente de aspiración de virutas permite eliminar el polvo, restos de material y otros desechos que podrían acumularse y provocar graduales, tropiezos o bloqueos en la máquina. Una correcta limpieza del área de trabajo no solo mejora la seguridad, sino que también prolonga la vida útil del equipo y contribuye a la calidad del mecanizado [31].
- La posición de las manos durante la operación también es un factor clave para la seguridad. La mano izquierda debe colocarse siempre por delante de la derecha, lo que permite un mejor control de la pieza de trabajo y minimiza el riesgo de contacto accidental con la herramienta de corte. Esta técnica garantiza mayor estabilidad y precisión, evitando movimientos bruscos que podrían derivar en accidentes. Además, se recomienda mantener una postura adecuada y firme para reducir la fatiga y mejorar la concentración durante el trabajo [31].
- Las guías de la fresadora deben estar equipadas con protectores superiores y posteriores que cubren la herramienta de corte desde distintos ángulos. Estos elementos de seguridad son indispensables para impedir el acceso accidental a la herramienta mientras está en funcionamiento. La instalación de estos protectores ayuda a prevenir accidentes causados por distracciones o movimientos involuntarios, proporcionando un entorno de trabajo más seguro para el operador [31].
- Al trabajar con piezas curvas, irregulares o de formas complejas, es imprescindible utilizar plantillas de protección diseñadas para sujetar firmemente el material. Estas plantillas aseguran la estabilidad de la pieza durante el fresado, evitando desplazamientos inesperados que podrían poner en riesgo la seguridad del operador. El uso de plantillas también mejora la precisión del mecanizado, permitiendo obtener resultados más exactos y reduciendo el desgaste de la herramienta [31].

#### *V-C. Partes de la fresadora vertical*

- Bastidor: Es un tipo de cajón de fundición, con una base reforzada y por lo general, rectangular, gracias a esto se puede colocar la máquina en el suelo [32].
- Husillo principal: Parte fundamental de la máquina, debido a que se lo emplea de soporte a la herramienta y le otorga movimiento. El husillo recibe el movimiento por medio de la caja de velocidades, y este es movido por el motor [32].
- Caja de velocidades del husillo: Cuenta con una sucesión de engranajes que le permiten acoplarse según diferentes relaciones de transmisión; esto le concede una extensa gama de velocidades del husillo principal. [32].
- Mesa longitudinal: Funciona como punto de apoyo de las piezas que van a ser mecanizadas, se puede colocar directamente o usando accesorios de fijación. La mesa contiene ranuras en forma de T para albergar los

tornillos de fijación [32].

- Carro transversal: Es una pieza de fundición de manera rectangular, la parte superior se desliza y le permite dar un giro a la mesa en un plano horizontal. La parte inferior se encuentra ensamblado a la consola, en donde se deslizará manualmente por medio de tuerca y tornillo, o automáticamente, gracias a las cajas de avance, le permitirá desplazarse [32].
- Consola: Su utilizad es como apoyo a la mesa y sus mecanismos de accionamiento. Se mueve verticalmente en el por medio de una guía mediante un tornillo telescópico y una tuerca que se encontrará fija [32].
- Caja de avances: Es un mecanismo que está fabricado por una serie de engranajes que están en el interior del bastidor. Obtiene el movimiento por medio del accionamiento principal de la máquina. Se pueden colocar distintas tasas de desplazamiento. La unión del mecanismo con el husillo de la mesa por medio de un eje extensible de articulaciones cardán [32].

#### V-D. Elemento de fijación

- Prensas de Máquina: Por lo general son fabricadas en hierro fundido, están hechas de dos quijadas, una fija y otra móvil, que se moverán sobre una guía, mediante un tornillo y una tuerca, accionados por una manija. Las mordazas son de acero al carbono y aseguradas en las quijadas. Son usadas para la fijación de piezas en máquinas herramientas, como taladros, fresadoras, cepillos, afiladoras de herramientas y otras [33].



Figura 5. Prensa de la máquina [34].

- Bridas: Construidas comúnmente de acero o hierro fundido. Sus aspectos varían según su aplicación y funciona para la fijación de piezas sobre las mesas o sobre accesorios en las máquinas herramientas [33].



Figura 6. Brida [35].

- Gatos: Son componentes de apoyo, hechos de acero, formados de un cuerpo y un tornillo con una contratuerca para bloquearlo. La parte superior puede ser articulada o fija [33].

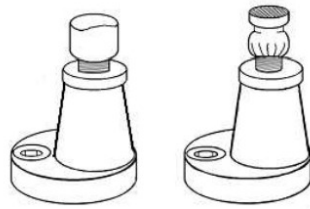


Figura 7. Gatos [33].

- Calces: Son elementos de apoyo, de acero o hierro fundido y mecanizados. Pueden ser planos, escalonados, en “V” y regulables [33].

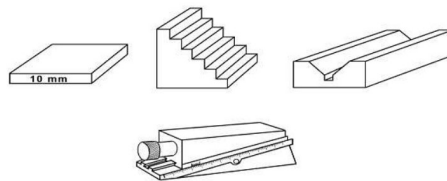


Figura 8. Calces [33].

- Escuadras: Están contruidos regularmente de hierro fundido, sus caras son planas y mecanizadas establecen un ángulo de 90°. Se encuentran de diversos tamaños y tienen ranuras por donde entran los tornillos de fijación. Se pueden asegurar sobre mesas de máquinas o sobre platos planos y otros accesorios de las máquinas, para tolerar su propio mecanizado o el de materiales que se vayan a montar en ellas [33].

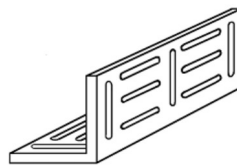


Figura 9. Escuadra [33].

#### V-E. Movimientos

*V-E1. Movimientos de la herramienta:* El movimiento fundamental de la herramienta consiste en su rotación alrededor de su propio eje. En ciertos modelos de fresadoras, se puede modificar la inclinación de la herramienta o moverla a lo largo de su eje de rotación [36].

*V-E2. Movimientos de la mesa:* La mesa de trabajo tiene la capacidad de desplazarse de manera manual o automática, utilizando velocidades de avance para mecanizado o velocidades rápidas en vacío. Dispone de una caja de avances, medida en mm/minuto, que facilita la elección de la velocidad de avance óptima según los parámetros del proceso de mecanizado [36].

- Movimiento longitudinal: Según el eje X, que compete habitualmente al movimiento de trabajo. Para simplificar la sujeción de las piezas, la mesa cuenta con ranuras en forma de T que permiten fijar mordazas u otros dispositivos de sujeción, y aparte puede inclinarse para el tallado de ángulos. Esta mesa puede moverse

automáticamente según las necesidades de corte requeridas por el proceso de mecanizado [36].

- Movimiento vertical: Por medio el eje Z, que compete al desplazamiento vertical de la mesa de trabajo. El movimiento de este eje determina la profundidad de corte durante el proceso de fresado [36].
- Giro respecto a un eje longitudinal: Dependiendo del grado de libertad, se logra mediante un cabezal divisor o una mesa oscilante. [36].

*V-E3. Movimiento relativo entre pieza y herramienta:* El desplazamiento relativo entre la pieza y la herramienta se puede clasificar en tres tipos fundamentales:

- Movimiento de corte: Pone a trabajar la punta de la herramienta alrededor del eje del portaherramientas [36].
- Movimiento de avance: Aproximación de la herramienta desde la zona cortada a la zona sin cortar [36].
- Movimiento de profundización de perforación o de profundidad de pasada: Este movimiento se ejecuta para aumentar la profundidad del corte [36].

#### *V-F. Operaciones en una fresadora*

- Planeado: Obtener superficies planas y uniformes en la pieza de trabajo [27].
- Fresado en escuadra: Mecanizar escalones perpendiculares en la superficie de la pieza [27].
- Cubicaje: Dar forma cúbica a bloques de metal, mármol o granito, dejándolos con dimensiones adecuadas para procesos posteriores [27].
- Corte: Cortar el material a la longitud requerida, partiendo de barras o perfiles comerciales de mayor tamaño [27].
- Ranurado recto: Crea ranuras rectas utilizando fresas cilíndricas que coinciden con el ancho de la ranura [27].
- Ranurado de forma: Usar fresas diseñadas según la forma de la ranura, como tipo T o cola de milano. Ranurado de Chaveteros: Mecanizar ranuras longitudinales en ejes para alojar chavetas, utilizando fresas cilíndricas con mango o fresas para ranurar [27].
- Fresado de cavidades: Realizar un taladro previo y mecanizar la cavidad con fresas adecuadas, asegurando que los radios de la cavidad sean al menos un 15 % mayores que el radio de la fresa [27].
- Fresado de roscas: Utilizar fresadoras con interpolación helicoidal simultánea para combinar la rotación de la pieza y su desplazamiento axial, formando la hélice de la rosca [27].
- Fresado frontal: Trabajar directamente sobre la superficie frontal de la pieza con fresas helicoidales cilíndricas [27].
- Fresado de engranajes: Producir engranajes en máquinas especializadas llamadas talladoras de engranajes, en lugar de fresadoras universales [27].
- Mortajado: Mecanizar chaveteros en agujeros usando brochadoras o accesorios que transforman el movimiento rotatorio en movimiento vertical alternativo [27].

- Fresado en rampa: Mecanizar moldes mediante fresadoras copiadoras o fresadoras de control numérico [27].
- Fresado de piezas hexagonales: Mecanizar piezas con formas hexagonales o con caras distribuidas de forma uniforme en su periferia [27].

#### V-G. Teoría del corte

Para explicar y comprender el proceso de fresado, se establecen factores fundamentales que deben ser considerados, estos parámetros permiten describir con precisión las características y condiciones bajo las cuales se realiza el fresado, proporcionando una base para analizar y desarrollar el proceso. Se debe tener en cuenta estos elementos debido a que afecta directamente el rendimiento, la calidad del acabado, su velocidad de operación y durabilidad [37].

- Velocidad de corte: La velocidad de corte es fundamental para obtener la duración de la herramienta, su unidad de medida es "(m/min)". Por consiguiente, una velocidad de corte elevada permite ejecutar en un tiempo menor el mecanizado, pero acelera el deterioro sufrido en la herramienta [37].

Este parámetro tiene que ser escogido antes de empezar el mecanizado, y su valor es función de factores como la maquinabilidad del tipo de material que va a ser mecanizado o la velocidad dicha por el fabricante; por medio de la velocidad de corte se puede tener la velocidad de rotación que debe tener el husillo de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V_C\left(\frac{m}{min}\right) = \frac{n(min^{-1}) * \pi * D_C(mm)}{1000\left(\frac{mm}{m}\right)} \quad (1)$$

En donde  $V_C$  es la velocidad de corte eficaz, "n" será la velocidad de giro del husillo y  $D_C$  es el diámetro de la herramienta [37].

La velocidad de corte determinará la vida útil de la herramienta. Al tener una velocidad de corte elevada el mecanizado se lo puede realizar en un menor tiempo, pero como consecuencia acelera el desgaste sufrido en la herramienta [37].

- Velocidad de rotación de la fresa: Estará expresada en  $rpm\left(\frac{rev}{min}\right)$ , se entiende como el número de revoluciones que ejecuta la herramienta de fresado sobre el husillo en cada minuto [37].

Se calcula en base al valor de velocidad de corte recomendado para una operación:

$$n(min^{-1}) = \frac{V_C\left(\frac{m}{min}\right) * 1000\left(\frac{mm}{m}\right)}{\pi * D_C(mm)} \quad (2)$$

Al tener el valor del cálculo de rotación de la fresa, se calcula la velocidad de corte eficaz o verdadera [37].

- Velocidad de avance: Se indica en (mm/min), se refiere al desplazamiento de la herramienta en relación a la pieza, determinado por el avance de cada diente y la cantidad de dientes de la fresa [37].

La expresión para obtener la velocidad de avance se expresa de la siguiente manera:

$$f\left(\frac{mm}{min}\right) = f_n\left(\frac{mm}{rev}\right) * n\left(\frac{rev}{min}\right) \quad (3)$$

Donde "f" representa la velocidad de avance,  $f_n$  es el avance por revolución, "n" será la velocidad que gira la fresa [37].

- Avance por revolución: Está dado en (mm/rev), es un parámetro que muestra la distancia que la herramienta se desplaza durante una rotación completa. Se utiliza en los cálculos de avance para establecer la capacidad de acabado. [37].
- Tiempo de mecanizado: Se mide en minutos (min) y se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$T_C(min) = \frac{l_m(mm)}{f(mm/min)} \quad (4)$$

En donde “TC” será el tiempo de mecanizado, “LM” es la longitud mecanizada y “f” será la velocidad de avance [37].

- Profundidad de corte: Se mide en (mm), hace referencia a la cantidad de material eliminado de la superficie de la pieza [37].

#### V-H. Motor DC

Los motores de corriente continua (DC) son dispositivos diseñados para transformar energía eléctrica en energía mecánica, generando un movimiento rotatorio. Su uso prolongado y popularidad se debieron a varias razones. Una de ellas es que los sistemas de energía DC siguen siendo comunes en vehículos como automóviles, camiones y aviones, lo que hace lógico emplear motores DC en estos contextos [38].

Además, los motores DC eran ideales para aplicaciones que requerían un amplio rango de velocidades. Antes de la llegada masiva de inversores y rectificadores electrónicos, estos motores eran insuperables en el control de velocidad. Incluso cuando no se disponía de una fuente de energía DC, se utilizaban rectificadores de estado sólido y circuitos reguladores para generar la potencia necesaria, permitiendo a los motores DC proporcionar el control deseado [38].

Aunque actualmente los motores de inducción combinados con controladores de estado sólido dominan en aplicaciones de control de velocidad, los motores DC aún tienen usos específicos donde son preferidos [38].

El desarrollo de los motores de corriente continua está estrechamente vinculado al avance en la teoría de máquinas eléctricas, especialmente en áreas como la teoría de los devanados y las conexiones compensadoras [38].

*V-H1. Componentes:* El motor DC consta de dos partes esenciales

- Rotor: Es la parte móvil del motor, responsable de generar el torque necesario para mover la carga. Está compuesto por: [38].
1. Eje: Consiste en barras de acero mecanizadas que transfieren el movimiento rotatorio al núcleo, al devanado y al colector [38].
  2. Núcleo: Montado sobre el eje, está hecho de capas laminadas de acero para minimizar las pérdidas por corrientes parásitas e histéresis. Aloja el devanado de la armadura en ranuras a lo largo de su superficie, proporcionando un trayecto magnético para el flujo generado por los polos [38].
  3. Devanado: Consta de bobinas aisladas entre sí y del núcleo. Estas están ubicadas dentro de las ranuras y conectadas eléctricamente al colector, que mediante su giro asegura el camino de conducción adecuado [38].
  4. Colector: También llamado conmutador, está compuesto por láminas conductoras separadas por material aislante. Gira con el eje y, en contacto con las escobillas, transmite al circuito la energía producida en el

devanado del rotor [38].

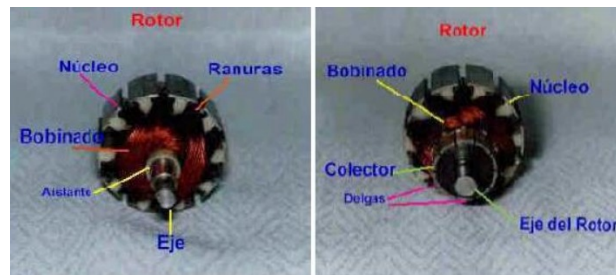


Figura 10. Rotor [38].

- Estator: Es la parte fija del motor cuya función principal es proporcionar el flujo magnético necesario para que el rotor realice su movimiento. Está formado por [38]:
  1. Armazón: También conocido como yugo, tiene dos funciones principales: dar soporte estructural y proporcionar una trayectoria de retorno para el flujo magnético del rotor y los imanes permanentes, completando así el circuito magnético [38].
  2. Imán permanente: Está adherido al armazón y está hecho de un material ferromagnético que genera un campo magnético constante. Este campo interactúa con el generado por el devanado del rotor, produciendo el movimiento rotativo [38].
  3. Escobillas: Fabricadas de carbón, transfieren la corriente desde la fuente al colector y de ahí al devanado del rotor. Están montadas en una porta escobillas con resortes que aseguran el contacto adecuado con el colector, evitando desgastes excesivos o contacto deficiente que podría generar chispas [38].



Figura 11. Estator [38].

#### V-I. Fuente conmutada

Las fuentes conmutadas se han convertido en un componente esencial debido a sus múltiples ventajas y a la versatilidad que ofrecen en comparación con otras alternativas [39].

El avance constante en la tecnología ha permitido la optimización y mejora de diversos dispositivos, y las fuentes de alimentación no han sido la excepción. Inicialmente, se utilizaban fuentes convencionales o lineales. Además

del tamaño y peso, otro inconveniente de las fuentes lineales es la regulación de voltaje mediante un transistor ubicado entre la entrada y la salida de la fuente. Debido a que este componente opera en su región activa, se generan pérdidas de energía significativas, reduciendo la eficiencia del sistema [39].

Para superar estas limitaciones, se desarrollaron las fuentes conmutadas, ofreciendo una alternativa más eficiente y compacta. Al utilizar transformadores de alta, se logra una notable reducción en el tamaño y peso de estos dispositivos sin comprometer su potencia de salida. Esto se debe a la relación inversa entre la frecuencia de operación y el tamaño del transformador, lo que permite minimizar sus dimensiones a medida que aumenta la frecuencia [39].

Otra ventaja clave de las fuentes conmutadas es el uso de dispositivos de conmutación como transistores, IGBT's, MOSFETs y QFET's, los cuales funcionan como interruptores. A diferencia de las fuentes lineales, donde los transistores operan en la región activa, en las fuentes conmutadas estos componentes trabajan en los modos de corte y saturación, reduciendo significativamente el consumo de energía y aumentando la eficiencia del sistema [39].

*V-II. Tipos:* El principio de funcionamiento de una fuente conmutada radica en el uso de un elemento de conmutación que actúa como interruptor, lo que permite su clasificación en dos tipos principales:

- Fuentes sin aislamiento entre la entrada y la salida: este tipo de fuentes tienen la particularidad de que la etapa de entrada y la etapa de salida comparten la misma referencia. Una de sus principales limitaciones es que solo pueden proporcionar una única salida, lo que restringe su capacidad de adaptación en sistemas que requieren múltiples niveles de voltaje [39].
- Fuentes con aislamiento entre la entrada y la salida: las fuentes con aislamiento separan eléctricamente la etapa de entrada de la etapa de salida mediante un transformador de alta frecuencia, esta configuración ofrece diversas ventajas, entre ellas la posibilidad de operar de manera independiente las etapas de potencia y control, así como la capacidad de generar múltiples salidas aisladas entre sí [39].

En los convertidores con aislamiento, la conversión de energía se realiza en varias etapas. Inicialmente, la señal pasa a través del transformador, lo que permite obtener un voltaje de corriente alterna en su salida. Posteriormente, este voltaje es rectificado para generar una salida en corriente continua, asegurando así un funcionamiento eficiente y seguro en distintos sistemas electrónicos [39].

#### *V-J. Brocas*

Las brocas son herramientas fundamentales en los procesos de perforación y están compuestas por tres partes principales: el vástago, el cuerpo y la punta. Cada una de estas partes cumple una función específica que contribuye al rendimiento y la eficiencia de la herramienta [32]:

- Vástago: Es la sección de la broca que se inserta en el husillo de la máquina, permitiendo que la herramienta gire y realice el corte; su diseño puede ser recto o cónico, dependiendo del tipo de máquina o del propósito de uso. Los vástagos rectos son más comunes en taladros manuales o de banco, mientras que los cónicos se utilizan en máquinas industriales que requieren una sujeción más firme y precisa [32].

La correcta fijación del vástago es esencial para evitar deslizamientos durante el proceso de perforación, lo que podría comprometer la precisión del trabajo y la seguridad del operario [32].

- Cuerpo: Es la parte cilíndrica que conecta el vástago con la punta, a lo largo de su estructura, el cuerpo presenta unas ranuras helicoidales denominadas flautas, que cumplen funciones cruciales como facilitar la entrada del

fluido refrigerante hasta la zona de corte, ayuda a evacuar las virutas generadas durante la perforación y contribuyen a reducir la fricción entre la herramienta y el material trabajado [32].

- **Punta:** Es el extremo cortante de la broca, diseñado específicamente para iniciar y guiar el proceso de perforación; su geometría es determinante para el rendimiento de la herramienta, ya que de su forma y afilado depende la capacidad de penetración y el tipo de material con el que se puede trabajar. Existen puntas con distintos ángulos y configuraciones adaptadas a diferentes materiales y aplicaciones, por lo que es fundamental seleccionar la broca adecuada para obtener resultados óptimos, por último, una punta desgastada o inadecuada puede provocar desviaciones en el agujero, superficies irregulares e incluso dañar la pieza de trabajo [32].

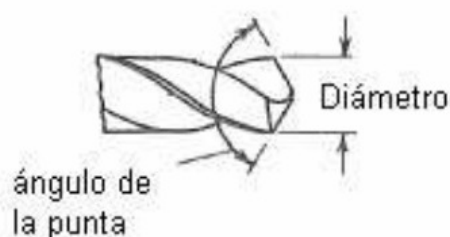


Figura 12. Punta de la broca [32].

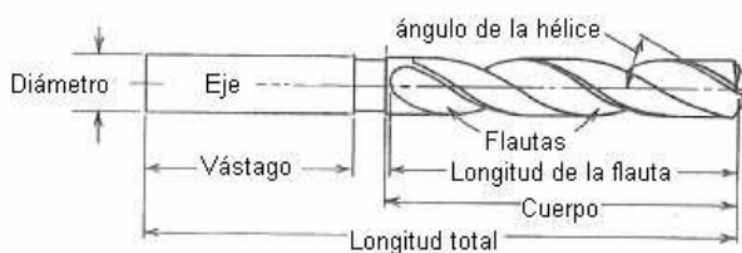


Figura 13. Partes de la broca [32].

La elección de la broca correcta según el material es un factor clave para lograr un trabajo eficiente y de calidad. No todas las brocas son aptas para perforar cualquier material. Por ejemplo, una broca diseñada para concreto o mampostería no es adecuada para taladrar metal o madera debido a sus diferencias en dureza y resistencia. Las brocas para metal suelen estar fabricadas con materiales más resistentes, como acero rápido (HSS) o recubiertas con titanio o cobalto, lo que les permite cortar metales con mayor eficacia [32].

Aunque una broca para metal puede perforar madera, no ocurre lo mismo en sentido contrario, ya que una broca para madera carece de la resistencia necesaria para cortar metales y podría romperse o desgastarse rápidamente [32].

Durante el proceso de perforación, tanto las brocas como las fresas están expuestas a elevadas temperaturas debido a la fricción constante con el material. Por esta razón, es indispensable mantener una lubricación adecuada para evitar el sobrecalentamiento y el desgaste prematuro de la herramienta. La lubricación también reduce la fricción, mejora el acabado superficial y facilita la evacuación de virutas. Dependiendo del tipo de broca, la refrigeración puede aplicarse de forma interna o externa [32].

*V-JI. Calidad de la herramienta:* Las brocas suelen estar fabricadas con acero rápido (HSS, por sus siglas en inglés), un material ampliamente utilizado por su resistencia y versatilidad. Sin embargo, la calidad de estas brocas puede variar significativamente según la composición de la aleación utilizada, así como por los métodos y

estándares aplicados durante su fabricación. Entre las principales variantes de brocas HSS se destacan las siguientes [32]:

- HSS laminada: Esta es la opción más económica dentro de las brocas para metal. Está diseñado para trabajos generales en materiales como metales blandos y plásticos donde no se requiere alta precisión. Sin embargo, su durabilidad es limitada, por lo que no es ideal para tareas exigentes o de uso continuo [32].
- HSS rectificada con recubrimiento de titanio: Estas brocas cuentan con una capa de aleación de titanio que mejora notablemente su rendimiento, permitiendo perforar metales con alta precisión, incluso aquellos de difícil mecanizado como el acero inoxidable. Gracias a este recubrimiento, es posible trabajar a mayores velocidades de corte y disfrutar de una vida útil considerablemente prolongada [32].
- HSS rectificada con aleación de cobalto: Representan la gama más alta en cuanto a calidad y resistencia. Estas brocas están especialmente diseñadas para perforar metales muy duros, incluidos los aceros inoxidables. Su principal ventaja es su excelente resistencia a las altas temperaturas, lo que permite su uso prolongado sin necesidad de aplicar refrigerante, manteniendo un rendimiento óptimo incluso en condiciones de trabajo intensas [32].

#### V-K. Nylon



Figura 14. Nylon [40].

*V-K1. Definición:* El nylon es un polímero sintético perteneciente al grupo de las poliamidas, producido mediante la reacción de policondensación entre un diácido y una diamina. Este material destaca por su alta resistencia a la tracción y sus sobresalientes propiedades elásticas, como una elongación prolongada [41].

Además, es una opción económica, en el mercado, se encuentra disponible en presentaciones de monofilamento y multifilamento [41].

*V-K2. Características:* Es una de las principales materias primas utilizadas en la fabricación de diversos plásticos y componentes, gracias a sus excelentes propiedades para soportar altas presiones y temperaturas, así como su compatibilidad con una amplia variedad de fluidos empleados en distintas industrias [42].

En el ámbito de la electrónica, es ampliamente utilizado en aplicaciones que requieren resistencia a la abrasión y estabilidad química, como conectores y aislamiento de cables [42].

En la vida diaria, este material se encuentra en objetos como juguetes, recipientes para alimentos y utensilios de cocina. Además, en la categoría de plásticos industriales y filamentos, el nylon se emplea como parte de cambiadores de calor, destacando por su alta resistencia a la corrosión [42].

*V-K3. Ficha técnica del material:*

| Características                           | LAMIGAMID100                                                                                             |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Material                                  | Poliamida 6 extruida                                                                                     |
| DIN 7728                                  | PA6                                                                                                      |
| Densidad                                  | 1,14 g/cm <sup>3</sup>                                                                                   |
| Resistencia a la tensión                  | 60 N/mm <sup>2</sup>                                                                                     |
| Dureza                                    | 110 N/mm <sup>2</sup>                                                                                    |
| Punto de rotura                           | 90 N/mm <sup>2</sup>                                                                                     |
| Coefficiente de fricción                  | 0.23                                                                                                     |
| Temperatura de trabajo                    | -40°C - 100°C : uso continuo ; 160°C : periodo corto                                                     |
| Temperatura de fundición                  | 220°C                                                                                                    |
| Conductividad térmica                     | 0.23 W/k.m                                                                                               |
| Resistencia penetración                   | 10 <sup>12</sup> Ω · cm                                                                                  |
| Resistencia dioeléctrica                  | 20 Kv/mm                                                                                                 |
| Constante dioeléctrica                    | 7                                                                                                        |
| Absorción cuando es inmersa en agua a 20° | 8,5 – 10 %                                                                                               |
| Aplicaciones                              | Piezas de maquinaria con diámetros inferiores a 80", cabezales de martillos, copa en forma de cojinetes. |

## VI. MARCO METODOLÓGICO

### VI-A. Fases

- Fase I: Se llevará a cabo una investigación mediante entrevistas y encuestas en las que las personas darán su criterio sobre los aspectos de la implementación una fresadora didáctica.
- Fase II: Se realizará una selección del tipo de fresadora adecuada teniendo en cuenta los requerimientos para el trabajo, basado en una matriz de decisión.
- Fase III: Se realizará el diseño, así como la selección de los componentes que se requieren para el sistema. Con un conocimiento previo sobre los tipos de software de diseño, se realizan los cálculos necesarios (como el cálculo de esfuerzo, velocidad de corte, velocidad de avance, entre otros).
- Fase IV: Para la construcción del prototipo, es fundamental considerar los costos, los materiales y el proceso de producción necesario para el desarrollo completo de la fresadora, asegurando al mismo tiempo un adecuado rendimiento y calidad.
- Fase V: Para verificar el debido funcionamiento de la fresadora se la pone a prueba mediante prácticas en los laboratorios de mecanizado donde los estudiantes puedan interactuar y comprobar cómo funciona una fresadora.

### VI-B. Fase I. Investigación

A continuación se realizaron 30 preguntas a los estudiantes de la ingeniería Mecatrónica de la Universidad Politécnica Salesiana, de los cuales eran grupos de los primeros y últimos semestres. Se presentan los resultados obtenidos a partir de las entrevistas y encuestas, en las cuales se expresan las opiniones sobre distintos aspectos de la implementación de la fresadora didáctica.

La encuesta realizada a los estudiantes se encuentran ubicadas en la sección de Anexo B.

Con la primera interrogante, se buscó conocer el nivel de familiaridad de los participantes con las fresadoras y su aplicación en el ámbito académico, permitiendo así obtener una perspectiva inicial sobre su percepción y experiencia en el tema.

¿Podría describir qué conoce sobre las fresadoras y su uso en entornos educativos?

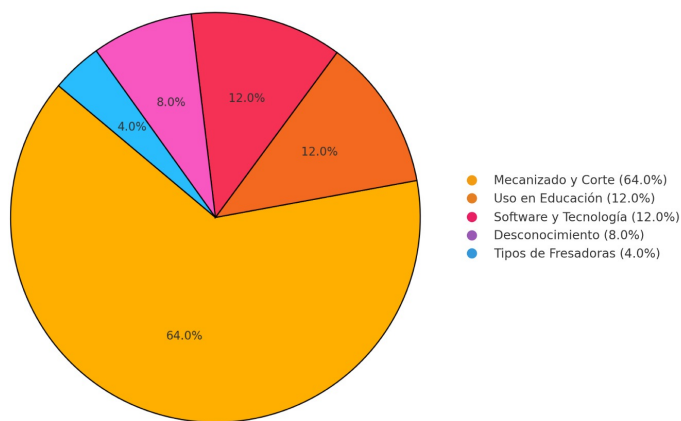


Figura 15. Gráfica pregunta 1

Las fresadoras son reconocidas principalmente por su uso en mecanizado y corte 64.0 %, un 12 % destacó su importancia en la educación técnica, facilitando el aprendizaje práctico.

Otro 12 % resaltó CAD/CAM y CNC, un 8.0 % indicó desconocimiento sobre el tema, mientras que un 4.0 % resaltó la diversidad de equipos disponibles.

La siguiente pregunta tuvo como propósito identificar las dificultades más relevantes que afectan el proceso de aprendizaje en esta área, con el fin de comprender mejor las necesidades de los estudiantes y proponer soluciones que optimicen su formación.

¿Cuáles son los principales retos que enfrentan los estudiantes al aprender mecanizado en su institución?

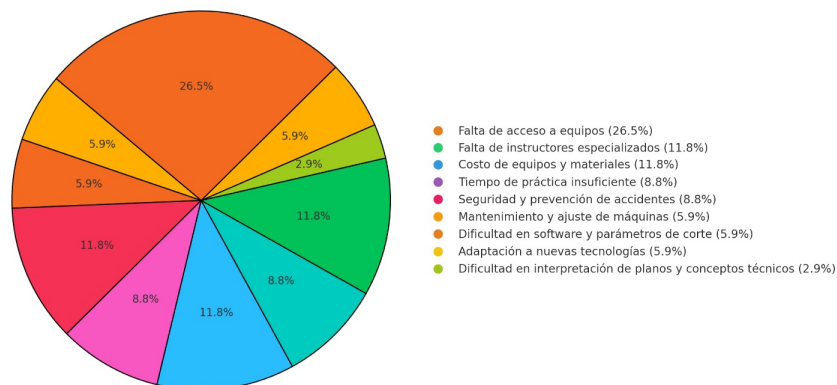


Figura 16. Gráfica pregunta 2

Resaltaron que los principales retos en el aprendizaje del mecanizado incluyen la falta de acceso a equipos (26.5 %), lo que limita la práctica de los estudiantes. También se mencionó la falta de instructores (11.8 %) y el alto costo de equipos y materiales (11.8 %). La insuficiencia de tiempo de práctica (8.8 %) y las preocupaciones sobre seguridad (8.8 %) también afectan el aprendizaje.

Otros desafíos incluyen el mantenimiento de las máquinas (5.9 %), la dificultad con software y parámetros de

corte (5.9 %), la adaptación a nuevas tecnologías (5.9 %) y la interpretación de planos y conceptos técnicos (2.9 %).

En cuanto a las fresadoras, la mayoría de los encuestados las identifican con el mecanizado y corte (64.0 %), seguidas de su uso en educación técnica (12.0 %) y su relación con software como CAD/CAM y CNC (12.0 %).

Un 8.0 % indicó desconocimiento, mientras que un 4.0 % destacó la diferencia entre fresadoras manuales y CNC.

Con la tercera interrogante, se buscó evaluar la disponibilidad y facilidad de acceso a estos equipos dentro del entorno educativo, con el objetivo de comprender las limitaciones existentes y su impacto en la formación práctica de los estudiantes.

**¿Qué tan accesibles son las fresadoras y otros equipos de mecanizado para los estudiantes en su institución?**

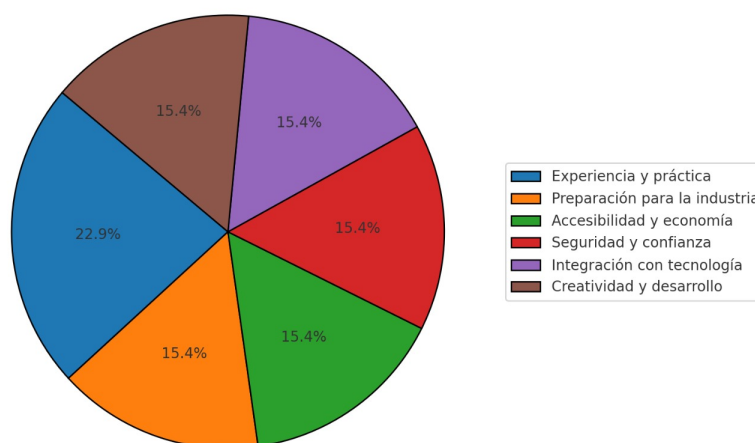


Figura 17. Gráfica pregunta 3

La accesibilidad a las fresadoras y equipos de mecanizado en instituciones educativas se distribuye en varias áreas clave. Un 22.9 % de las respuestas enfatiza la importancia de la experiencia y práctica, señalando que el aprendizaje efectivo requiere interacción directa con los equipos. Un 15.4 % destaca la preparación para la industria, lo que indica que el acceso a estos equipos mejora la empleabilidad de los estudiantes; otro 15.4 % menciona la accesibilidad y economía, reflejando que la disponibilidad de equipos está limitada por costos y recursos.

Por otro lado, un 15.4 % resalta la seguridad y confianza, subrayando la importancia de un entorno seguro para el uso adecuado de estas máquinas, un 15.4 % valora la integración con tecnología, indicando que herramientas como software CAD/CAM complementan la enseñanza. Finalmente, otro 15.4 % reconoce que la creatividad y desarrollo impulsan la innovación en los estudiantes.

¿Considera que la implementación de una fresadora didáctica mejoraría la enseñanza del mecanizado? ¿Por qué?

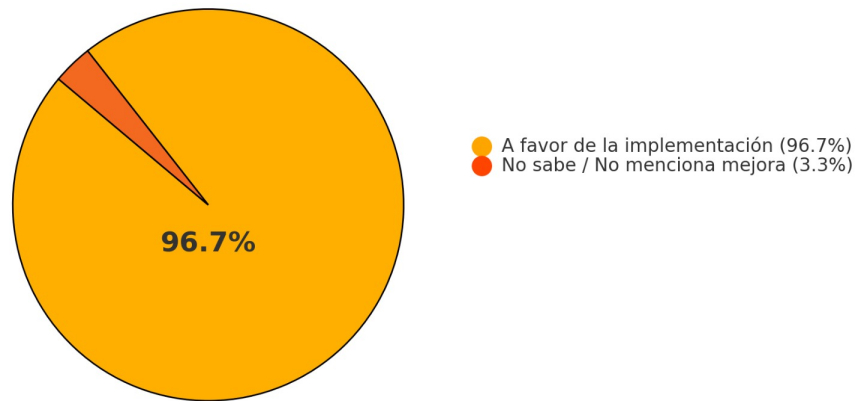


Figura 18. Gráfica pregunta 4

Los participantes coinciden en que la implementación de una fresadora didáctica tendría un impacto positivo en la enseñanza del mecanizado. Se destaca que esta herramienta facilitaría la práctica segura y reduciría la dependencia de máquinas industriales costosas. Por otro lado, permitiría a los estudiantes adquirir experiencia práctica, perder el miedo al uso de estos equipos en entornos laborales y fortalecer su preparación para la industria.

También se realizaron preguntas con opciones de respuesta escalonadas en donde se obtuvo una respuesta positiva sobre el impacto que la herramienta podría tener en el proceso de aprendizaje.

¿Qué tan efectivo considera que sería el uso de una fresadora didáctica en la enseñanza de mecanizado? [Copiar gráfico](#)  
30 respuestas

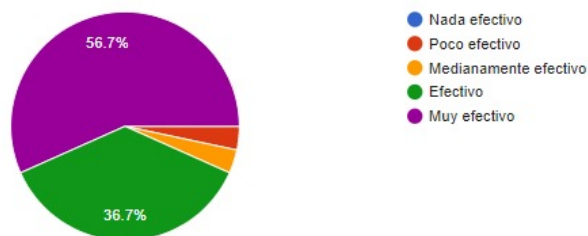


Figura 19. Pregunta 5

Las respuestas de nuestra sexta pregunta resaltaron la importancia de aspectos como la compatibilidad con diversos materiales de corte, el uso de materiales accesibles y económicos, la facilidad de uso para principiantes, la incorporación de funciones de seguridad mejoradas y un diseño compacto y fácil de transportar. Estos elementos reflejan las necesidades clave para garantizar un aprendizaje eficiente y accesible.

¿Qué tan importante es que la fresadora didáctica sea económica y accesible para las instituciones educativas?

[Copiar gráfico](#)

30 respuestas

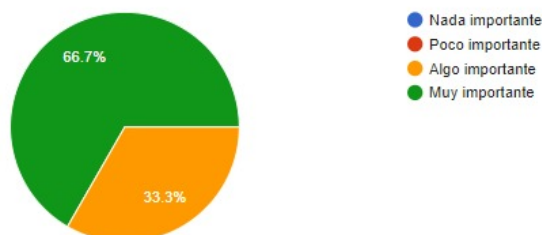


Figura 20. Pregunta 6

Los resultados de nuestra siguiente pregunta reflejan que la mayoría de los participantes considera este aspecto como un factor clave, resaltando la necesidad de un diseño asequible para garantizar su integración en entornos educativos con recursos limitados.

¿Cuál considera que sería la principal ventaja de implementar una fresadora didáctica en su institución educativa?

[Copiar gráfico](#)

30 respuestas



Figura 21. Pregunta 7

Para concluir nuestras preguntas, en la última se destacaron los beneficios como una mayor accesibilidad para estudiantes con menos experiencia, la mejora en la comprensión de los procesos de mecanizado, el incremento de horas de práctica y la reducción de costos en comparación con equipos industriales de mayor tamaño; esto ayudará a destacar la importancia de contar con equipos adaptados a la enseñanza.

¿Qué características debería tener una fresadora didáctica para que sea eficaz en la enseñanza de mecanizado?

 Copiar gráfico

30 respuestas

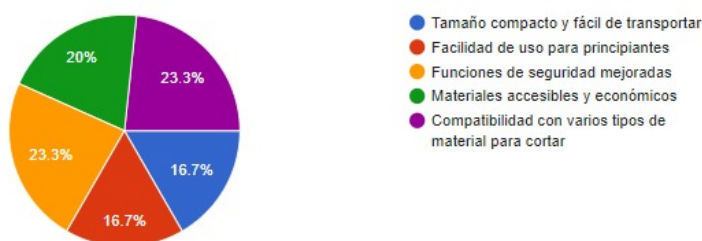


Figura 22. Pregunta 8

Los aspectos más valorados son la compatibilidad con varios tipos de material para cortar y las funciones de seguridad mejoradas, ambos con un 23.3 % de preferencia. Esto recalca que los estudiantes consideran esencial que la fresadora pueda trabajar con distintos materiales y cuente con medidas de seguridad para su uso en entornos educativos.

Por otro lado, la facilidad de uso para principiantes y el tamaño compacto y fácil de transportar obtuvieron un 16.7 % cada uno, lo que indica que la portabilidad y la accesibilidad para nuevos usuarios también son factores relevantes, aunque en menor medida.

Finalmente, un 20 % de los encuestados resaltó la importancia de utilizar materiales accesibles y económicos, lo que refleja la necesidad de desarrollar una fresadora de bajo costo sin comprometer su funcionalidad.

#### VI-C. Fase II. Selección del tipo de Fresadora

| Datos                 | Facilidad de manejo | Costo    | Portabilidad | Seguridad | Confiabilidad | Rango |
|-----------------------|---------------------|----------|--------------|-----------|---------------|-------|
| Factor de ponderación | .3                  | .25      | .15          | .15       | .15           | 1.0   |
| Fresadora Universal   | 7 / 2.1             | 5 / 1.25 | 5 / 0.75     | 6 / 0.9   | 6 / 0.9       | 5.9   |
| Fresadora CNC         | 8 / 2.4             | 2 / 0.5  | 9 / 1.35     | 9 / 1.35  | 5 / 0.75      | 6.35  |
| Fresadora Vertical    | 5 / 1.5             | 7 / 1.75 | 3 / 0.45     | 4 / 0.6   | 4 / 0.6       | 6.45  |
| Fresadora Horizontal  | 6 / 1.8             | 4 / 1    | 4 / 0.6      | 5 / 0.75  | 6 / 0.9       | 5.05  |

La elección de la fresadora vertical para nuestra tesis se justifica por su equilibrio entre accesibilidad, facilidad de uso, costo y seguridad, lo que la convierte en la opción ideal para entornos educativos.

En comparación con otros tipos de fresadoras, nos brinda una mayor facilidad de manejo, permitiendo a los estudiantes aprender los principios del mecanizado sin la complejidad de aprendizaje como en una fresadora CNC, que requiere programación y conocimientos avanzados. Además, su costo moderado la hace más accesible que una CNC y más versátil que una fresadora universal o horizontal.

Su diseño compacto permite una mejor portabilidad y adaptabilidad a espacios reducidos, a diferencia de las fresadoras horizontales, que ocupan más espacio. También destaca por su seguridad, debido a la disposición de la herramienta minimiza riesgos y facilita el control del material, reduciendo accidentes.

En términos de aplicaciones, la fresadora vertical permite realizar operaciones comunes como fresado frontal, ranurado y taladrado sin necesidad de manejos complejos, lo que la hace ideal para la enseñanza práctica; en comparación con otras opciones, la fresadora universal es versátil pero más difícil de manejar, la CNC es precisa pero requiere software especializado.

Por todo ello, la fresadora vertical resulta ser la mejor alternativa, puesto a que proporciona un balance óptimo entre funcionalidad, seguridad y accesibilidad, permitiendo un aprendizaje efectivo en el mecanizado.

#### *VI-D. Fase III. Selección de material para los componentes*

La selección de material de los componentes se realizó considerando varios factores como la corrosión del material de la estructura, la resistencia al esfuerzo, fricción, montaje y desmontaje, y facilidad de mantenimiento. Además, se tuvo en cuenta el rendimiento y la calidad requerida para los tipos de carga que serán ejercidos, asegurando la resistencia necesaria para el corte y perforación del Nylon 6, que es el único material con el que trabajará nuestro prototipo.

Por otro lado, nuestro portaherramientas está diseñado para trabajar con una fresa de 6 mm de diámetro; esta elección se debe a que el portabrocas utilizado en el prototipo solo permite el uso de herramientas con diámetros de hasta 8 mm.

La bancada está fabricada de aluminio, debido a que este material tiene una alta durabilidad bajo peso y una buena resistencia contra la deformación, mientras que la torre está fabricada de PE (Polietileno de alta densidad), este material cuenta con una alta resistencia al impacto, a la fricción y bajo peso.

Se utilizaron dos ejes de acero inoxidable para guías debido a su alta resistencia a la corrosión y rigidez estructural, lo que garantiza estabilidad y precisión en los desplazamientos.

Para el soporte y reducción de fricción en los ejes, se emplearon dos bocines de bronce, un material con excelentes propiedades de autolubricación y resistencia al desgaste, lo que mejora la eficiencia del movimiento sin comprometer la estructura.

Adicionalmente, se ha optado por un tornillo sin fin de acero inoxidable debido a su alta resistencia al desgaste y la corrosión, lo que garantiza una mayor durabilidad y un funcionamiento óptimo del mecanismo de transmisión.

En el ensamblaje, se optó por tornillos triplepato y pernos de 6mm x 35mm para fijar la mesa a la basa y de esta manera asegurar una sujeción firme y confiable de los componentes, proporcionando estabilidad y evitando desplazamientos no deseados.

Se incorporaron soportes de acero y aluminio, combinando la rigidez y resistencia del acero con la ligereza del aluminio.

#### *VI-E. Diseño de la forma de la Fresadora*

En la figura 23 se observa el diseño del prototipo de la Fresadora portátil.

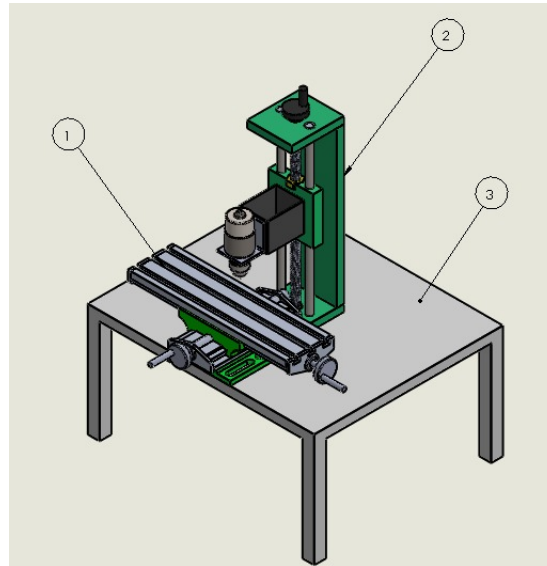


Figura 23. Diseño de Forma de Fresadora

Tabla I  
TABLA DE ELEMENTOS DEL DISEÑO DE LA FRESADORA, POR M. OVIEDO Y A. BERMEO, SOLIDWORKS

| N.º DE ELEMENTO | N.º DE PIEZA | CANTIDAD |
|-----------------|--------------|----------|
| 1               | Bancada      | 1        |
| 2               | Torre        | 1        |
| 3               | Base         | 1        |

La fresadora portátil está compuesta por elementos fundamentales que van a permitir realizar el mecanizado.

La bancada, también conocida como la mesa de trabajo, permite el desplazamiento de la pieza en los ejes 'X' y 'Y', facilitando el posicionamiento adecuado del material a mecanizar. La torre, es la estructura vertical donde se encuentra la herramienta de corte, permite su movimiento en el eje Z, lo que permitirá realizar el mecanizado.

Finalmente, toda la estructura se encuentra montada sobre una base firme que proporciona estabilidad y soporte, facilitando su portabilidad, siendo una mesa pequeña.

#### 1. Bancada:

- Está diseñada con dos ejes 'x' y 'y', estos dos ejes nos permiten tener un desplazamiento en forma horizontal en el plano xy, ambos ejes se desplazan con dos tornillos sin fin con diferentes diámetros y longitudes, esto limita la distancia que puede recorrer a través del tornillo.

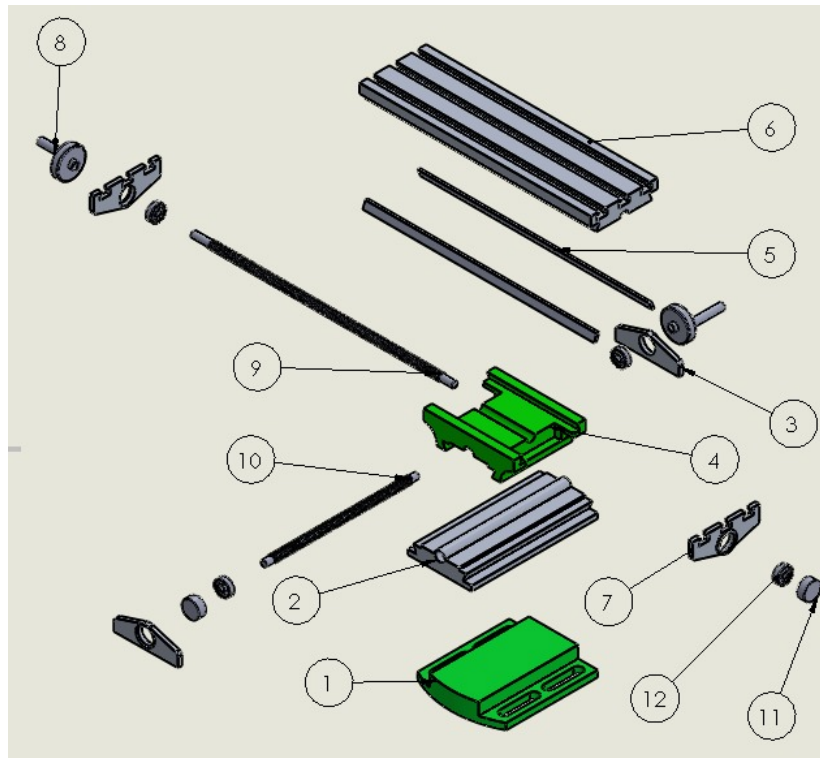


Figura 24. Explosionado de bancada, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

Tabla II

TABLA DE ELEMENTOS DEL PLANO EXPLOSIONADO, POR M. OVIEDO Y A. BERMEO, SOLIDWORKS

| N.º DE ELEMENTO | N.º DE PIEZA                | CANTIDAD |
|-----------------|-----------------------------|----------|
| 1               | Base                        | 1        |
| 2               | Mesa (Eje Y)                | 1        |
| 3               | Tope de Mesa (Eje Y)        | 2        |
| 4               | Soporte de Mesa (Eje X)     | 1        |
| 5               | Soporte de Ajuste           | 2        |
| 6               | Mesa (Eje X)                | 1        |
| 7               | Tope de Mesa (Eje X)        | 2        |
| 8               | Manivela                    | 2        |
| 9               | Tornillo sin fin (Eje X)    | 1        |
| 10              | Tornillo sin fin (Eje Y)    | 1        |
| 11              | Tapa                        | 2        |
| 12              | Rodamiento_608_C<br>ompleto | 4        |

## 2. Torre:

- Tiene un mecanismo de dos barras de Acero inoxidable que funcionan como ejes, un tornillo sin fin, dos rodamientos y dos bocines de bronce. Este mecanismo es manejado por una manivela. La función del mecanismo es dar movimiento al tornillo sin fin con ayuda de dos bocines de bronce que desplazan el soporte del motor DC en forma lineal.

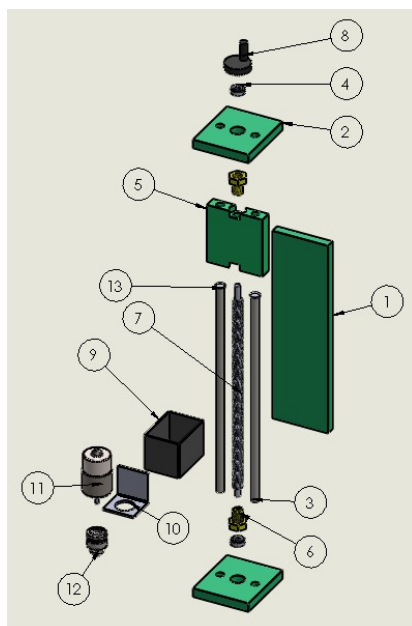


Figura 25. Explosionado de Torre, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

Tabla III

TABLA DE ELEMENTOS DEL PLANO EXPLOSIONADO, POR M. OVIEDO Y A. BERMEO, SOLIDWORKS

| N.º DE ELEMENTO | N.º DE PIEZA             | CANTIDAD |
|-----------------|--------------------------|----------|
| 1               | Estructura 330 x 95 mm   | 1        |
| 2               | Estructura 110 x 95 mm   | 2        |
| 3               | Barras de Acero          | 2        |
| 4               | Rodamiento_608_C ompleto | 2        |
| 5               | Soporte                  | 1        |
| 6               | Bocin                    | 2        |
| 7               | Tomillo sin Fin          | 1        |
| 8               | Manivela (Torre)         | 1        |
| 9               | Sopote de Alargamiento   | 1        |
| 10              | Soporte de Motor DC      | 1        |
| 11              | Motor DC 12V-24V         | 1        |
| 12              | Porta - Herramientas     | 1        |
| 13              | Tope                     | 2        |

VI-E1. *Parámetro de funcionamiento de Fresadora:*

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| Tipo de fresadora    | Vertical       |
| Tamaño de mesa       | 330*330*180mm  |
| Carrera longitudinal | 330mm          |
| Carrera transversal  | 180mm          |
| Carrera vertical     | 330mm          |
| Velocidad de Corte   | 226,19 m/min   |
| Avance por mesa      | 1440 mm/min    |
| Avance por dientes   | 0,03 mm/diente |
| Potencia de motor    | 0,054 Kw       |

VI-E2. *Cálculo de Velocidades:*

ANGULOS, AVANCES Y VELOCIDAD DE CORTE



|                        |       | NYLON 6 | ACETAL | PE/PP | PTFE  |
|------------------------|-------|---------|--------|-------|-------|
| Ángulo de incidencia a | °     | 10-20   | 5-15   | 10-20 | 10-20 |
| Ángulo de virutas g    | °     | 5-15    | 5-15   | 5-15  | 5-20  |
| Avance S               | mm/t  | >0,03   | >0,02  | >0,05 | >0,03 |
| Velocidad de corte V   | m/min | <1000   | <1000  | >1000 | >800  |

Figura 26. Tabla de Velocidad de Corte del Nylon 6.

Velocidad de Corte ( $V_c$ ):

- $V_c$  = Velocidad de husillo (m/min)
- $D_{cap}$  = Diámetro de corte a la profundidad de corte ap (mm)
- $n$  = Velocidad de husillo (rpm)

$$V_c = \frac{\pi * D * n}{1000} = \frac{\pi * 6mm * 12000rpm}{1000} = 226,19m/min \quad (5)$$

Avance de mesa ( $V_f$ ):

- $f_z$  = Avance de diente (mm)
- $n$  = Velocidad de Husillo (rpm)
- $Z$  = número de dientes de la herramienta

$$V_f = f_z * n * Z \quad (6)$$

$$V_f = 0,03 \frac{mm}{dientes} * 12000 \frac{rev}{min} * 4dientes = 1440mm/min \quad (7)$$

Potencia Neta P (Kw)

|                                        |        |
|----------------------------------------|--------|
| Profundidad de pasada axial ( $a_p$ )  | 1.2mm  |
| Profundidad de pasada radial ( $a_r$ ) | 37.8mm |

Figura 27. Profundidades del material de Nylon.

- $F_c$  = Fuerza de corte (N)
- $A_c$  = área de corte ( $mm^2$ )
- $a_e$  = Profundidad de corte radial (mm)
- $AP$  = Profundidad de corte axial (mm)
- $V_f$  = Avance de mesa (mm/min)
- $k_c$  = Esfuerzo de corte específica ( $\frac{N}{mm^2}$ )

Como estamos trabajando con el material Nylon el  $k_c$  será de 50 - 100 (N/mm<sup>2</sup>).

$$F_c = K_c * A_c = 50 * 0,2 = 10N \quad (8)$$

$$P_c = \frac{a_e * AP * V_f * k_c}{60 * 10^6} \quad (9)$$

$$P_c = \frac{37,8mm * 1,2mm * 1440mm/min * 50N/mm^2}{60 * 10^6} = 0,054Kw \quad (10)$$

Par  $M(Nm)$

- $P_c$  = Potencia Neta (Kw)
- $n$  = Velocidad de husillo (rpm)

$$M_c = \frac{P_c * 30 * 10^3}{\pi * n} \quad (11)$$

$$M_c = \frac{0,054 * 30 * 10^3}{\pi * 12000} = 0,042N * m \quad (12)$$

#### VI-F. Diseño de los tornillos de potencia

En esta sección se presenta el diseño de los tornillos sin fin, los cuales han sido modelados en SolidWorks.

VI-F1. Tornillo potencia mesa en 'X' y 'Y':

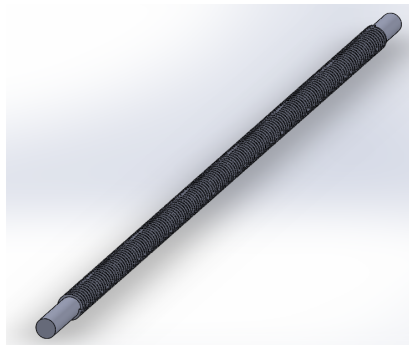


Figura 28. Diseño de tornillo de potencia en 'X' y 'Y', por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

Datos:

- $d$  = Diámetro mayor
- $d_r$  = Diámetro menor
- $d_p$  = Diámetro de paso
- $d_m$  = Diámetro medio
- $p = l$  = Paso
- $\mu$  = Coeficiente de fricción
- $F$  = Fuerza Total
- $d_c$  = Diámetro de collarin

Hallar el diámetro medio, diámetro menor y el avance.

$$dm = d - \frac{p}{2} = 9 - \frac{2}{2} = 8mm = 0,008m \quad (13)$$

$$dr = d - p = 9 - 2 = 7mm = 0,007m \quad (14)$$

$$l = np = 1(2) = 2mm = 0,002m \quad (15)$$

Determinar el par de torsión que se requiere para hacer girar el tornillo contra la carga.

| COEFICIENTE DE ROZAMIENTO TORNILLO – TUERCA $\mu$ |                       |        |       |           |
|---------------------------------------------------|-----------------------|--------|-------|-----------|
| MATERIAL TORNILLO                                 | MATERIAL DE LA TUERCA |        |       |           |
|                                                   | ACERO                 | BRONCE | LATÓN | FUNDICIÓN |
| → ACERO SECO                                      | 0.20                  | → 0.18 | 0.17  | 0.20      |
| ACERO LUBRICADO                                   | 0.15                  | 0.12   | 0.12  | 0.13      |
| BRONCE                                            | 0.10                  | 0.05   |       | 0.075     |

Figura 29. Tabla de coeficiente de fricción X.

Peso de la Bancada (W):

- $m$  = masa (kg)
- $g$  = gravedad ( $\frac{m}{s^2}$ )

$$W = mg = 2,4Kg * 9,8(\frac{m}{s^2}) = 23,52N \quad (16)$$

El valor de 2,4 Kg es el peso total de la bancada.

Masa del material:

$$m = \rho v = 0,1m * 0,1m * 0,012m * 1150(\frac{Kg}{m^3}) = 0,138Kg \quad (17)$$

Peso del material:

$$P = mg = 0,138Kg * 9,8(\frac{m}{s^2}) = 1,35N \quad (18)$$

Nuestra fuerza total será:

$$F_{total} = P + W + F_c \quad (19)$$

$$F_{total} = 1,35N + 23,52N + 10N = 34,87N \quad (20)$$

Se calculara el torque necesario en el tornillo.

$$T_R = \frac{F d_m}{2} \left( \frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - f l} \right) + \frac{F f_c d_c}{2} \quad (21)$$

$$T_R = \frac{(34,87N)(0,008m)}{2} \left( \frac{0,002 + \pi(0,18)(0,008m)}{\pi(0,008m) - (0,18)(0,002)} \right) + \frac{(34,87N)(0,18)(0,01)}{2} = 0,068N * m \quad (22)$$

Calculo de fuerza de giro.

- $T_R$  = Par de torsión del tornillo que gira la carga
- $r$  = radio

$$\left( \frac{T_R}{r} \right) = \frac{0,068}{0,02} = 3,4N * m \quad (23)$$

Determina la eficiencia global de la carga.

$$e = \frac{Fl}{2\pi T_R} \quad (24)$$

$$e = \frac{34,87N(0,002)}{2\pi(0,068N)} = 0,1632 \quad (25)$$

Determina el esfuerzo cortante en el cuerpo , debido al momento de torsión  $T_R$  en el exterior del cuerpo del tornillo.

$$\tau = \frac{16T_R}{\pi d_r^3} \quad (26)$$

$$\tau = \frac{16(0,068)}{\pi(0,007^3)} = 10,9MPa \quad (27)$$

Determina el esfuerzo axial normal nominal.

$$\sigma = -\frac{4F}{\pi d_r^2} \quad (28)$$

$$\sigma = -\frac{4(34,87)}{\pi(0,007^2)} = -0,90MPa \quad (29)$$

Determina el esfuerzo flexionante en la raíz de la rosca.

$$\sigma_b = \frac{6(0,38F)}{\pi d_r(1)p} \quad (30)$$

$$\sigma_b = \frac{6(0,38)(34,87)}{\pi(0,007)(1)(0,002)} = 1,80MPa \quad (31)$$

Se determina el esfuerzo de Von Misses:

- Esfuerzos Tridimensionales:

- $\sigma_x = 1.80 \text{ MPa}$
- $\sigma_y = -0.90 \text{ MPa}$
- $\tau_{yz} = 10.9 \text{ MPa}$

$$\sigma' = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(1,80 - 0)^2 + [0 - (-0,90)]^2 + (-0,90 - 1,80)^2 + 6(10,9)^2} = 3,87 \text{ MPa} (32)$$

Dado que el esfuerzo a la fluencia del acero es 240 MPa, se puede notar que es mucho mayor que el esfuerzo de Von Misses obtenido, por lo cual el tornillo no va fallar.

El diseño del tornillo en eje X y Y son similares.

VI-F2. *Diseño de Tornillo de potencia en 'Z':*

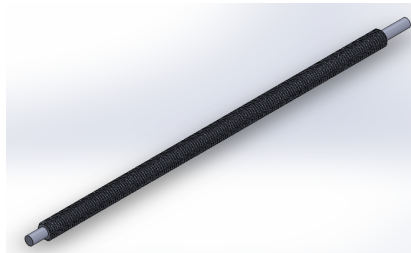


Figura 30. Diseño de tornillo de potencia en 'Z', por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

Datos:

- $d$  = Diámetro mayor
- $d_r$  = Diámetro menor
- $d_p$  = Diámetro de paso
- $dm$  = Diámetro medio
- $p = l$  = Paso
- $\mu$  = Coeficiente de fricción
- $F$  = Fuerza Total
- $d_c$  = Diámetro collarin

Hallar el diámetro medio, diámetro menor y el avance.

$$dm = d - \frac{p}{2} = 12 - \frac{2}{2} = 11 \text{ mm} = 0,011 \text{ m} \quad (33)$$

$$dr = d - p = 12 - 2 = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m} \quad (34)$$

$$l = np = 1(2) = 2 \text{ mm} = 0,002 \text{ m} \quad (35)$$

Determinar el par de torsión que se requiere para hacer girar el tornillo contra la carga.

| Materiales y sus combinaciones |                | Condiciones de la superficie | Coefficiente estático de fricción |
|--------------------------------|----------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Aluminio                       | Aluminio       | Limpio y seco                | 1,05 - 1,35                       |
| Aluminio                       | Aluminio       | Lubricado y grasiento        | 0,3                               |
| Aluminio-bronce                | Acero          | Limpio y seco                | 0,45                              |
| Aluminio                       | Acero dulce    | Limpio y seco                | 0,61                              |
| Latón                          | Acero          | Limpio y seco                | 0,51                              |
| Latón                          | Acero          | Lubricado y grasiento        | 0,19                              |
| Latón                          | Acero          | Aceite de ricino             | 0,11                              |
| Ladrillo                       | Madera         | Limpio y seco                | 0,6                               |
| Bronce                         | Acero          | Lubricado y grasiento        | 0,16                              |
| Bronce - sinterizado           | Acero          | Lubricado y grasiento        | 0,13                              |
| Cadmio                         | Cadmio         | Limpio y seco                | 0,5                               |
| Cadmio                         | Cadmio         | Lubricado y grasiento        | 0,05                              |
| Cadmio                         | Cromo          | Limpio y seco                | 0,41                              |
| Cadmio                         | Cromo          | Lubricado y grasiento        | 0,34                              |
| Hierro fundido                 | Hierro fundido | Limpio y seco                | 1,1                               |
| Hierro fundido                 | Acero dulce    | Limpio y seco                | 0,4                               |

Figura 31. Tabla de coeficiente de fricción

Peso del cabezal (W)

- $m$  = masa (kg)
- $g$  = gravedad ( $\frac{m}{s^2}$ )

$$W = mg = 3,40Kg * 9,8(\frac{m}{s^2}) = 3,33N \quad (36)$$

El valor de 3,40 kg es el peso del motor, soporte y portabrocas.

Masa del material:

$$m = \rho v = 0,1m * 0,1m * 0,012m * 1150(\frac{Kg}{m^3}) = 0,138Kg \quad (37)$$

Peso del material

$$P = mg = 0,138Kg * 9,8(\frac{m}{s^2}) = 1,35N \quad (38)$$

Nuestra fuerza de total será:

$$F_{total} = P + W + F_c \quad (39)$$

$$F_{total} = 1,35N + 3,33N + 10N = 14,68N \quad (40)$$

Se calculara el torque necesario en el tornillo.

$$T_R = \frac{F d_m}{2} (\frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - f l}) + \frac{F f_c d_c}{2} \quad (41)$$

$$T_R = \frac{(14,68N)(0,011m)}{2} (\frac{0,002m + \pi(0,16)(0,011m)}{\pi(0,011m) - (0,16)(0,002m)}) + \frac{(14,68N)(0,16)(0,013m)}{2} = 0,033N * m \quad (42)$$

Calculo de fuerza de giro.

- $T_R$  = Par de torsion del tornillo que gira la carga
- $r$  = radio

$$\left(\frac{T_R}{r}\right) = \frac{0,033}{0,064} = 1,03 N * m \quad (43)$$

Determina la eficiencia global de la carga.

$$e = \frac{Fl}{2\pi T_R} \quad (44)$$

$$e = \frac{(14,68)(0,002)}{2\pi(0,033)} = 0,141 \quad (45)$$

Determina el esfuerzo cortante en el cuerpo , debido al momento de torsión TR en el exterior del cuerpo del tornillo.

$$\tau = \frac{16T_R}{\pi d_r^3} \quad (46)$$

$$\tau = \frac{16(0,033)}{\pi(0,01^3)} = 1,68 MPa \quad (47)$$

Determina el esfuerzo axial normal nominal.

$$\sigma = -\frac{4F}{\pi d_r^2} \quad (48)$$

$$\sigma = -\frac{4(14,68)}{\pi(0,01^2)} = -0,18 MPa \quad (49)$$

Determina el esfuerzo flexionante en la raíz de la rosca.

$$\sigma_b = \frac{6(0,38F)}{\pi d_r(1)p} \quad (50)$$

$$\sigma_b = \frac{6(0,38)(14,68)}{\pi(0,01)(1)(0,002)} = 0,53 MPa \quad (51)$$

Determina el esfuerzo de Von Misses:

- Esfuerzos Tridimensionales:
- $\sigma_x = 0.53$  MPa
- $\sigma_y = -0.18$  MPa
- $\tau_{yz} = 1.68$  MPa

$$\sigma' = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(0,53 - 0)^2 + [0 - (-0,18)]^2 + (-0,18 - 0,53)^2 + 6(1,68)^2} = 1,49 MPa \quad (52)$$

Dado que el esfuerzo a la fluencia del acero es 240 MPa, se puede notar que es mucho mayor que el esfuerzo de Von Misses obtenido, por lo cual el tornillo no va fallar.

#### VI-G. Análisis de la torre de la fresadora

La torre de una fresadora desempeña un papel crucial, ya que soporta el cabezal de corte y absorbe las fuerzas generadas durante el mecanizado.

Este informe presenta el análisis estructural de la torre de la fresadora utilizando SolidWorks Simulation. Se evalúan aspectos como el análisis de tensiones, esfuerzos y deformaciones.

Se empezó con un mallado del ensamble, nos va a permitir obtener una aproximación precisa de los esfuerzos y deformaciones en la estructura. A partir de este mallado, se aplicaron condiciones de carga y restricciones para evaluar la respuesta del material.

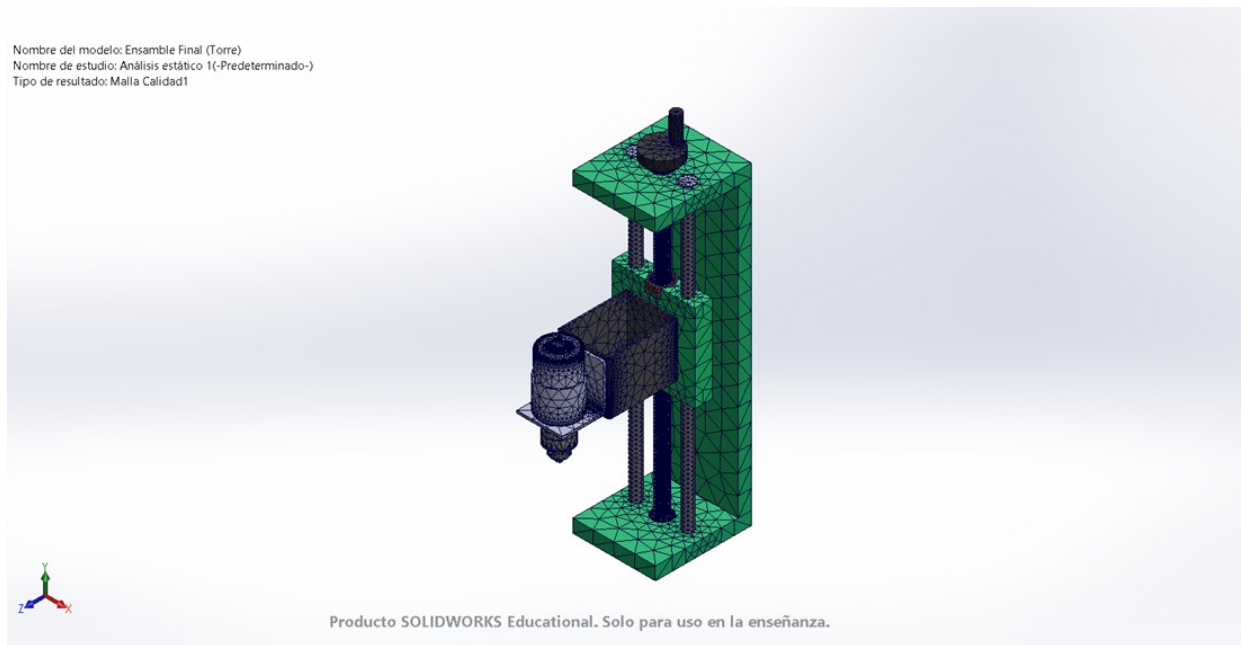


Figura 32. Aplicación de la malla a la torre, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

Para el primer análisis se toma en cuenta la carga de 3.33 N, esto fue debido al peso peso del motor, soporte y portabrocas en kg, convertido desde 11.99 oz, que fue el peso en total de los componentes.

Nuestra ecuación es la siguiente:

$$F = m * g \quad (53)$$

Datos:

- $m = 340 \text{ kg}$
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$$F = 340 * 9,81 \text{ m/s}^2 = 3,33 \text{ N} \quad (54)$$

#### VI-G1. Primer análisis:

### Fuerzas de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X       | Sum Y    | Sum Z       | Resultante |
|-------------------------|----------|-------------|----------|-------------|------------|
| Todo el modelo          | N        | 0,000420476 | -13,3294 | 0,000117902 | 13,3294    |

### Fuerzas de cuerpo libre

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X     | Sum Y       | Sum Z      | Resultante |
|-------------------------|----------|-----------|-------------|------------|------------|
| Todo el modelo          | N        | 0,0119688 | -0,00484135 | -0,0496413 | 0,0512928  |

### Momentos de cuerpo libre

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X | Sum Y | Sum Z | Resultante |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|------------|
| Todo el modelo          | N.m      | 0     | 0     | 0     | 1e-33      |

Figura 33. Fuerza resultante, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

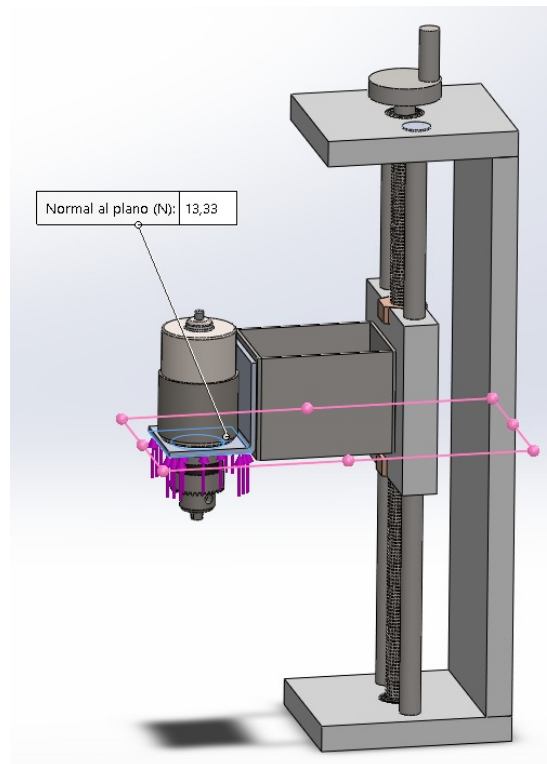


Figura 34. Carga aplicada a torre, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

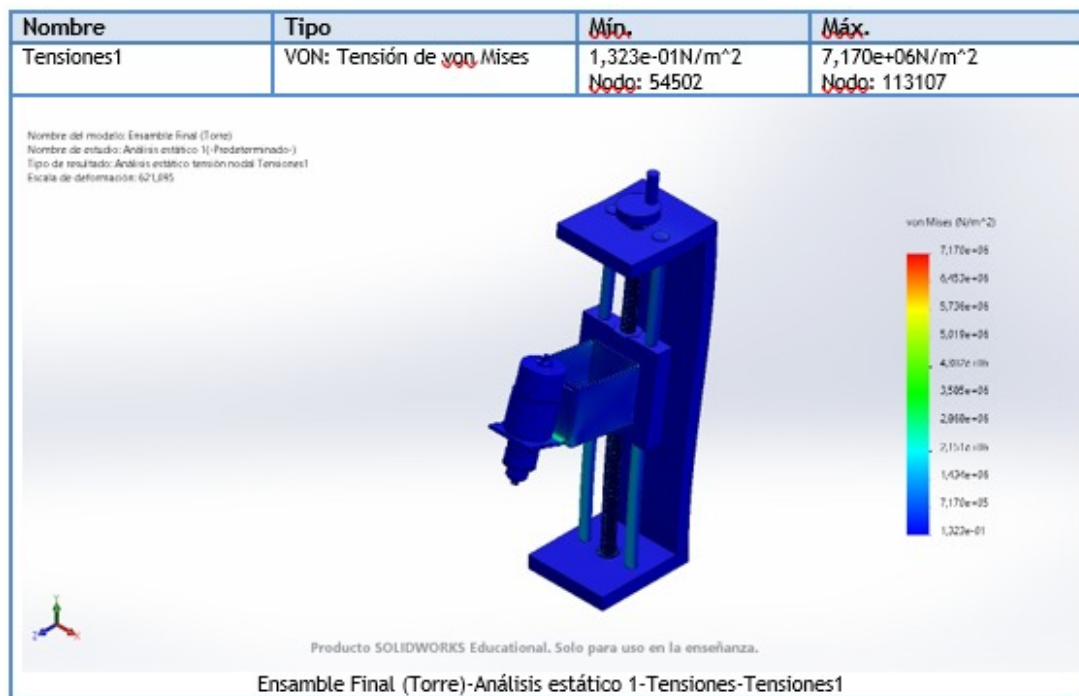


Figura 35. Tensión, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

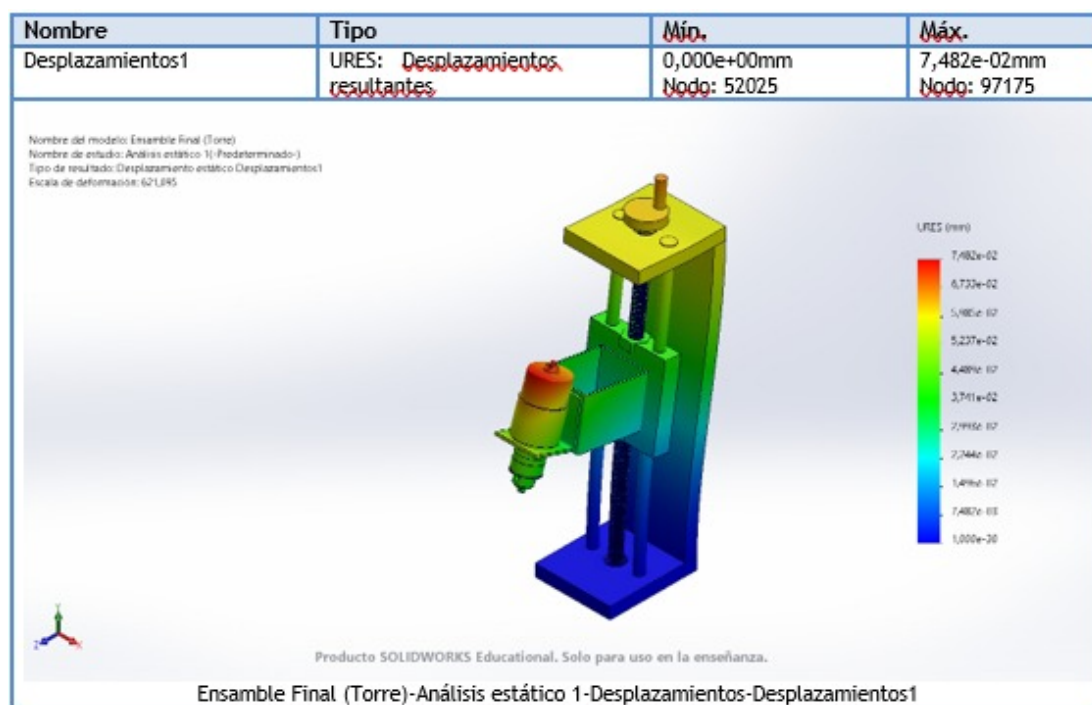


Figura 36. Desplazamiento, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

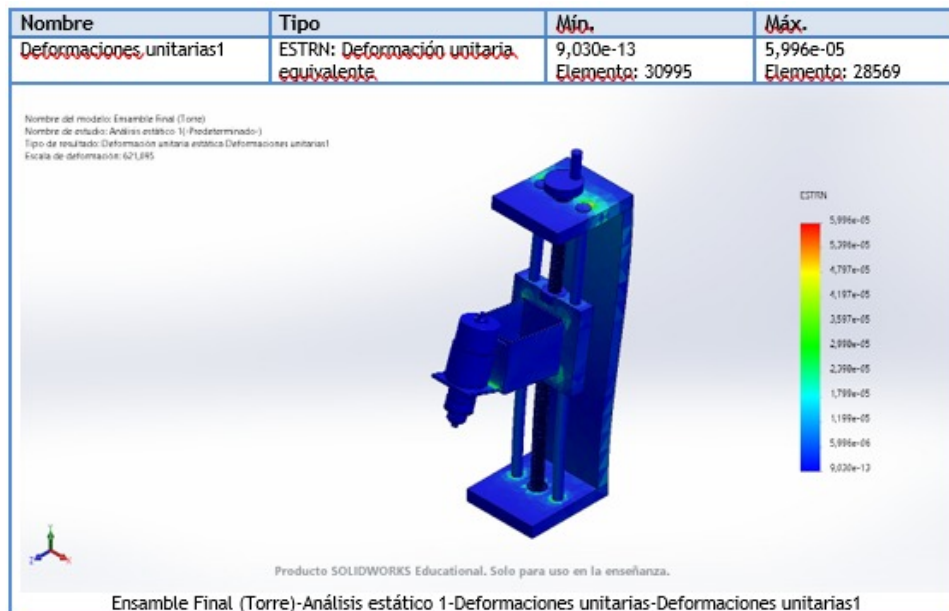


Figura 37. Deformación, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

El análisis estático realizado con una fuerza total de 13.33 N, que combina la carga del peso (3.33 N) y la fuerza de corte (10 N), permitió evaluar el comportamiento estructural bajo condiciones de mayor exigencia mecánica. Las fuerzas de reacción registraron una resultante de 13.3294 N, lo que indica que la estructura soporta adecuadamente la carga aplicada sin presentar inestabilidad.

En cuanto a las fuerzas de cuerpo libre, se obtuvo una resultante de 0.0513 N, lo que sugiere que las cargas internas se mantienen dentro de valores controlados y no generan desequilibrios significativos.

Los momentos de cuerpo libre fueron prácticamente nulos, lo que confirma una distribución eficiente de las cargas sin torsiones indeseadas.

Respecto a las tensiones, la máxima registrada fue de  $7,17 \text{ N/mm}^2 (\text{MPa})$  en el nodo 113107, lo que representa un aumento considerable en comparación con el análisis anterior, pero aún dentro de rangos aceptables según los materiales comunes en este tipo de estructuras.

Los desplazamientos máximos fueron de  $7.482 \times 10^{-2} \text{ mm}$ , lo que indica una mayor deformación en comparación con la primera prueba, aunque sigue siendo relativamente pequeña.

La deformación unitaria equivalente alcanzó un valor máximo de  $5.996 \times 10^{-5}$ , lo que sugiere que, si bien la estructura experimenta una mayor deformación, esta sigue siendo manejable dentro de los límites esperados.

El análisis muestra que la estructura responde de manera adecuada a la carga aumentada, sin comprometer su integridad estructural, aunque se recomienda verificar los factores de seguridad y considerar posibles refuerzos en zonas críticas si se espera un uso continuo bajo estas condiciones de carga.

## VI-G2. Segundo análisis:

En nuestro segundo análisis usamos una fuerza de 10 N, esta hace referencia a la fuerza que va a ejercer mi herramienta mientras mi mesa se mueva en el eje 'x'.

## Fuerzas resultantes

### Fuerzas de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X   | Sum Y       | Sum Z        | Resultante |
|-------------------------|----------|---------|-------------|--------------|------------|
| Todo el modelo          | N        | 9,99987 | -0,00102808 | -0,000303645 | 9,99987    |

### Fuerzas de cuerpo libre

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X     | Sum Y     | Sum Z    | Resultante |
|-------------------------|----------|-----------|-----------|----------|------------|
| Todo el modelo          | N        | 0,0828692 | 0,0401808 | 0,014357 | 0,0932091  |

### Momentos de cuerpo libre

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X | Sum Y | Sum Z | Resultante |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|------------|
| Todo el modelo          | N.m      | 0     | 0     | 0     | 1e-33      |

Figura 38. Fuerza resultante, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

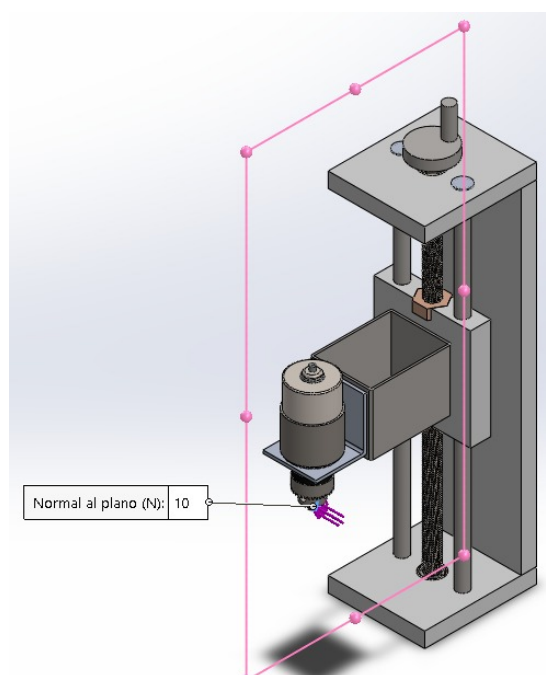


Figura 39. Carga aplicada a soporte con dirección inversa, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

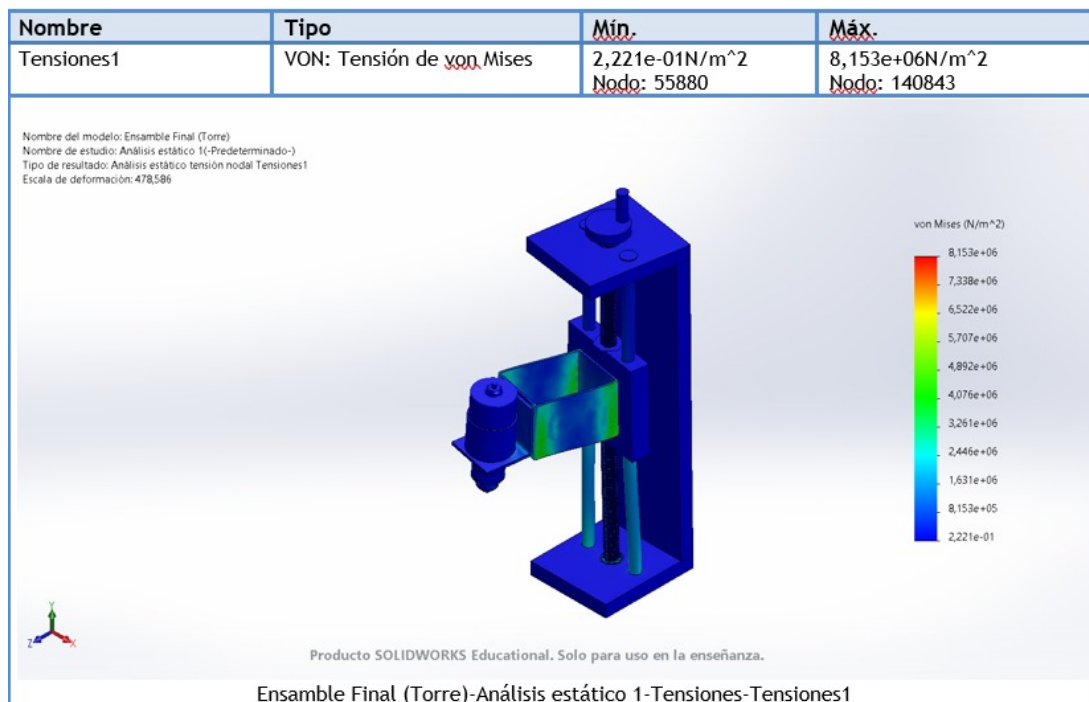


Figura 40. Tensión, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

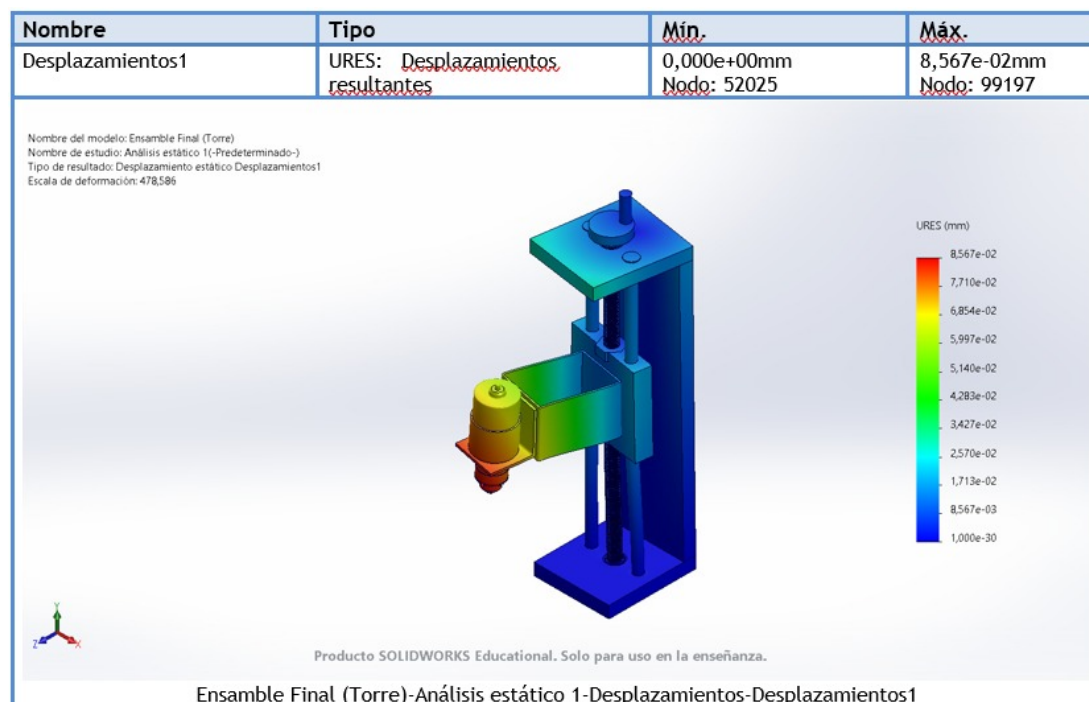


Figura 41. Desplazamiento, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

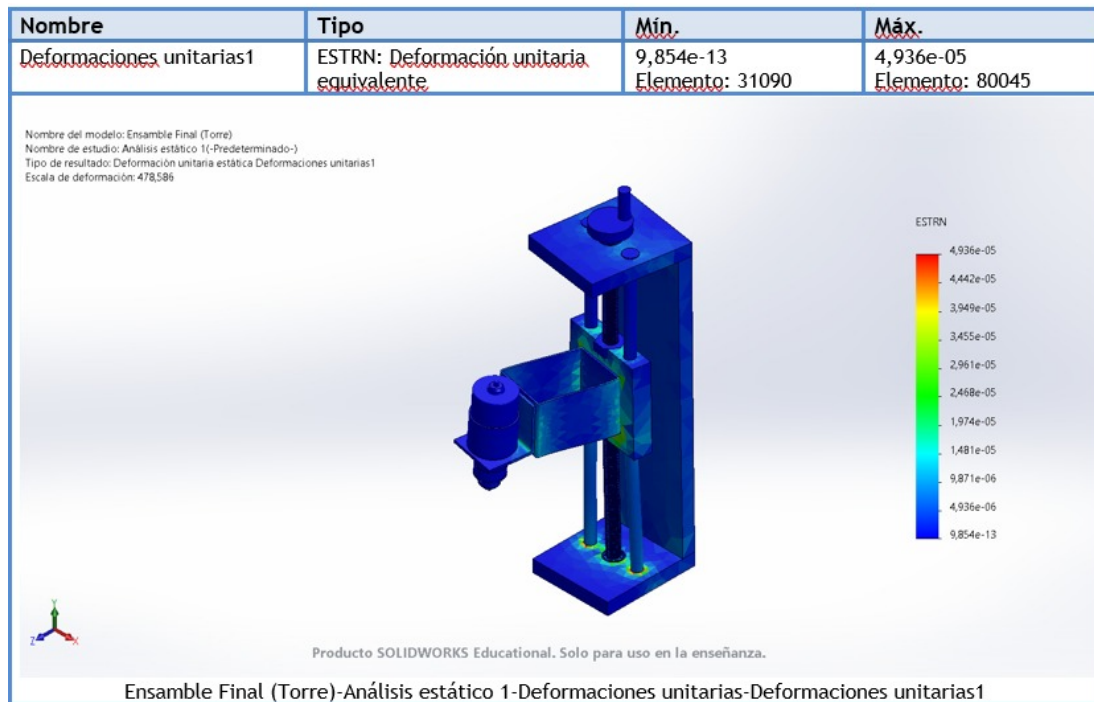


Figura 42. Deformación, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

En el tercer análisis, se aplicó una fuerza de 10 N, representando la carga ejercida por la herramienta mientras la mesa se desplaza en el eje X; los resultados muestran que la estructura responde de manera adecuada a esta carga, con una fuerza de reacción resultante de 9.99987 N, lo que indica que el sistema equilibra correctamente la carga sin generar inestabilidades.

Las fuerzas de cuerpo libre muestran una resultante de 0.0932 N, lo que sugiere que las cargas internas son mínimas y están bien distribuidas dentro de la estructura, mientras que los momentos de cuerpo libre siguen siendo prácticamente nulos, reflejando una correcta distribución de esfuerzos sin torsiones significativas.

En cuanto a las tensiones, se registró un valor máximo de  $8,153 \text{ N/mm}^2 (\text{MPa})$  en el nodo 140843, representando un leve aumento con respecto a los análisis anteriores, pero aún dentro de rangos aceptables para los materiales utilizados.

Los desplazamientos máximos alcanzaron  $7.482 \times 10^{-2} \text{ mm}$ , lo que indica una pequeña deformación, pero sin afectar la estabilidad estructural, la deformación unitaria equivalente presentó un valor máximo de  $4.936 \times 10^{-5}$ , lo que sugiere que, aunque la estructura experimenta una deformación bajo la carga aplicada, esta sigue siendo mínima y no representa un problema crítico.

### VI-G3. Tercer análisis:

Para el último análisis seguimos usando la fuerza de 10 N, debido a que será la misma fuerza de la mesa pero en esta ocasión su dirección corresponderá al eje 'y'.

#### Fuerzas de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X      | Sum Y        | Sum Z   | Resultante |
|-------------------------|----------|------------|--------------|---------|------------|
| Todo el modelo          | N        | 0,00029035 | -0,000314817 | 10,0001 | 10,0001    |

#### Fuerzas de cuerpo libre

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X       | Sum Y      | Sum Z       | Resultante |
|-------------------------|----------|-------------|------------|-------------|------------|
| Todo el modelo          | N        | 0,000678561 | 0,00078697 | -0,00626948 | 0,00635501 |

#### Momentos de cuerpo libre

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X | Sum Y | Sum Z | Resultante |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|------------|
| Todo el modelo          | N.m      | 0     | 0     | 0     | 1e-33      |

Figura 43. Fuerza resultante, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

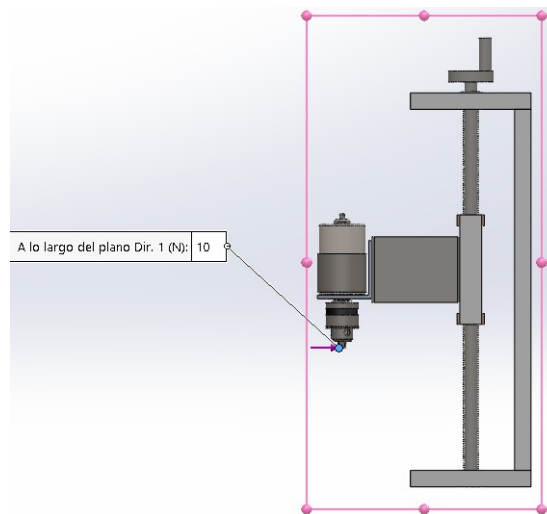


Figura 44. Carga aplicada a soporte con dirección inversa, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

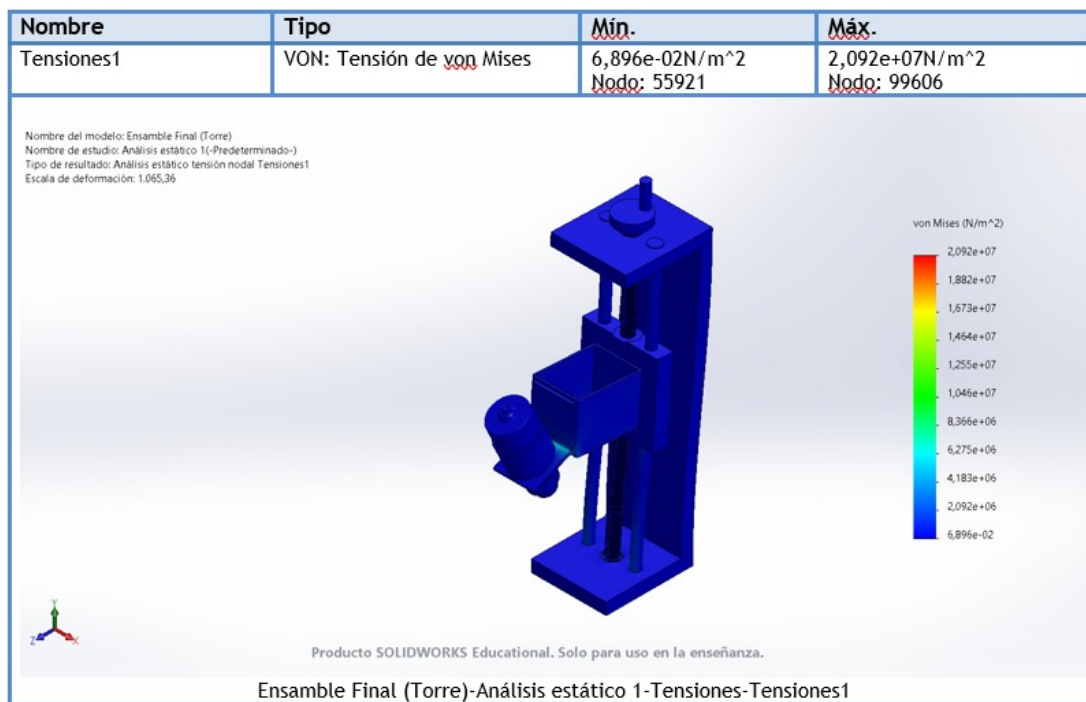


Figura 45. Tensión, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

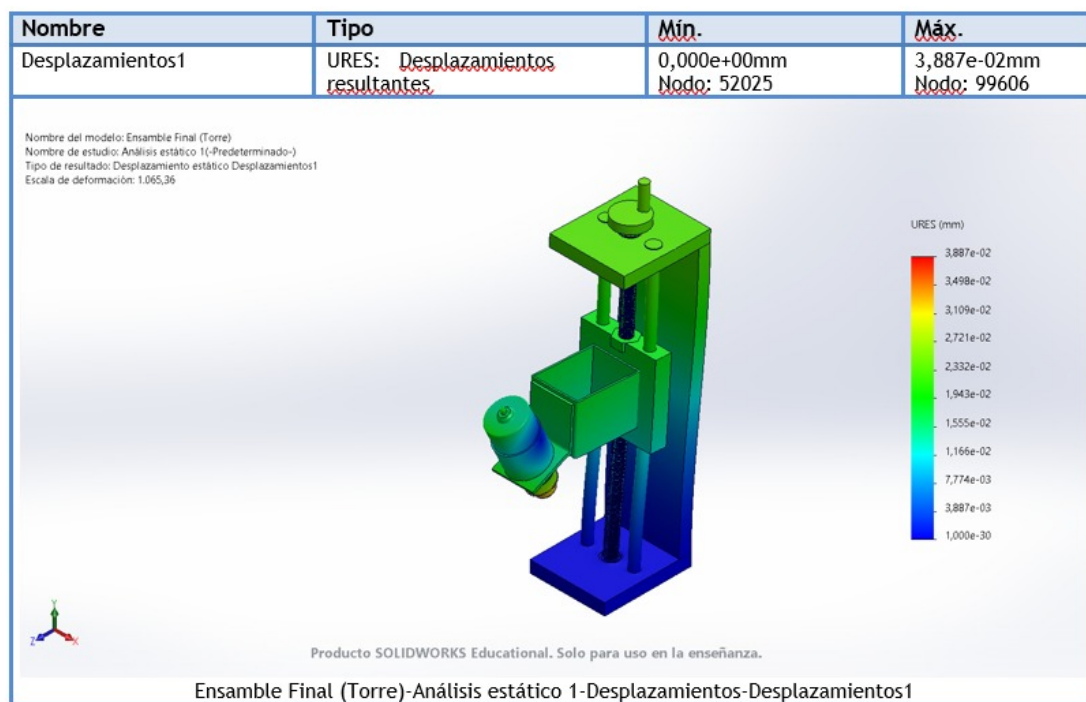


Figura 46. Desplazamiento, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

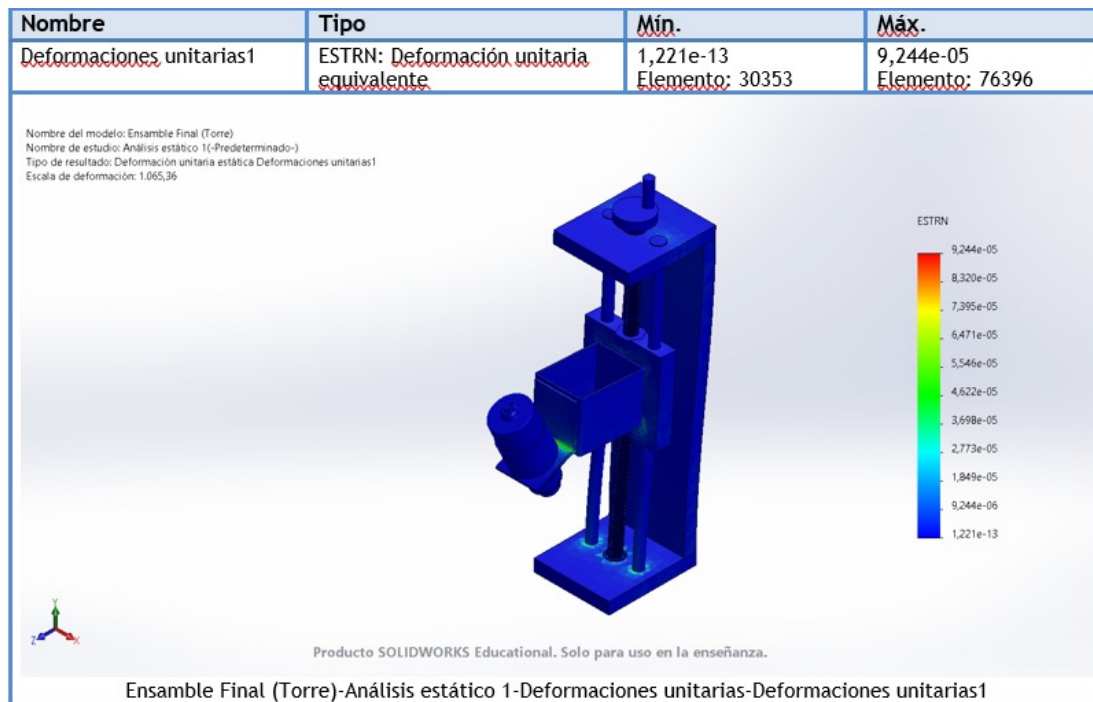


Figura 47. Deformación, por M. Oviedo y A. Bermeo, SolidWorks Simulation

En el tercer análisis, se aplicó nuevamente una fuerza de 10 N, pero esta vez con dirección en el eje Y, simulando el esfuerzo ejercido por la mesa en esa dirección; los resultados muestran que la estructura sigue respondiendo de manera adecuada, con una reacción total de 10.001 N, lo que indica que el sistema soporta la carga sin generar inestabilidades.

Las fuerzas de cuerpo libre presentaron una resultante de 0.00635 N, lo que sugiere que las cargas internas son mínimas y están bien distribuidas, sin generar efectos adversos sobre la estructura.

Los momentos de cuerpo libre permanecieron prácticamente en cero, confirmando que la carga aplicada no induce torsiones considerables. En cuanto a las tensiones, se obtuvo un valor máximo de  $2,092 \text{ N/mm}^2 (\text{MPa})$  en el nodo 99606, lo que representa un comportamiento estable dentro de los límites del material.

Los desplazamientos alcanzaron un valor máximo de  $3.887 \times 10^{-2} \text{ mm}$ , lo que indica que la estructura experimenta una ligera deformación sin comprometer su funcionamiento.

La deformación unitaria equivalente mostró un valor máximo de  $9.244 \times 10^{-5}$ , lo que sugiere que, aunque hay una ligera variación en la distribución de esfuerzos respecto a los análisis anteriores, la estructura sigue dentro de un rango seguro de operación.

#### VI-H. Selección de Rodamientos

- $D$  = Diámetro Externo (mm)
- $d$  = Diámetro Interno (mm)
- $B$  = Ancho (mm)
- $L_D$  = Vida deseada (h)
- $n_D$  = Velocidad deseada (rpm)
- $a_f$  = Factor de aplicación

- $F_D$  = Carga radial deseada (KN)

Para la selección del rodamiento se considerará una carga radial 10N, la cual es la fuerza de corte de la herramienta.

| Tipo de aplicación                                   | Factor de carga |
|------------------------------------------------------|-----------------|
| Engranajes de precisión                              | 1.0-1.1         |
| Engranajes comerciales                               | 1.1-1.3         |
| Aplicaciones con sellos deficientes en los cojinetes | 1.2             |
| Maquinaria sin impactos                              | 1.0-1.2         |
| Maquinaria con impactos ligeros                      | 1.2-1.5 ←       |
| Maquinaria con impactos moderados                    | 1.5-3.0         |

Figura 48. Tabla de Factor de Aplicación

El valor de 1.5 que es el factor de carga fue seleccionado debido a que este valor se maneja maquinaria de impacto ligero, en este caso sería el prototipo de fresadora donde su única función será solo para realizar prácticas de laboratorio.

| Tipo de aplicación                                                                                         | Vida, kh  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Instrumentos y aparatos de uso poco frecuente                                                              | Hasta 0.5 |
| Motores de aeronaves                                                                                       | 0.5-2     |
| Máquinas de operación corta o intermitente, donde la interrupción del servicio resulta de poca importancia | 4-8 ←     |
| Máquinas de servicio intermitente donde una operación confiable es de gran importancia                     | 8-14      |
| Máquinas para servicio de 8 h, que no siempre se usan completamente                                        | 14-20     |
| Máquinas para servicio de 8 h, que se utilizan plenamente                                                  | 20-30     |
| Máquinas para servicio continuo las 24 h                                                                   | 50-60     |
| Máquinas para un servicio continuo de 24 h, donde la confiabilidad es de suma importancia                  | 100-200   |

Figura 49. Tabla de Recomendaciones de vida de cojinetes

El prototipo de fresadora se puede considerar una maquinaria de operación corta, debido a que su único uso es para prácticas de laboratorio, sabiendo su tipo de aplicación se concluye que el tiempo de vida recomendado para esta clase maquinaria va de 4 a 8 kh, en este caso se elige el valor medio que sería 6 kh = 6000h.

Los 1500 rpm es el valor con el que trabaja la torre para realizar el mecanizado del nylon.

La carga dinámica de catálogo sería entonces:

$$C_{10} = F_D \left( \frac{L_D n_D 60}{10^6} \right)^{\frac{1}{a}} \quad (55)$$

$$C_{10} = \left( \frac{(10N)(1.5)(6000h)(1500rpm)(60)}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 8.1KN \quad (56)$$

The diagrams show the cross-sections of five different bearing types. The 'Open type' shows the inner and outer rings with balls. The 'Shielded type (ZZ)' has shields on both sides. The 'Non-contact sealed type (LLB, LLF)' has a lip on one side. The 'Low torque sealed type (LLH)' has a lip on one side with a different internal structure. The 'Contact sealed type (LLU)' has a lip on one side with a different internal structure. Dimensions are labeled: d (inner diameter), D (outer diameter), B (width), r (fillet radius), and r<sub>s</sub> (shoulder radius).

**d 10 ~ 20mm**

| Boundary dimensions |    |    |                                   | Basic load ratings |                 |                 |                 | Factor         |                | Limiting speeds     |                 |                   |        | Bearing numbers |           |               |                         |                         |                     |                        |  |                     |  |
|---------------------|----|----|-----------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|-------------------|--------|-----------------|-----------|---------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|--|---------------------|--|
| mm                  |    |    |                                   | dynamic            |                 | static          |                 |                |                | min <sup>-1</sup>   |                 |                   |        | open type       |           | shielded type |                         | non-contact sealed type |                     | low torque sealed type |  | contact sealed type |  |
| d                   | D  | B  | r <sub>s min</sub> <sup>(1)</sup> | C <sub>10</sub>    | C <sub>90</sub> | C <sub>10</sub> | C <sub>90</sub> | f <sub>0</sub> | f <sub>1</sub> | grease open type ZZ | oil open type Z | oil open type LLB | LLH    | LLU             | open type | shielded type | non-contact sealed type | low torque sealed type  | contact sealed type |                        |  |                     |  |
| 10                  | 15 | 3  | 0.1                               | —                  | 0.855           | 0.435           | 87              | 44             | 15.7           | 10 000              | 12 000          | —                 | —      | 6700            | —         | —             | —                       | —                       | —                   |                        |  |                     |  |
|                     | 19 | 5  | 0.3                               | —                  | 1.83            | 0.925           | 187             | 94             | 14.8           | 32 000              | 38 000          | —                 | 24 000 | 6800            | ZZ        | LLB           | —                       | —                       | LLU                 |                        |  |                     |  |
|                     | 22 | 6  | 0.3                               | 0.3                | 2.7             | 1.27            | 275             | 129            | 14.0           | 30 000              | 36 000          | —                 | 21 000 | 6900            | ZZ        | LLB           | —                       | —                       | LLU                 |                        |  |                     |  |
|                     | 26 | 8  | 0.3                               | —                  | 4.55            | 1.96            | 465             | 200            | 12.4           | 29 000              | 34 000          | 25 000            | 21 000 | 6000            | ZZ        | LLB           | LLH                     | —                       | LLU                 |                        |  |                     |  |
|                     | 30 | 9  | 0.6                               | 0.5                | 5.10            | 2.39            | 520             | 244            | 13.2           | 25 000              | 30 000          | 21 000            | 18 000 | 6200            | ZZ        | LLB           | LLH                     | —                       | LLU                 |                        |  |                     |  |
|                     | 35 | 11 | 0.6                               | 0.5                | 8.20            | 3.50            | 835             | 355            | 11.4           | 23 000              | 27 000          | 20 000            | 16 000 | 6300            | ZZ        | LLB           | LLH                     | —                       | LLU                 |                        |  |                     |  |
| 12                  | 18 | 4  | 0.2                               | —                  | 0.930           | 0.530           | 95              | 54             | 16.2           | 8 300               | 9 500           | —                 | —      | 6701            | —         | LLF           | —                       | —                       | —                   |                        |  |                     |  |
|                     | 21 | 5  | 0.3                               | —                  | 1.92            | 1.04            | 195             | 105            | 15.3           | 29 000              | 35 000          | —                 | 20 000 | 6801            | ZZ        | LLB           | —                       | —                       | LLU                 |                        |  |                     |  |
|                     | 24 | 6  | 0.3                               | 0.3                | 2.89            | 1.46            | 295             | 149            | 14.5           | 27 000              | 32 000          | —                 | 19 000 | 6901            | ZZ        | LLB           | —                       | —                       | LLU                 |                        |  |                     |  |
|                     | 28 | 7  | 0.3                               | —                  | 5.10            | 2.39            | 520             | 244            | 13.2           | 26 000              | 30 000          | —                 | —      | 6001            | —         | —             | —                       | —                       | —                   |                        |  |                     |  |
|                     | 28 | 8  | 0.3                               | —                  | 5.10            | 2.39            | 520             | 244            | 13.2           | 26 000              | 30 000          | 21 000            | 18 000 | 6001            | ZZ        | LLB           | LLH                     | —                       | LLU                 |                        |  |                     |  |
|                     | 32 | 10 | 0.6                               | 0.5                | 6.10            | 2.75            | 620             | 280            | 12.7           | 22 000              | 26 000          | 20 000            | 16 000 | 6201            | ZZ        | LLB           | LLH                     | —                       | LLU                 |                        |  |                     |  |
|                     | 37 | 12 | 1                                 | 0.5                | 9.70            | 4.20            | 990             | 425            | 11.1           | 20 000              | 24 000          | 19 000            | 15 000 | 6301            | ZZ        | LLB           | LLH                     | —                       | LLU                 |                        |  |                     |  |

Figura 50. Tabla de Especificaciones de Rodamiento 6301

Observando la tabla se escoge el rodamiento 6301 con un valor de  $C_{10}$  de 9.70KN .

### VI-I. Sistema electrónico y eléctrico

La parte electrónica estará conformada por componentes eléctricos y electrónicos que son necesarios para su debido funcionamiento. El trabajo a realizar es el de corte y perforación que se le hará al material en este caso será el nylon. Algunos componentes conformados son: motor DC 12V - 24V, porta herramientas y un controlador de velocidad 6V - 90V, entre otros.



Figura 51. Componentes electronicos y eléctricos

A continuación se muestra cómo funciona el sistema electrónica, explicándolo por medio de diagramas y también utilizando el programa Cade Simu:

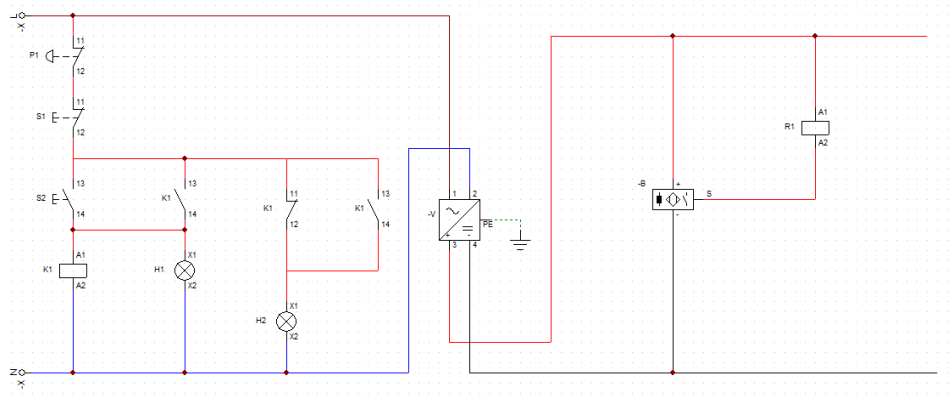


Figura 52. Esquema del Diseño electrónico, por M. Oviedo y A. Bermeo, Cade SIMU

Lo primero a realizar es enchufar al toma corriente donde se procede a encender la luz piloto (Rojo), indicando que el sistema se encuentra parado.

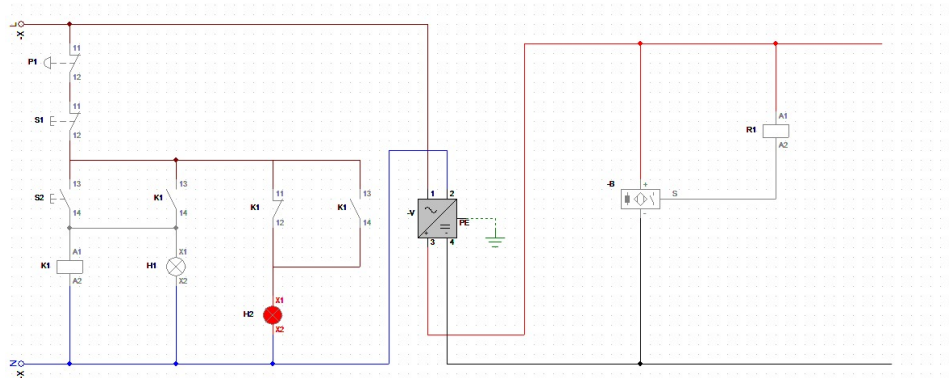


Figura 53. Luz piloto rojo, por M. Oviedo y A. Bermeo, Cade SIMU

Para arrancar el sistema se debe accionar el botón de marcha que encenderá la luz piloto (Verde) que indicará la activación del motor DC con ayuda de un relé 110V que es alimentado por una fuente conmutada de 12V – 20A

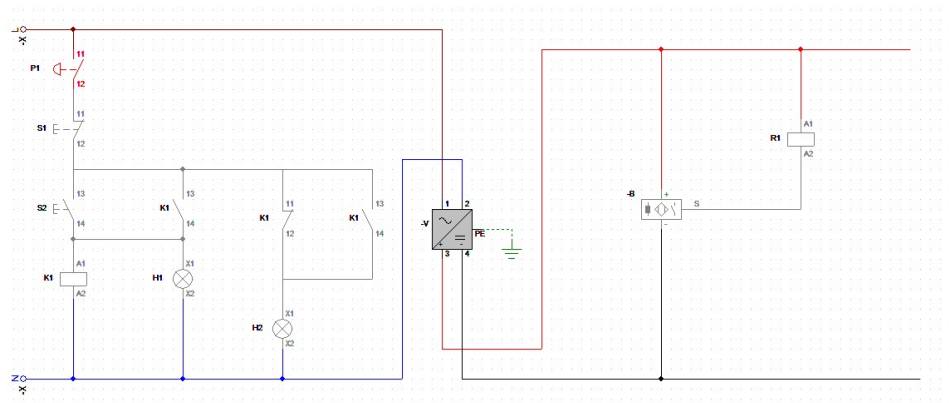


Figura 54. Botonera de emergencia, por M. Oviedo y A. Bermeo, Cade SIMU



Figura 55. Parte Frontal y Interna del Tablero

Se muestra el montaje del tablero en la mesa del prototipo de fresadora, donde se la toma como la segunda validación del prototipo.

#### VI-J. Fase IV. Construcción de la Fresadora

En la figura 56 se observa cómo se construyó la estructura que tendrá como función soportar el mecanismo que se quiere implementar, el material que se seleccionó para fabricar la estructura fue PE (Polietileno de alta densidad), se optó en elegir este material debido a su alta resistencia y dureza contra la deformación.



Figura 56. Corte de placas para fabricación de estructura de fresadora.

Se fabricaron varias placas, cada una con dimensiones exactas para garantizar un ensamblaje preciso y un soporte adecuado del mecanismo. Estas placas fueron cortadas y mecanizadas con herramientas apropiadas, lo que facilita la alineación y fijación de las piezas. El ensamblaje se llevó a cabo siguiendo un diseño preestablecido, verificando que cada componente encajara correctamente.

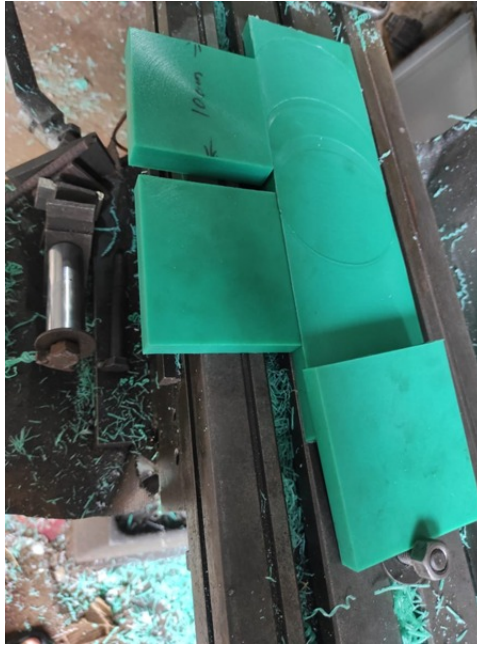


Figura 57. Placas de la estructura de la fresadora

Las placas diseñadas fueron perforadas con precisión para permitir el montaje adecuado de los componentes, incluyendo los ejes, el tornillo sin fin y los rodamientos. Estas perforaciones se realizaron siguiendo medidas exactas para garantizar una alineación correcta y evitar desajustes que puedan afectar el funcionamiento del mecanismo.



Figura 58. Perforaciones para acoplamiento de ejes, rodamientos, tornillo sin fin

Se inicia el ensamblaje del prototipo, comenzando con la instalación de los ejes, el tornillo sin fin y los rodamientos en la estructura previamente perforada. Estos componentes fueron acoplados cuidadosamente para garantizar su correcta alineación y funcionamiento; su principal función es permitir el desplazamiento lineal del soporte que servirá de base para el motor DC.



Figura 59. Acoplamiento de ejes, rodamientos y tornillo sin fin

A continuación, se presenta el prototipo en su etapa de pre-ensamblaje, Sin embargo, aún queda pendiente la instalación de la manivela y el motor DC, elementos esenciales para el funcionamiento completo del mecanismo. La manivela permitirá el accionamiento manual del sistema, facilitando el control del desplazamiento lineal del soporte. Por otro lado, el motor DC será el encargado de proporcionar el movimiento de la herramienta:



Figura 60. Pre - montaje completo del prototipo de fresadora

#### VI-K. Primera Validación del Prototipo

Para la construcción de la estructura del prototipo se utilizó un material (PE) color verde, es un material de bajo costo que permite un fácil mecanizado para la fabricación de piezas. Para el corte del material de la estructura se mecanizó con una fresadora, obteniendo una alta precisión para las dimensiones exactas de las piezas, se incorporó

elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos como lo indica el diseño: un motor DC, un control de velocidad y una fuente conmutada, tornillo sin fin, ejes, rodamientos, etc. Se realizó las primeras pruebas para su funcionamiento como el desplazamiento del soporte mediante el tornillo sin fin y el debido funcionamiento del motor DC con el porta herramienta.

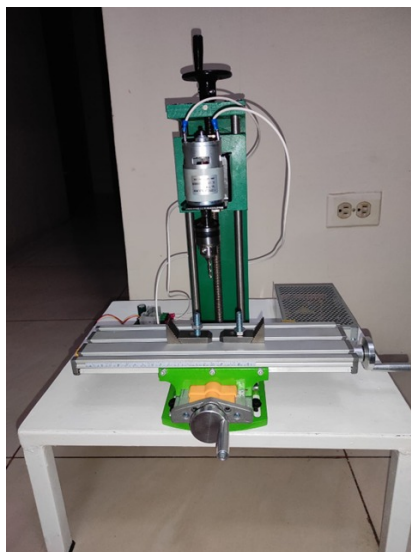


Figura 61. Primera Validación del Prototipo.

#### *VI-L. Segunda Validación del Prototipo*

Se desarrolló de mejor manera el ensamblaje de un tablero que contiene todo el sistema eléctrico y electrónico así como también un display que permite leer la velocidad en RPM del motor DC, esto funciona debido a un sensor inductivo que detecta la velocidad con la que trabaja el motor y manda una señal al display que lo interpreta como la velocidad en RPM.



Figura 62. Segunda Validación del Prototipo

## VII. RESULTADOS

La fresadora construida se validó con pruebas realizadas con diferentes operaciones de fresado.

En este proyecto de tesis se analizaron muchos factores que eran importantes tanto en el diseño como la fabricación del prototipo en físico. Esto nos ayudó a seleccionar los diferentes componentes que eran necesarios para diseñar la torre, realizando pruebas y análisis que permitían ver que cargas iba soportar.

Para validar el funcionamiento del proyecto se realizaron varias pruebas: la primera fue analizar su desplazamiento lineal cuando se eleva y baja la carga, con ayuda de una manivela que permitía su movimiento. Una segunda prueba fue verificar posibles deformaciones en el tornillo de desplazamiento vertical debido al momento ejercido por el cabezal portaherramientas.

Se presentó al inicio de la operación cierta vibración, pero se pudo solucionar el problema ajustando la fresa con el portaherramientas.

Se planificaron prácticas para validar el funcionamiento de la fresadora y poder observar el aprendizaje de los estudiantes al manejo de esta máquina herramienta.

En el anexo A se presenta estas prácticas que realizaron los estudiantes de la carrera de mecatrónica. Los estudiantes demostraron su conocimiento en la parte teórica y práctica del mecanizado con la fresadora. Se realizaron tres prácticas en donde se conformaron tres grupos, cada uno con cuatro estudiantes. En donde se les dió el plano con la pieza a mecanizar.

En las figuras 63, 64 y 65 se muestran fotos de los estudiantes realizando las respectivas prácticas. También se muestra la pieza que realizaron con la fresadora.



Figura 63. Pregunta 1



Figura 64. Pregunta 2

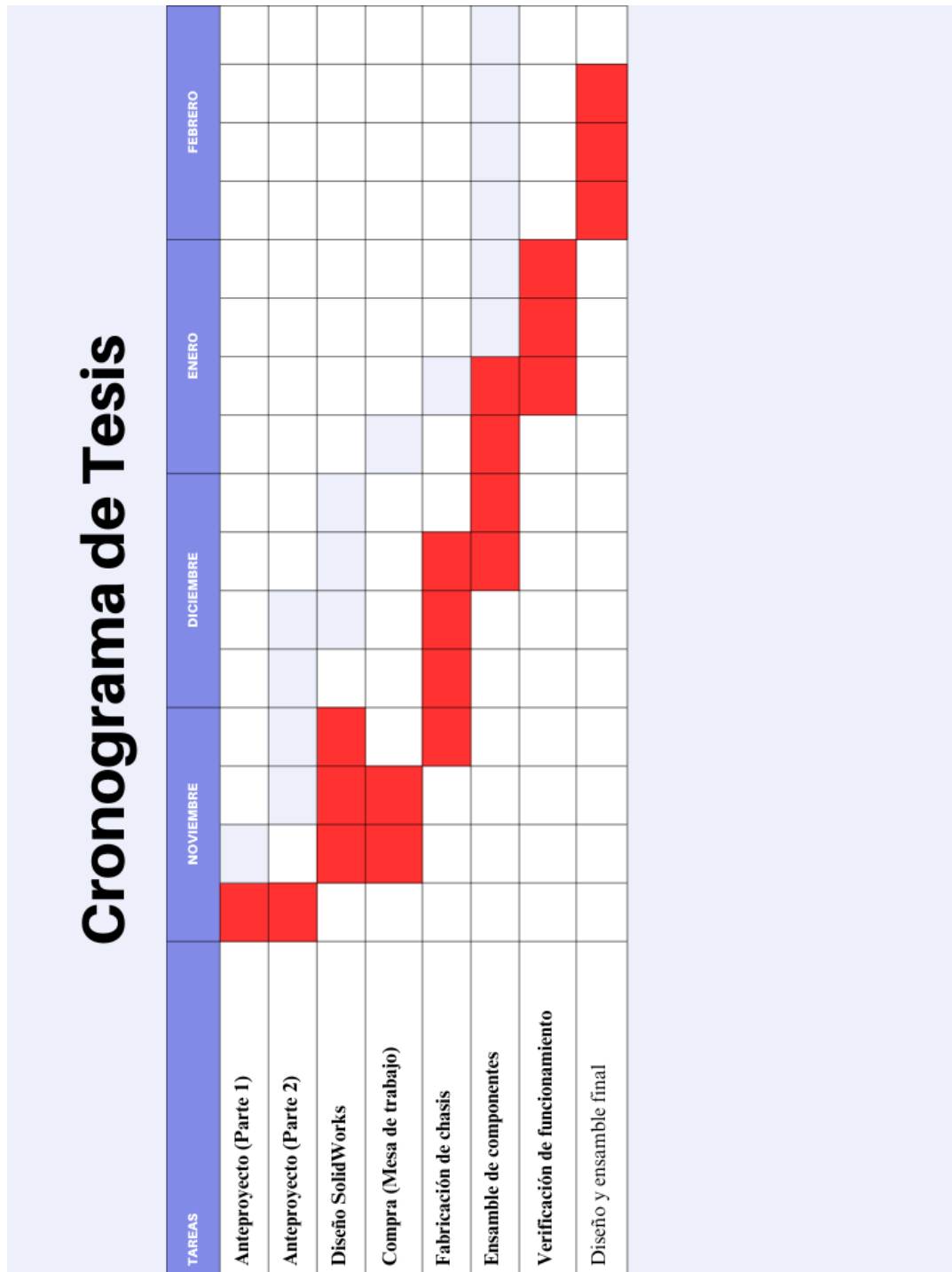


Figura 65. Pregunta 3

## VIII. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta el cronograma de trabajo en la figura IV.

Tabla IV  
CRONOGRAMA



## IX. PRESUPUESTO

| Nombre del elemento                         | Descripción                           | Cantidad  | Valor total      |
|---------------------------------------------|---------------------------------------|-----------|------------------|
| Mesa de trabajo                             | Aluminio, 330 × 3.740 in              | 1         | 105.78 \$        |
| RioRand Upgraded 6 V-90 V 15 A DC           | Controlador                           | 1         | 10.60 \$         |
| 775 DC Motor 12V, con portabrocas y soporte | Motor DC, portabrocas JTO con soporte | 1         | 26.86 \$         |
| Tornillo sin fin                            | 12 $\phi$ , longitud de 400 mm        | 1         | 7.75 \$          |
| Ejes                                        | 12 $\phi$ , longitud de 400 mm        | 2         | 7 \$             |
| Fuente conmutada                            | 12V 20A                               | 1         | 18 \$            |
| Porta fusible                               | 20 mm                                 | 2         | 0.50 \$          |
| Fusible                                     | 10A                                   | 10        | 1 \$             |
| Enchufe                                     | 15A                                   | 2         | 2 \$             |
| Cable concéntrico                           | 3 líneas, 3 metros                    | 1         | 4.50 \$          |
| Cable #18                                   | 5 metros                              | 1         | 1 \$             |
| Terminal tipo U                             | #61                                   | 12        | 1.20 \$          |
| Tablero plástico                            | Gris 30x20x13                         | 1         | 29.90 \$         |
| Relay                                       | 8 pines, 5A, 110Vac                   | 1         | 5.50 \$          |
| Base relay                                  | 8 pines                               | 1         | 2.04 \$          |
| Luz piloto                                  | Led color verde, 110VAC               | 1         | 1.86 \$          |
| Luz piloto                                  | Led color rojo, 110VAC                | 1         | 1.86 \$          |
| Pulsador doble                              | 1 NO+1NC                              | 1         | 3.87 \$          |
| Pulsador hongo                              | 1 NC 40MM                             | 1         | 3.26 \$          |
| Medidor de pulsos                           | 96x48MM MP5W AUT.                     | 1         | 135 \$           |
| Sensor IND.                                 | M12 NPN-NO 12-24VDC                   | 1         | 28 \$            |
| <b>SUBTOTAL MAQUETA</b>                     |                                       |           | <b>397.48 \$</b> |
| Mano de obra                                | Construcción                          | 1         | 80 \$            |
| Transporte                                  | Encargos del exterior                 |           | 55 \$            |
| Horas de trabajo                            |                                       | 336 horas | 60 \$            |
| <b>SUBTOTAL COSTOS LOGÍSTICOS</b>           |                                       |           | <b>195 \$</b>    |
| <b>TOTAL(MAQUETA + COSTOS LOGÍSTICOS)</b>   |                                       |           | <b>592.48 \$</b> |

## X. CONCLUSIONES

El desarrollo de una fresadora portátil para prácticas de laboratorio finalizó exitosamente, validando las pruebas que se le debía hacer al prototipo. La estructura con la que está construida demostró ser de un material resistente para la función que debía cumplir.

La implementación de un tablero no solo mejoró el aspecto del prototipo si no también la seguridad y facilidad de manejar con prudencia este tipo de máquinas, asegurando un debido trabajo al mecanizar y operar de manera correcta la maquinaria.

El desarrollo de estos prototipos aporta significativamente al avance en una educación adecuada para los estudiantes, asegurando una buena enseñanza que beneficia a los estudiantes no solo en la formación educativa en la que se desenvuelven si no también en el ámbito laboral donde se practica esta clase de trabajos y maquinarias.

La elección de los materiales y componentes mecánicos se basó en un análisis de resistencia, estabilidad y facilidad de ensamblaje. Los ejes de acero inoxidable fueron seleccionados debido a su alta resistencia a la corrosión y su capacidad para soportar cargas sin deformarse. Para la reducción de fricción y soporte de los ejes, se emplearon bocines de bronce, un material que ofrece excelente durabilidad y autolubricación, la estructura fue ensamblada utilizando tornillos triplepató y pernos, asegurando una sujeción firme.

El uso de SolidWorks fue fundamental en la fase de diseño, permitiendo visualizar cada componente antes de la fabricación. A través del modelado 3D, se logró definir una estructura compacta y eficiente, considerando factores como el ensamblaje de piezas, el espacio requerido para los ejes y la estabilidad del soporte.

El diseño eléctrico y la selección de los componentes electrónicos se realizaron teniendo en cuenta los requerimientos de potencia en el fresado del nylon, material que requiere una velocidad de corte. Estos aspectos garantizan que la fresadora pueda trabajar con nylon de manera eficiente.

Esta fresadora portátil no solo aporta una solución técnica, sino que también contribuye al desarrollo académico y profesional de los estudiantes, fomentando habilidades prácticas, creatividad y pensamiento crítico en la ingeniería y el mecanizado. Con este tipo de iniciativas, se refuerza la importancia de una enseñanza más accesible con las necesidades de la industria.

## XI. RECOMENDACIONES

En el desarrollo de una fresadora portátil para prácticas de laboratorio, es importante tener en cuenta que se debe realizar una investigación más exhaustiva sobre su diseño de forma y sistema electrónico.

La estructura de PE (Polietileno de alta densidad) debe optimizarse con un material de mayor dureza y resistencia contra la deformación.

Su sistema eléctrico y electrónico requiere una mejora en lo que es la fuente de alimentación del sistema así como también en el motor que se va usar para mecanizar el material a trabajar, en lo que tiene que ser su mecanismo se puede implementar servomotores reemplazando a las manivelas que tiene la torre y la mesa mejorando en su desplazamiento lineal en el plano xyz.

Lubricar los ejes de acero inoxidable y el tornillo sin fin para reducir el desgaste y mejorar la fluidez del movimiento.

Implementar una cubierta en áreas críticas para evitar la acumulación de virutas y polvo, lo que puede afectar el deslizamiento de los ejes y el desempeño general.

Siempre se debe utilizar gafas de seguridad y ropa ajustada al operar la fresadora. Es importante evitar mangas sueltas o elementos que puedan quedar atrapados en la herramienta en movimiento.

Se recomienda ubicar la fresadora sobre una superficie firme y nivelada para reducir vibraciones no deseadas. Una base inestable puede generar errores en el mecanizado y aumentar el riesgo de accidentes.

Nunca se deben hacer ajustes en la fresadora mientras la fresa está girando; si es necesario corregir la posición de la pieza o realizar un cambio de herramienta, se debe apagar la máquina y esperar a que la fresa se detenga completamente.

## REFERENCIAS

- [1] A. Fiszbein, M. Oviedo y S. Stanton, «Educación Técnica y Formación Profesional en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades,» *CAF*, 2018.
- [2] B. C. M. G. A. A. M. P. M., «La educación técnica y tecnológica: una alternativa para la reducción de la brecha del fenómeno nini en el Ecuador: Technical and technological education: an alternative to reduce the gap of the neet phenomenon in Ecuador,» *REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA*, vol. 9, págs. 1-20, 2022, Cited by: 0. DOI: <https://doi.org/10.21855/ecociencia.93.694>. dirección: <https://revistas.ecotec.edu.ec/index.php/ecociencia/article/view/694>.
- [3] G. Ramírez, J. Miranda, M. R. Cadena, D. Chavarría y A. Molina, *IMPLEMENTATION OF AN ADVANCED RECONFIGURABLE MANUFACTURING SYSTEM AT HIGH SCHOOLS AND UNIVERSITIES*. IATED, 2014, págs. 7080-7089.
- [4] V. O. Almache Giron, «Estrategias de aprendizaje y su incidencia en las prácticas de mecanizado en construcciones metálicas en los estudiantes del primer año bachillerato de la unidad educativa siete de octubre del cantón Quevedo. Provincia de los Ríos,» *Universidad Tecnica de Babahoyo*, 2017. dirección: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3507>.
- [5] M. Peñaherrera León, «Uso de TIC en escuelas públicas de ecuador: análisis, reflexiones y valoraciones,» *EduTec, Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, 2012. dirección: <https://www.edutec.es/revista/index.php/edutec-e/article/view/364>.
- [6] F. M. Aneiro, T. S. Bataille, G. F. Figueroa y A. P. Vázquez, «Comportamiento del acabado superficial de la pieza y el desgaste de la herramienta al fresar aluminio con altas velocidades de corte en fresadoras CNC convencionales,» *Ingeniería Mecánica*, vol. 9, n.º 2, págs. 7-12, 2006.
- [7] J. C. Palmet Bechara y L. J. Vergara Guerra, «Plan de mantenimiento preventivo para los equipos del taller de máquinas y herramientas de la empresa Servitec LTDA,» *Universidad Tecnológica de Bolívar*, 2008.
- [8] J. Márquez, J. Fortgang, W. Singhose y J. Pérez, *Optimización del proceso de microfresado mediante el empleo de técnicas de reducción activa de vibraciones*. 2004, vol. 16, pág. 4.
- [9] F. Sucojaya Troche et al., «Mantenimiento y puesta en marcha de la máquina fresadora FCM 16 y del laboratorio de máquinas a control numérico computarizado,»
- [10] F. M. Cabrera, «Caracterización de los sistemas de lubricación y refrigeración en las máquinas,» *Ensayos: Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, n.º 17, págs. 297-303, 2002.
- [11] J. O. Pérez Silva, «Estudio para optimización del laboratorio de máquinas fresadoras de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la U.P.S.,» *facultad de ingeniería Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 1999. dirección: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16782>.
- [12] Windhagen, *wirtgen presenta la generación completamente nueva de fresadoras pequeñas*. Santiago, Chile: Wirtgen, 2016. dirección: <https://www.wirtgen-group.com/es-hn/noticias-y-medios/wirtgen/bauma-2016-fresadoras-pequenas/>.
- [13] J. Jauregui Balerdi, *Fresadora de CNC para pequeños prototipos*. Castello, España: Universitat Jaume I, 2020. dirección: <https://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/188024>.
- [14] J. Rodríguez Arce y J. P. C. Juárez Pegueros, «Impacto del m-learning en el proceso de aprendizaje: habilidades y conocimiento,» *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 8, n.º 15, págs. 363-386, 2017.
- [15] A. O. Sánchez, E. M. Vargas y E. B. Ballesteros, «Importancia de la lectura en el desarrollo de las habilidades investigativas del estudiante universitario,» *Ciencias Sociales y Económicas*, vol. 2, n.º 1, págs. 71-91, 2018.
- [16] E. Astigarraga, «El aprendizaje basado en retos de la formación profesional del País Vasco,» *Senac*, 2018.
- [17] L. Encarnación De Jesús y S. Ayala Ramírez, «Estrategias didácticas a través de la realidad mixta para el aprendizaje teórico-práctico en estudiantes de educación media superior,» *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 11, n.º 22, 2021.
- [18] C. Infante Jiménez, «Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas,» *Revista mexicana de investigación educativa*, vol. 19, n.º 62, págs. 917-937, 2014.

- [19] S. De la Torre et al., *Aprender de los errores*. Escuela Española, 1993.
- [20] M. Sánchez de Mantrana, «El aprendizaje en contextos laborales reales: el caso de las pasantías de los estudiantes universitarios,» *Educere*, vol. 9, n.º 30, págs. 345-357, 2005.
- [21] M. D. Escobar, «Competencias, aprendizaje activo e indagación: un caso práctico en ingeniería,» *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 1, n.º 2, págs. 7-18, 2006.
- [22] S. C. Spinel y J. C. R. Ortiz, «Prácticas docentes que promueven el aprendizaje activo en ingeniería civil,» *Revista de ingeniería*, vol. 18, págs. 48-55, 2003.
- [23] F. Michavila, «La innovación educativa. Oportunidades y barreras,» *Arbor*, vol. 185, n.º Extra, págs. 3-8, 2009.
- [24] S. C. Z. Martínez, E. Z. Pérez, O. A. B. Rico y N. M. Martínez, «Laboratorio sin aulas, de bajo costo, mediante tecnologías aplicadas al conocimiento para formar ingenieros,» *ANFEI Digital*, n.º 11, 2019.
- [25] L. F. Yépez-Morocho, W. I. Maliza-Cruz et al., «Metodología de enseñanza aprendizaje para el bachillerato técnico profesional en mecanizado y construcciones metálicas en la Unidad Educativa 21 de Abril,» *MQRInvestigar*, vol. 8, n.º 1, págs. 6048-6066, 2024.
- [26] F. M. P. GRANADOS, «DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LA HISTORIA DE LA HUMANIDAD: INVENTORES E INVENTOS. WHITNEY Y LA FRESADORA,» *csifrevistad*, 2009.
- [27] G. Bavaresco, «Fresadora,» *gabpingeneria*, 2017.
- [28] *Icono de máquina fresadora de metal Contorno Icono de vector de máquina fresadora de metal para diseño web aislado sobre fondo blanco — Vector Premium*, 2023.
- [29] D. García López et al., «Modelado y simulación del funcionamiento de la fresadora tipo A-16 de Nicolás Correa SA con Catia,» *Universidad de Valladolid*, 2016.
- [30] L. Jmerson, «Fresadoras: Guía completa de tipos, funciones y aplicaciones,» *Primer molde*, 2024.
- [31] M. D. Abadiano Farinango y E. A. Chandi Yépez, «Automotización de una máquina fresadora vertical o tupí,» *QUITO/EPN/2007*, 2007.
- [32] C. d. P. de Manufactura, «FRESADO Y TALADRADO,» *ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO*, 2007.
- [33] J. Solís, «Teoría del cálculo para fresado mecánico,» *Obtenido de Instituto Nacional de Aprendizaje*, 2013.
- [34] *Icono de la prensa*.
- [35] *Icono de la brida*.
- [36] W. R. Quevedo Gualotuña, «Elaboración de una entenalla para fresadora,» *INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR VIDA NUEVA*, 2019.
- [37] D. González López et al., «Estudio de las fuerzas de corte en el fresado de AISI 316,» *Uvadoc*, 2015.
- [38] L. A. G. Garces, J. R. Gaviria y J. Leonardo, «Control PID para el control de velocidad de un motor DC,» *Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Tecnología ...*, 2014.
- [39] D. M. López Mena, «Diseño y construcción de una fuente conmutada para variadores de velocidad de corriente alterna,» *QUITO/EPN/2003*, 2003.
- [40] *Icono del material Nylon*.
- [41] R. M. RENGIFO, «Uso de nylon de pesca como material de sutura en caninos: reacción tisular y cicatrización,» *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 2010.
- [42] A. Valencia Cossio, «Prolon (Nylon 6),» *EIA*, 2022.

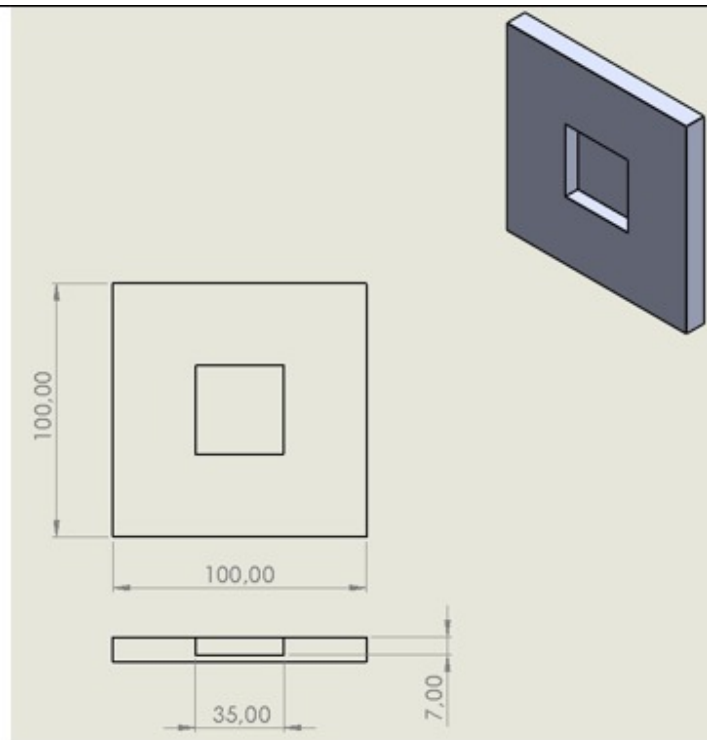
ANEXO A  
GUIAS DE PRACTICAS

**PRACTICAS DE LABORATORIO/TALLERES**  
**GUIA – PARA ESTUDIANTES**



|                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>CARRERA:</b> Mecatrónica                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>ASIGNATURA:</b> Tesis                             |
| <b>NRO.PRACTICA:</b>                                                                                                                                                                                                                              | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>TITULO DE PRACTICA:</b> Mecanizado de un cuadrado |
| <b>OBJETIVO:</b>                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                      |
| <b>OBJETIVO GENERAL:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer el funcionamiento de un prototipo de fresadora.</li> </ul>                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                      |
| <b>OBJETIVO ESPECIFICO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer y aprender a utilizar el prototipo de fresadora</li> <li>Realizar de manera correcta las practicas</li> </ul>                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                      |
| <b>MATERIALES Y EQUIPOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Calibrador Vernier</li> <li>Fresadora HSS de 6<math>\varnothing</math> mm</li> <li>Broca HSS de 6<math>\varnothing</math> mm</li> <li>Plancha de Nylon 6 100x100mm</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                      |
| <b>INSTRUCCIONES:</b>                                                                                                                                                                                                                             | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción <ul style="list-style-type: none"> <li>Breve presentación sobre prácticas de mecanizado y su importancia en la industria</li> </ul> </li> <li>2. Descripción de prototipo de fresadora <ul style="list-style-type: none"> <li>Explicación detallada del funcionamiento del prototipo de fresadora.</li> <li>Demostración de su funcionamiento.</li> </ul> </li> </ol> |                                                      |
| <b>ACTIVIDAD A DESARROLLAR</b>                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                      |

Figura 66. Pregunta 1



1. Los estudiantes deben utilizar los conceptos teóricos para aplicarlos en la práctica.
2. Desarrollar la siguiente figura a través del mecanizado en el prototipo de fresadora.
3. Se va a mecanizar un cuadrado que tendrá como medidas: 35 x 35mm.
4. Se tomará en cuenta a la velocidad que se va a mecanizar que deberá ser entre un rango de 1000 a 1200 rpm.
5. La profundidad que se va a mecanizar será de 7mm.

#### RESULTADOS OBTENIDOS:

- Los estudiantes lograron mecanizar sin ninguna novedad la pieza que se les otorgó.

Figura 67. Pregunta 1

---

**CONCLUSIONES:**

- Los estudiantes serán evaluados mediante los conocimientos que adquirieron y que se usaran para realizar buenas prácticas.

---

**RECOMENDACIONES:**

- Fomentar el desarrollo de prácticas de mecanizado.
  - Se debe tener en cuenta las velocidades en que se va a mecanizar, debido a que pueda trabarse la herramienta en el material.
  - Tener cuidado con las vibraciones, esto es debido a que podrán presentarse pequeñas vibraciones y esto ocasionará el movimiento de cualquier manivela, en donde si no se toma en cuenta pueden realizar un mal mecanizado.
- 

***Estudiantes de mecatrónica***

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| Rodrigo Antonio Berrezueta Guerrero | 0925979189 |
| Santiago Paúl Hualpa León           | 0950759282 |
| Gregory Joel Toro Rojas             | 1317909842 |
| Víctor Hugo Ortega Novillo          | 0954178885 |

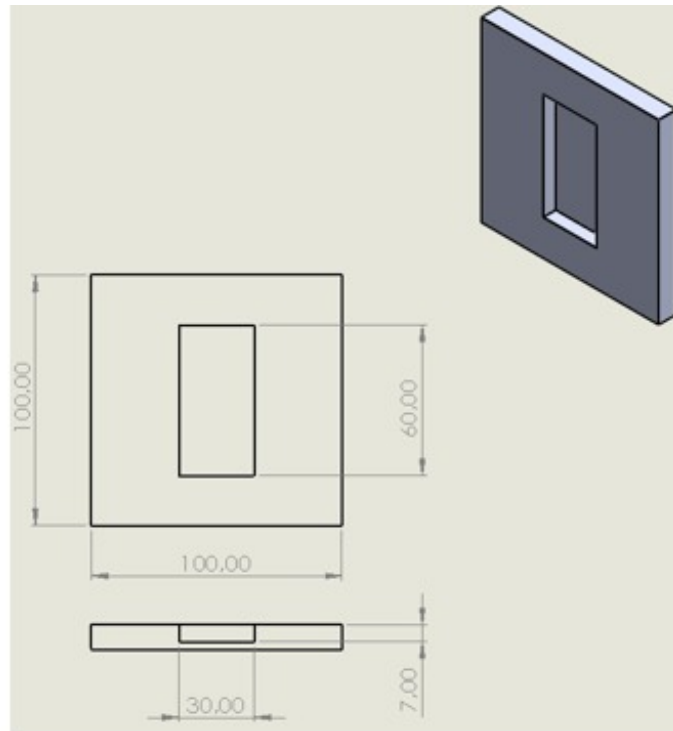
Figura 68. Pregunta 1

**PRACTICAS DE LABORATORIO/TALLERES  
GUIA – PARA ESTUDIANTES**



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>CARRERA:</b> Mecatrónica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>ASIGNATURA:</b> Tesis                               |
| <b>NRO.PRACTICA:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>TITULO DE PRACTICA:</b> Mecanizado de un rectángulo |
| <b>OBJETIVO:</b><br><br><b>OBJETIVO GENERAL:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer el funcionamiento de un prototipo de fresadora.</li> </ul> <b>OBJETIVO ESPECIFICO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer y aprender a utilizar el prototipo de fresadora</li> <li>• Realizar de manera correcta las practicas</li> </ul> <b>MATERIALES Y EQUIPOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibrador Vernier</li> <li>• Fresadora HSS de 6<math>\varnothing</math> mm</li> <li>• Broca HSS de 6<math>\varnothing</math> mm</li> <li>• Plancha de Nylon 6 100x100mm</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                        |
| <b>INSTRUCCIONES:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción <ul style="list-style-type: none"> <li>• Breve presentación sobre prácticas de mecanizado y su importancia en la industria</li> </ul> </li> <li>2. Descripción de prototipo de fresadora <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicación detallada del funcionamiento del prototipo de fresadora.</li> <li>• Demostración de su funcionamiento.</li> </ul> </li> </ol> |                                                        |
| <b>ACTIVIDAD A DESARROLLAR</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                        |

Figura 69. Pregunta 2



1. Los estudiantes deben utilizar los conceptos teóricos para aplicarlos en la práctica.
2. Desarrollar la siguiente figura a través del mecanizado en el prototipo de fresadora.
3. Se va a mecanizar un rectángulo que tendrá como medidas: 30 x 60mm.
4. Se tomará en cuenta a la velocidad que se va a mecanizar que deberá ser entre un rango de 1000 a 1200 rpm.
5. La profundidad que se va a mecanizar será de 7mm.

#### RESULTADOS OBTENIDOS:

- Los estudiantes lograron mecanizar sin ninguna novedad la pieza que se les otorgó.

Figura 70. Pregunta 2

**CONCLUSIONES:**

- Los estudiantes serán evaluados mediante los conocimientos que adquirieron y que se usaran para realizar buenas prácticas.

---

**RECOMENDACIONES:**

- Fomentar el desarrollo de prácticas de mecanizado.
  - Fomentar el desarrollo de prácticas de mecanizado.
  - Se debe tener en cuenta las velocidades en que se va a mecanizar, debido a que pueda trabarse la herramienta en el material.
  - Tener cuidado con las vibraciones, esto es debido a que podrán presentarse pequeñas vibraciones y esto ocasionará el movimiento de cualquier manivela, en donde si no se toma en cuenta pueden realizar un mal mecanizado.
- 

***Estudiantes de mecatrónica***

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| Adriana Paulina Betancourt Rodríguez | 0930826102 |
| Dahimon Naiche Angulo Aviles         | 0928909340 |
| Franklin Alberto Ponce Villa         | 0925850430 |
| Joan Sebastian Rea Cujilema          | 0954253308 |

Figura 71. Pregunta 2

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PRACTICAS DE LABORATORIO/TALLERES</b><br><b>GUIA – PARA ESTUDIANTES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>CARRERA:</b> Mecatrónica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   | <b>ASIGNATURA:</b> Tesis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>NRO.PRACTICA:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1 | <b>TITULO DE PRACTICA:</b> Mecanizado de un canal y perforación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>OBJETIVO:</b><br><br><b>OBJETIVO GENERAL:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer el funcionamiento de un prototipo de fresadora.</li> </ul> <b>OBJETIVO ESPECIFICO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer y aprender a utilizar el prototipo de fresadora</li> <li>• Realizar de manera correcta las practicas</li> </ul> <b>MATERIALES Y EQUIPOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibrador Vernier</li> <li>• Fresadora HSS de 6 <math>\varnothing</math> mm</li> <li>• Broca HSS de 6 <math>\varnothing</math> mm</li> <li>• Plancha de Nylon 6 100x100mm</li> </ul> |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>INSTRUCCIONES:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Breve presentación sobre prácticas de mecanizado y su importancia en la industria</li> </ul> </li> <li>2. Descripción de prototipo de fresadora           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicación detallada del funcionamiento del prototipo de fresadora.</li> <li>• Demostración de su funcionamiento.</li> </ul> </li> </ol> |
| <b>ACTIVIDAD A DESARROLLAR</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Figura 72. Pregunta 2

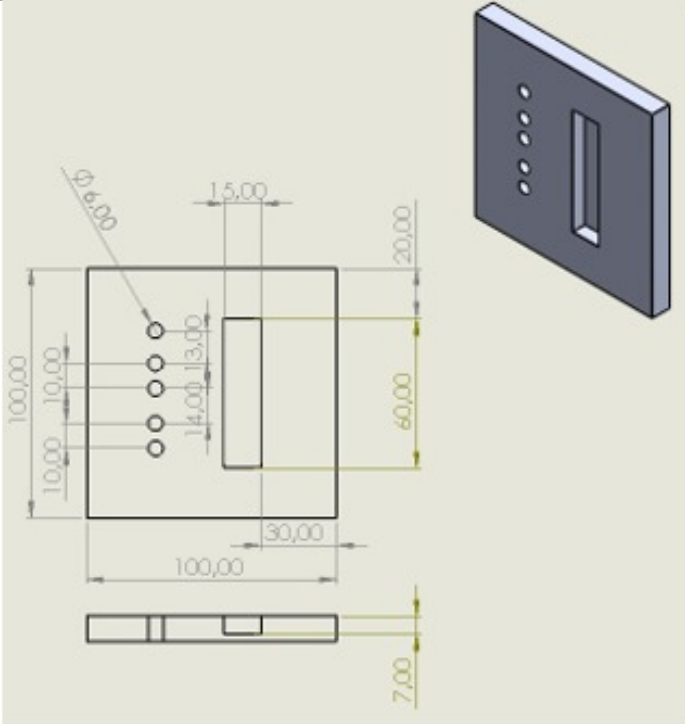
|                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                        |
| <p>1. Los estudiantes deben utilizar los conceptos teóricos para aplicarlos en la práctica.</p>                                                                          |
| <p>2. Desarrollar la siguiente figura a través del mecanizado en el prototipo de fresadora.</p>                                                                          |
| <p>3. Se va a mecanizar un canal que tendrá como medidas: 20 x 60mm y a su vez se van a realizar 5 perforaciones que tendrán un diámetro de 6mm.</p>                     |
| <p>4. Se tomará en cuenta a la velocidad que se va a mecanizar que deberá ser entre un rango de 1000 a 1200 rpm.</p>                                                     |
| <p>5. La profundidad que se va a mecanizar el canal será de 7mm mientras que las perforaciones se harán a medida del espesor de la planca, que será de 10 mm.</p>        |
| <p><b>RESULTADOS OBTENIDOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes lograron mecanizar sin ninguna novedad la pieza que se les otorgó.</li> </ul> |

Figura 73. Pregunta 3

CONCLUSIONES:

- Los estudiantes serán evaluados mediante los conocimientos que adquirieron y que se usaran para realizar buenas prácticas.

RECOMENDACIONES:

- Fomentar el desarrollo de prácticas de mecanizado.
- Fomentar el desarrollo de prácticas de mecanizado.
- Se debe tener en cuenta las velocidades en que se va a mecanizar, debido a que pueda trabarse la herramienta en el material.
- Tener cuidado con las vibraciones, esto es debido a que podrán presentarse pequeñas vibraciones y esto ocasionará el movimiento de cualquier manivela, en donde si no se toma en cuenta pueden realizar un mal mecanizado.

*Estudiantes de mecatrónica*

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| Isaac Gutemberg Moreira Mogrovejo | 0926416579 |
| Stevan Andrés Rivera Rivera       | 1725898264 |
| Miguel Angel Narea Torres         | 0959126269 |
| Jeremy Mario Vera Bayas           | 0956891139 |

Figura 74. Pregunta 4

ANEXO B  
PLANOS

Planos de las piezas acotadas en Solidworks 2024:

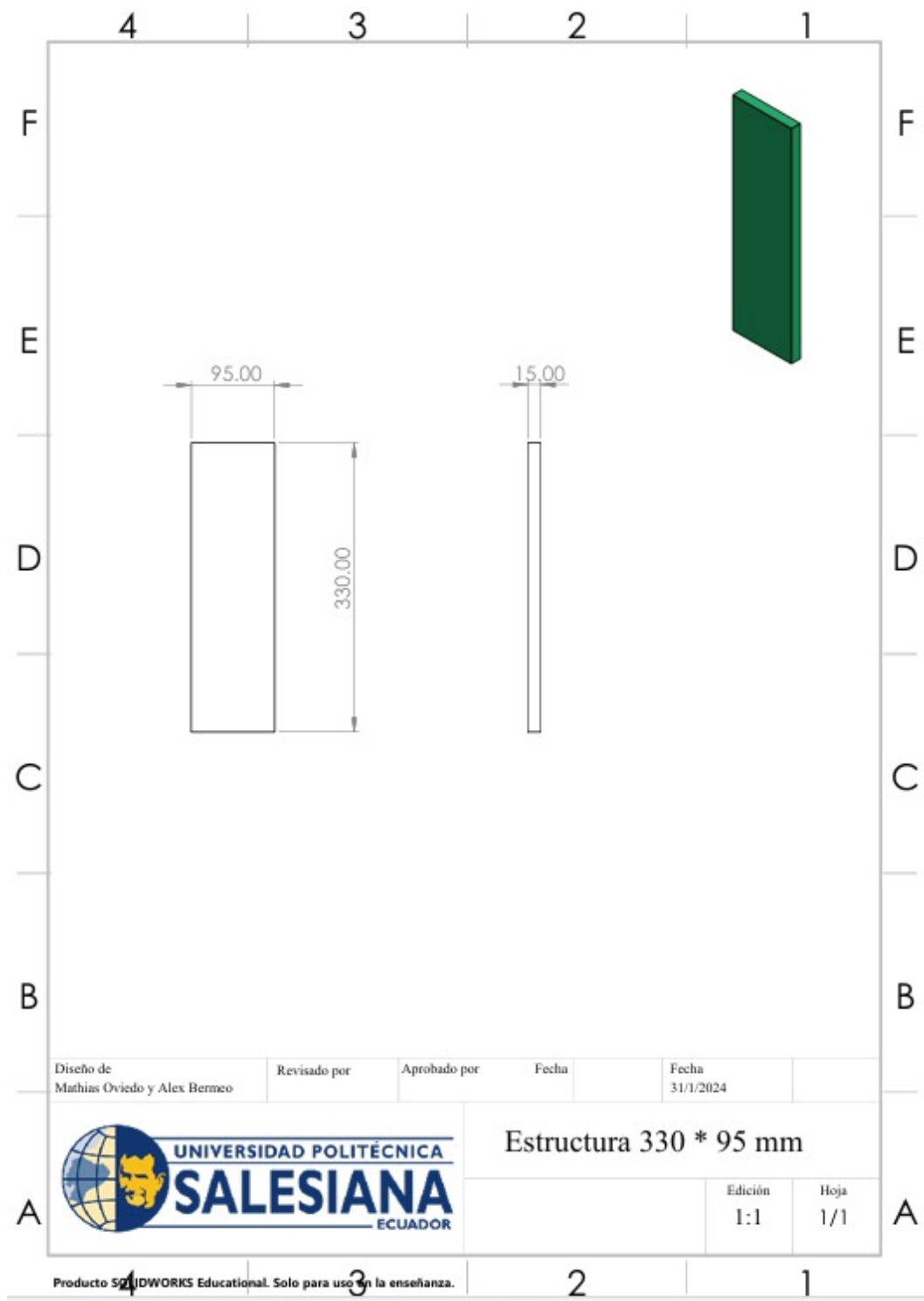


Figura 75. Lámina acotada de la estructura 330x95 mm, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

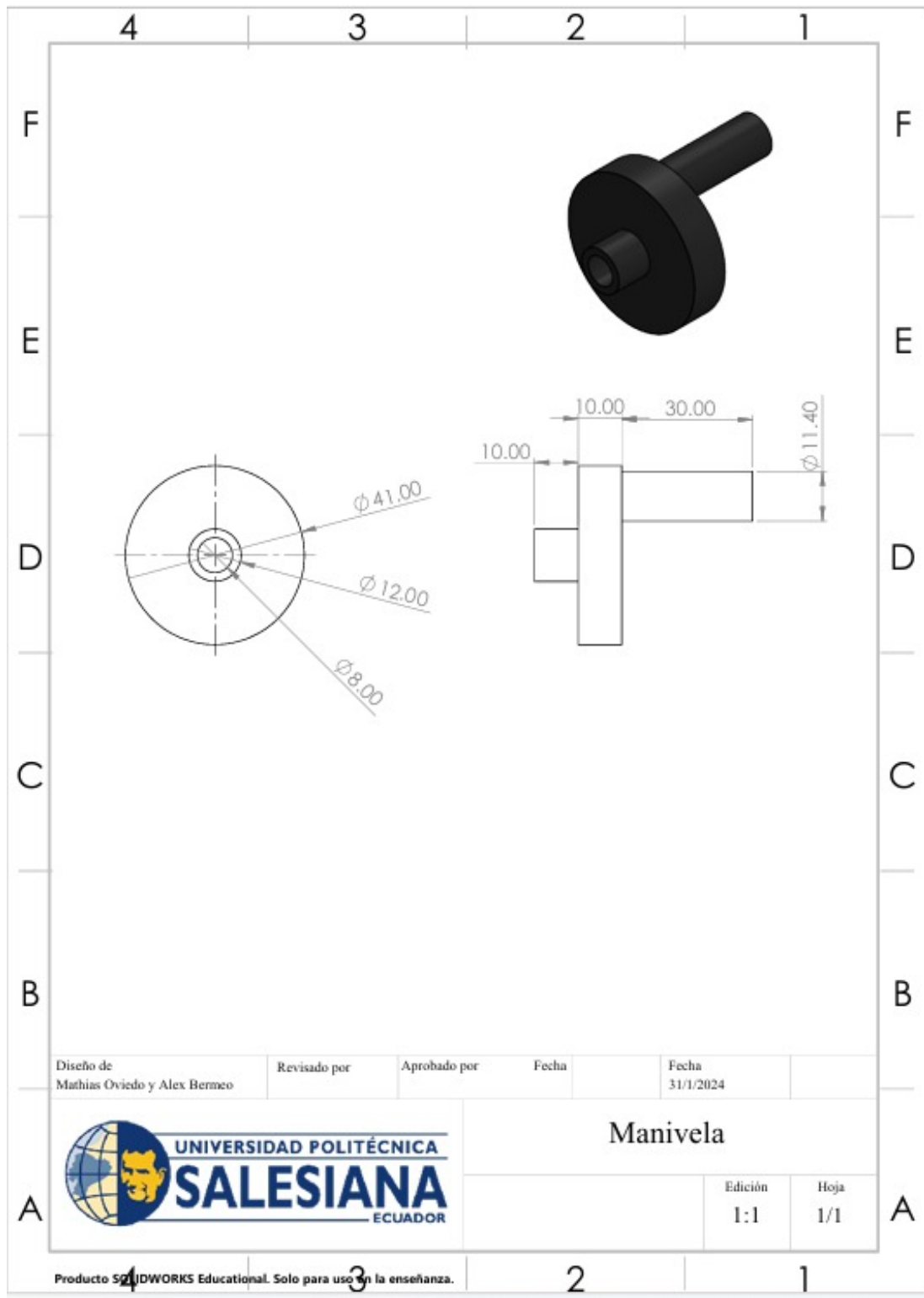


Figura 76. Lámina acotada de la manivela, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

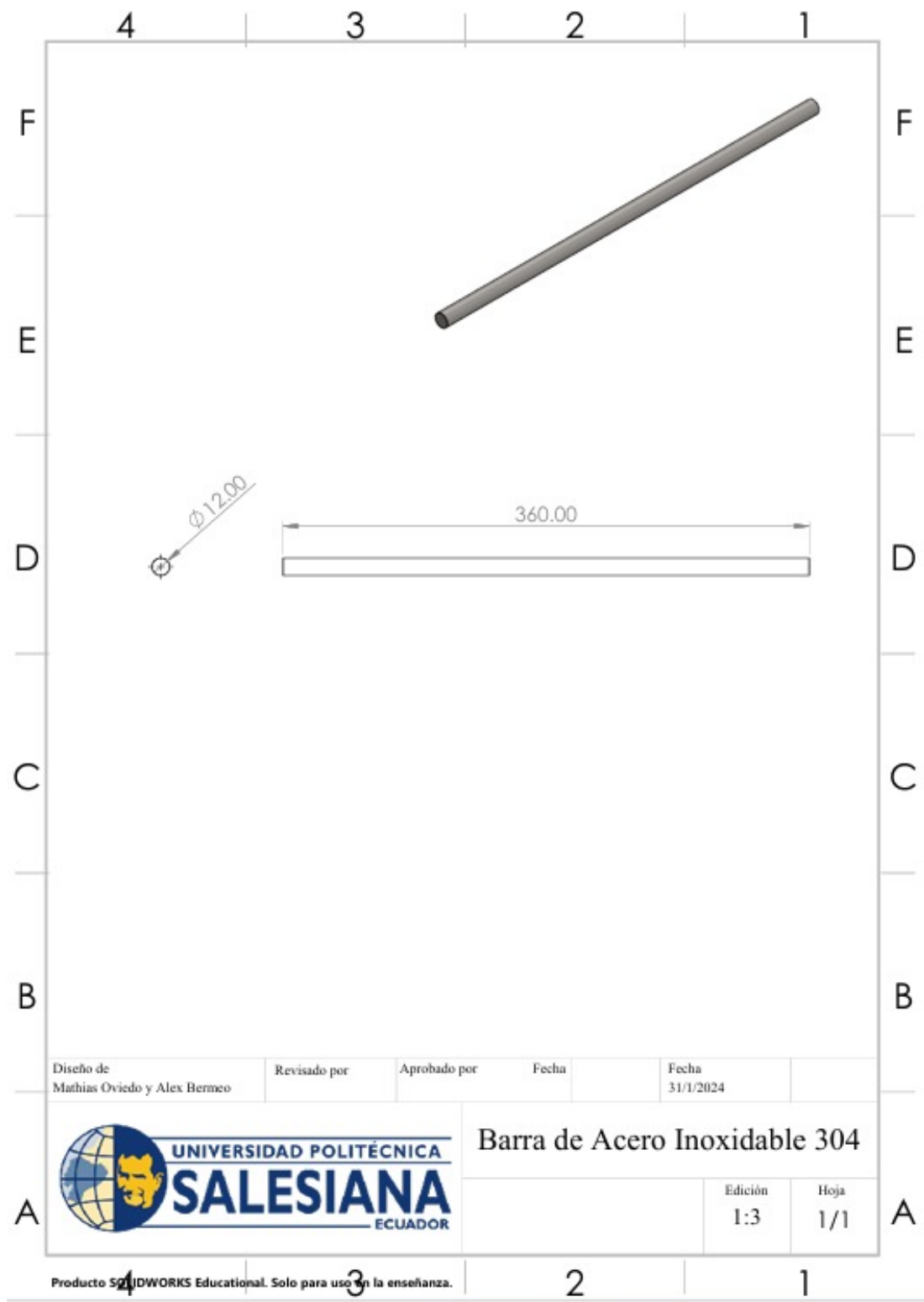


Figura 77. Lámina acotada de la barra de acero inoxidable 304, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

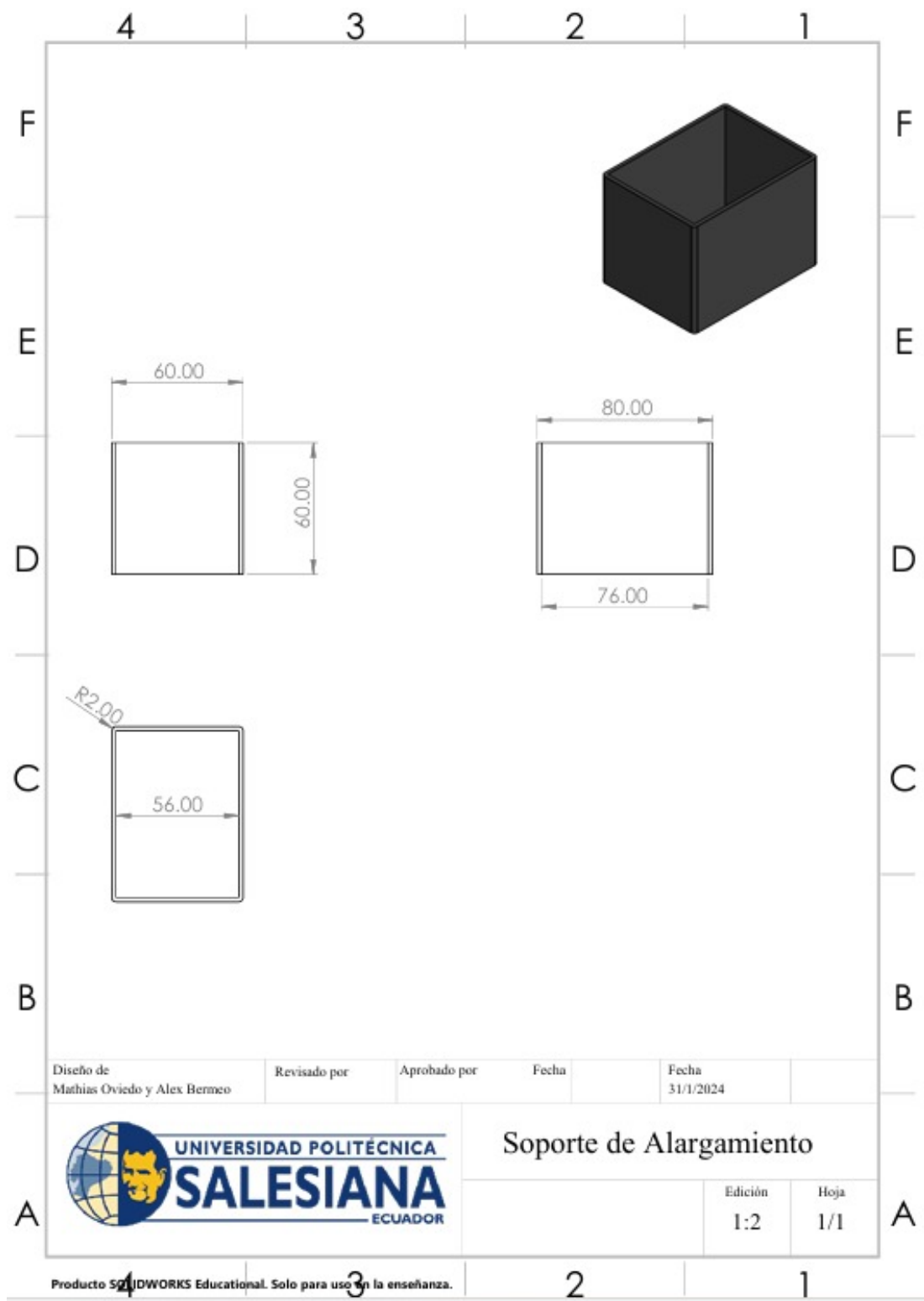


Figura 78. Lámina acotada del soporte de alargamiento, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

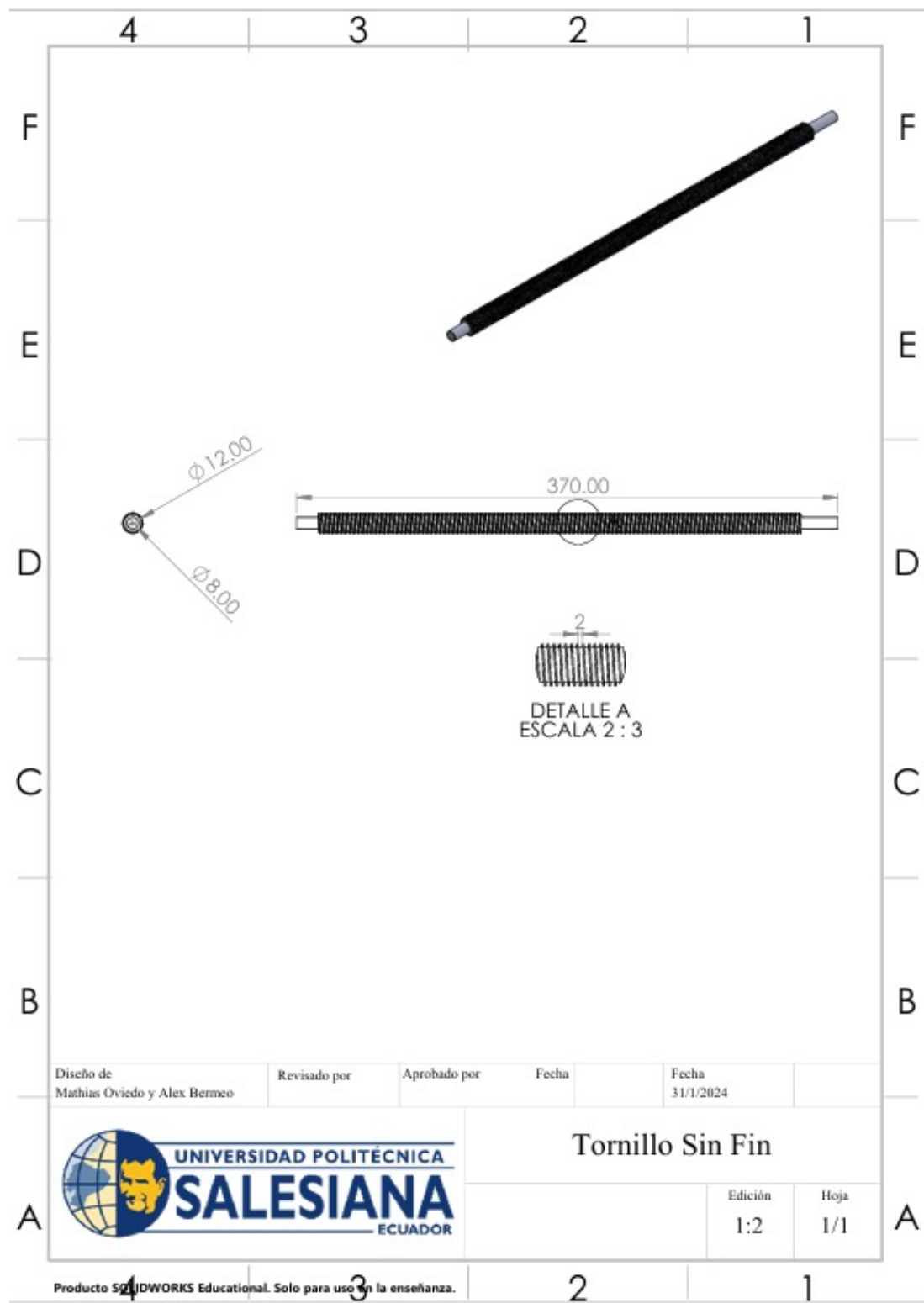


Figura 79. Lámina acotada del tornillo sin fin, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

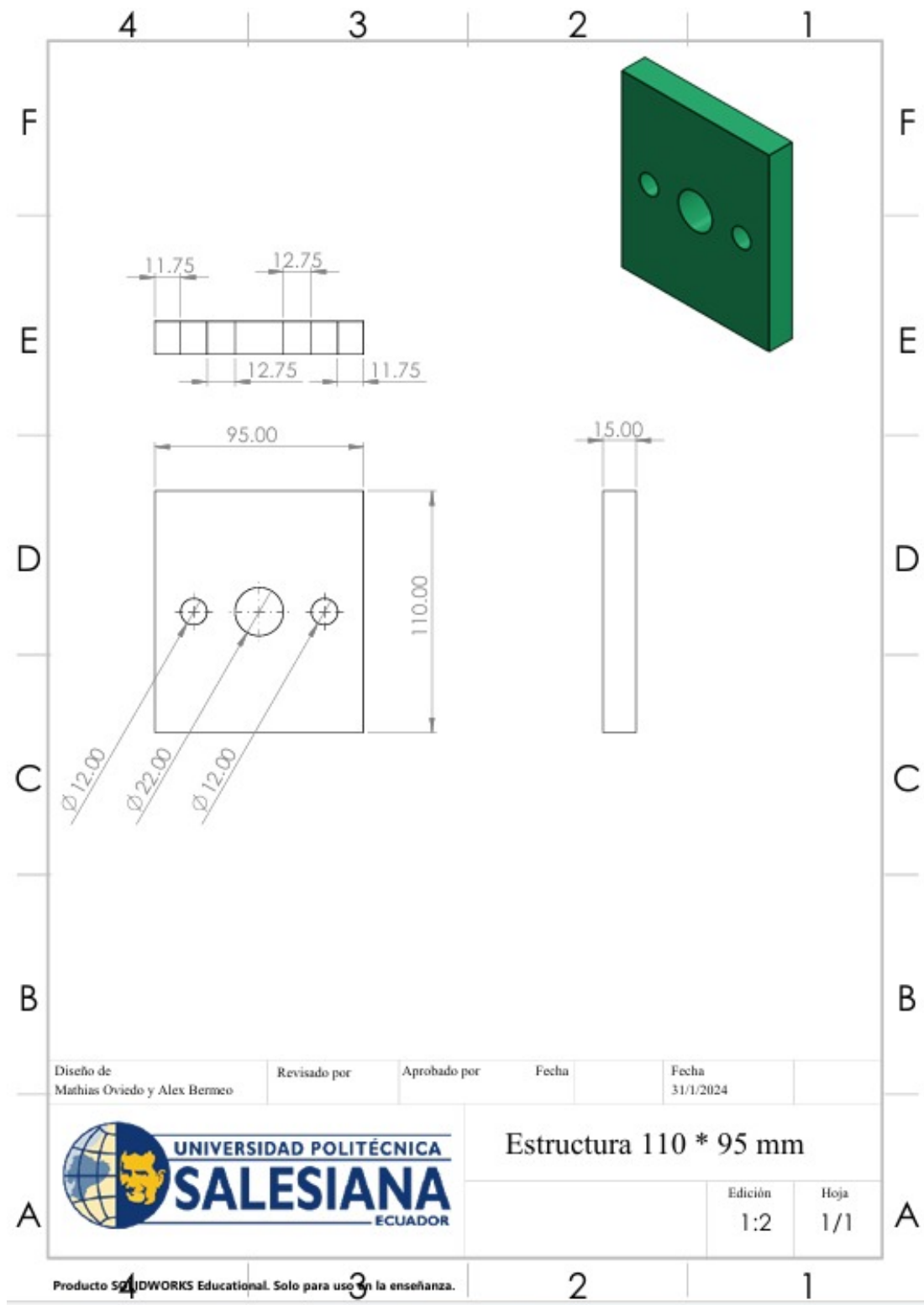


Figura 80. Lámina acotada de la estructura 110x95 mm, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

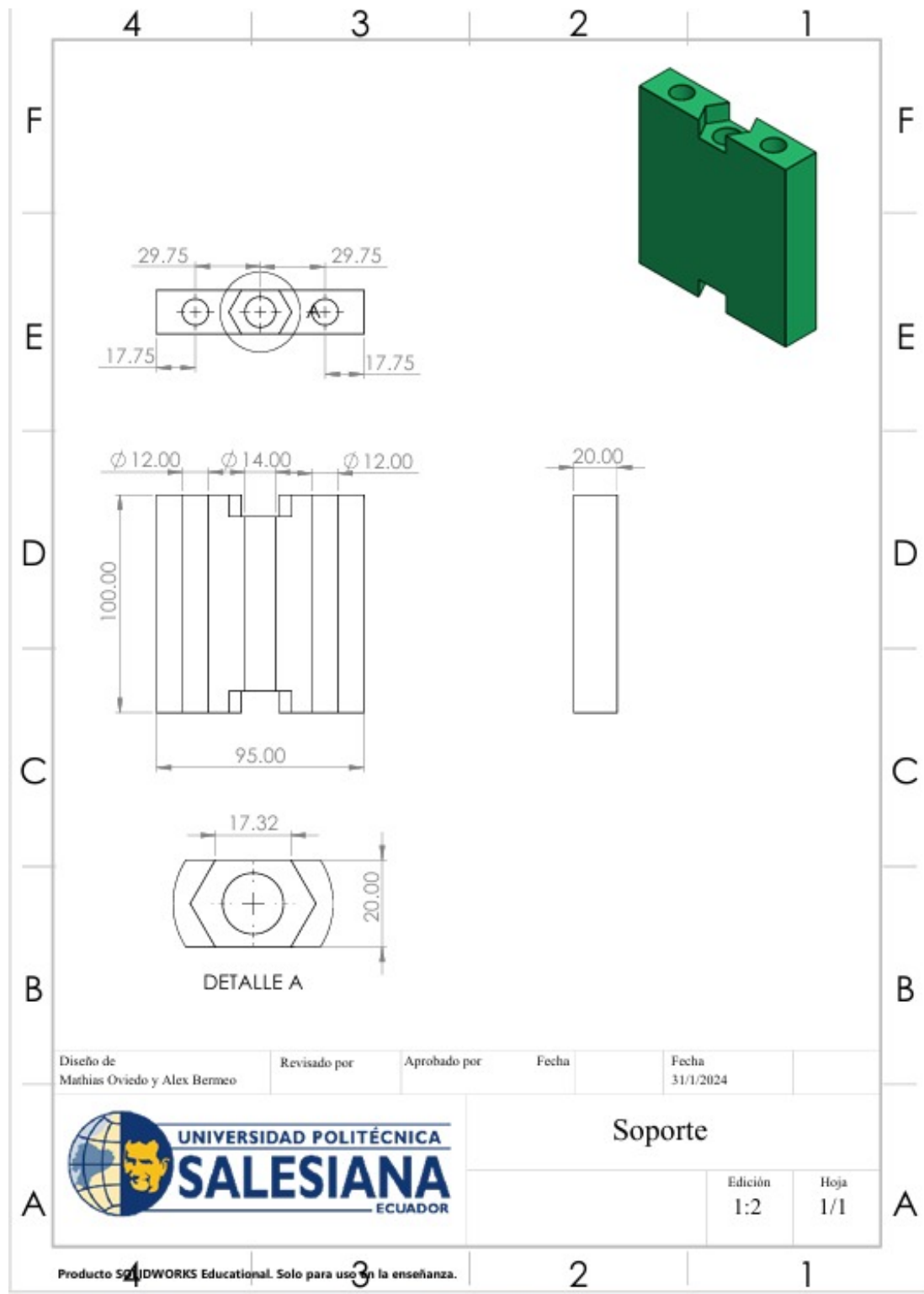


Figura 81. Lámina acotada del soporte, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

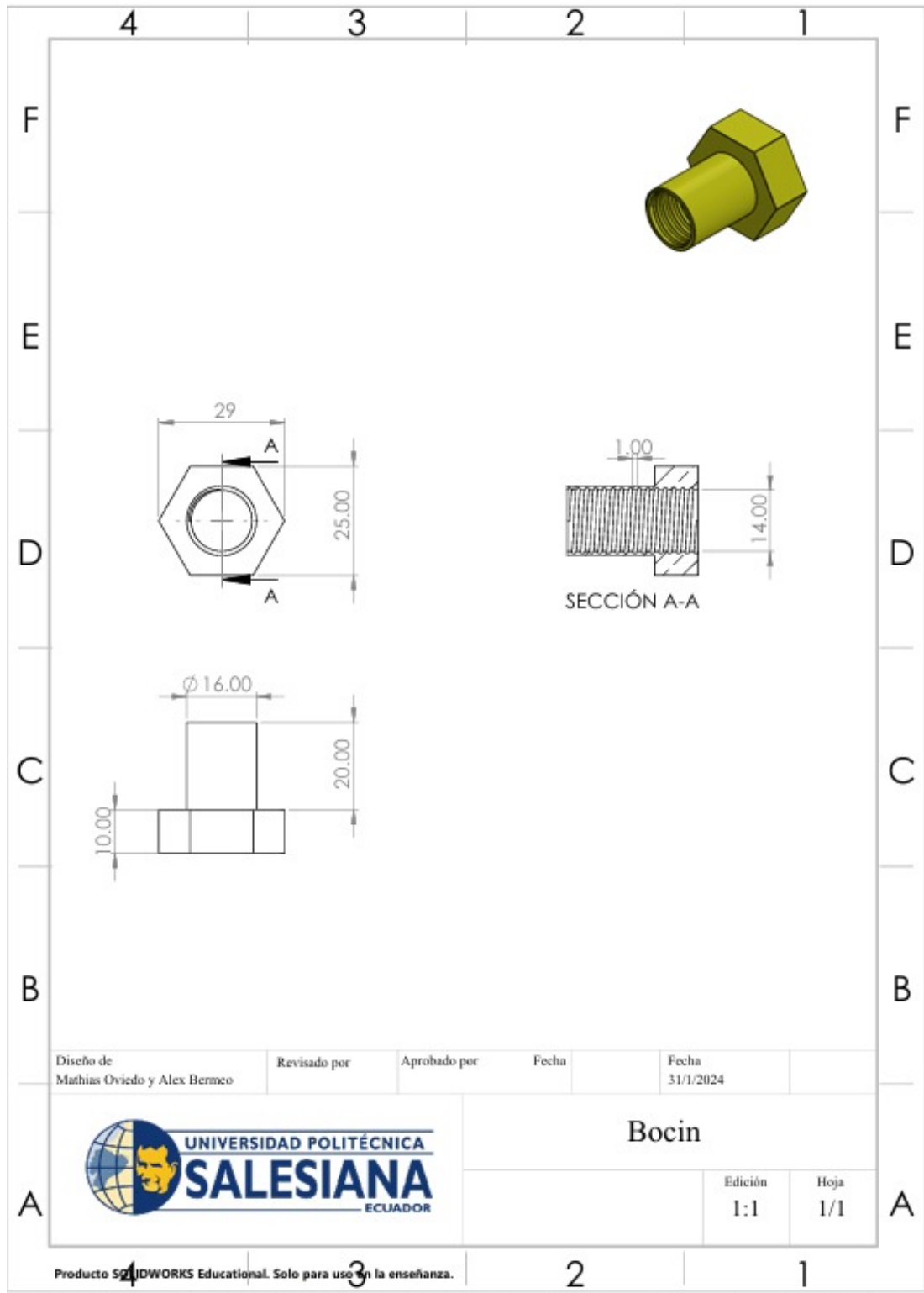


Figura 82. Lámina acotada del bocin, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

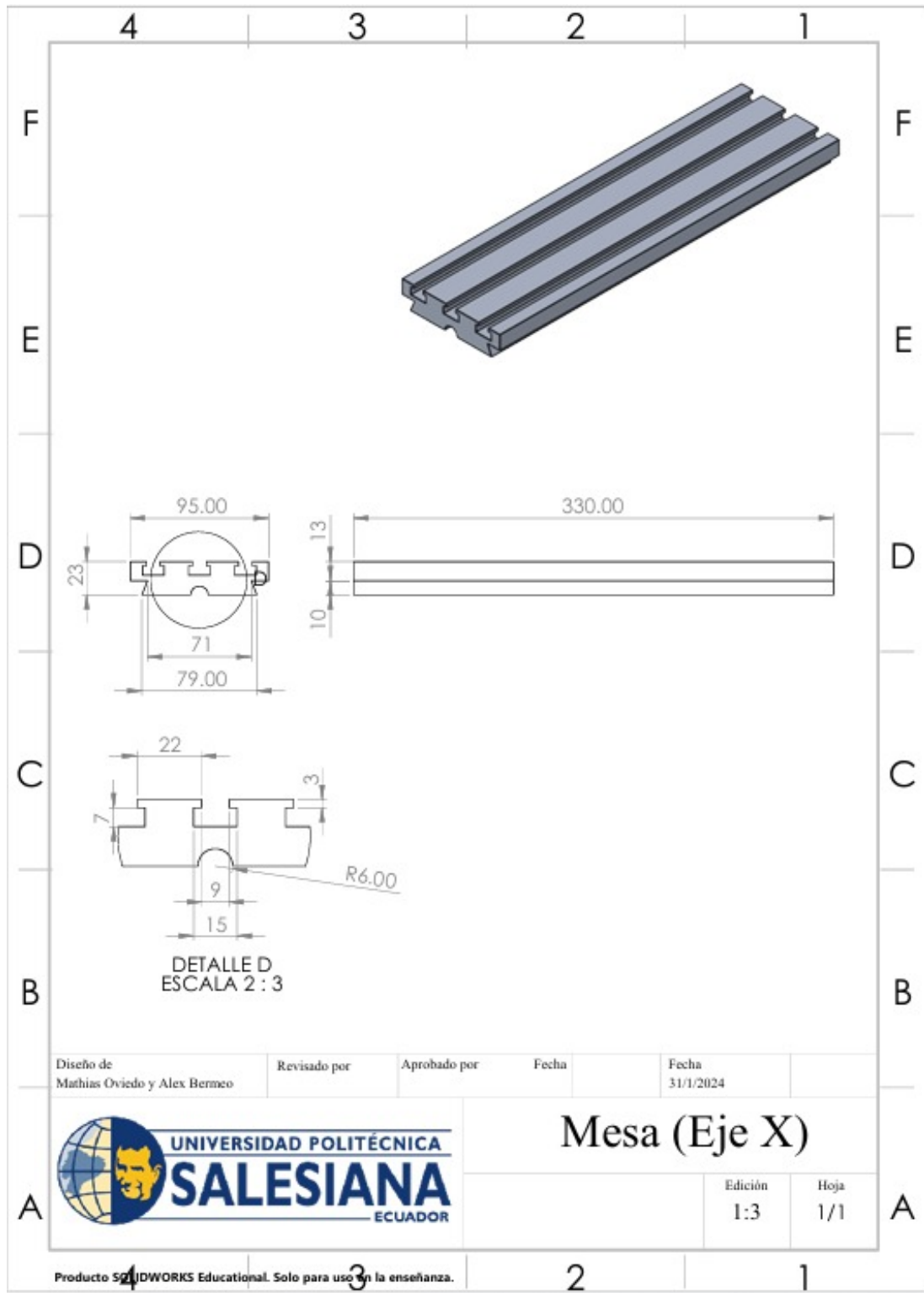


Figura 83. Lámina acotada de la mesa (eje x), por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

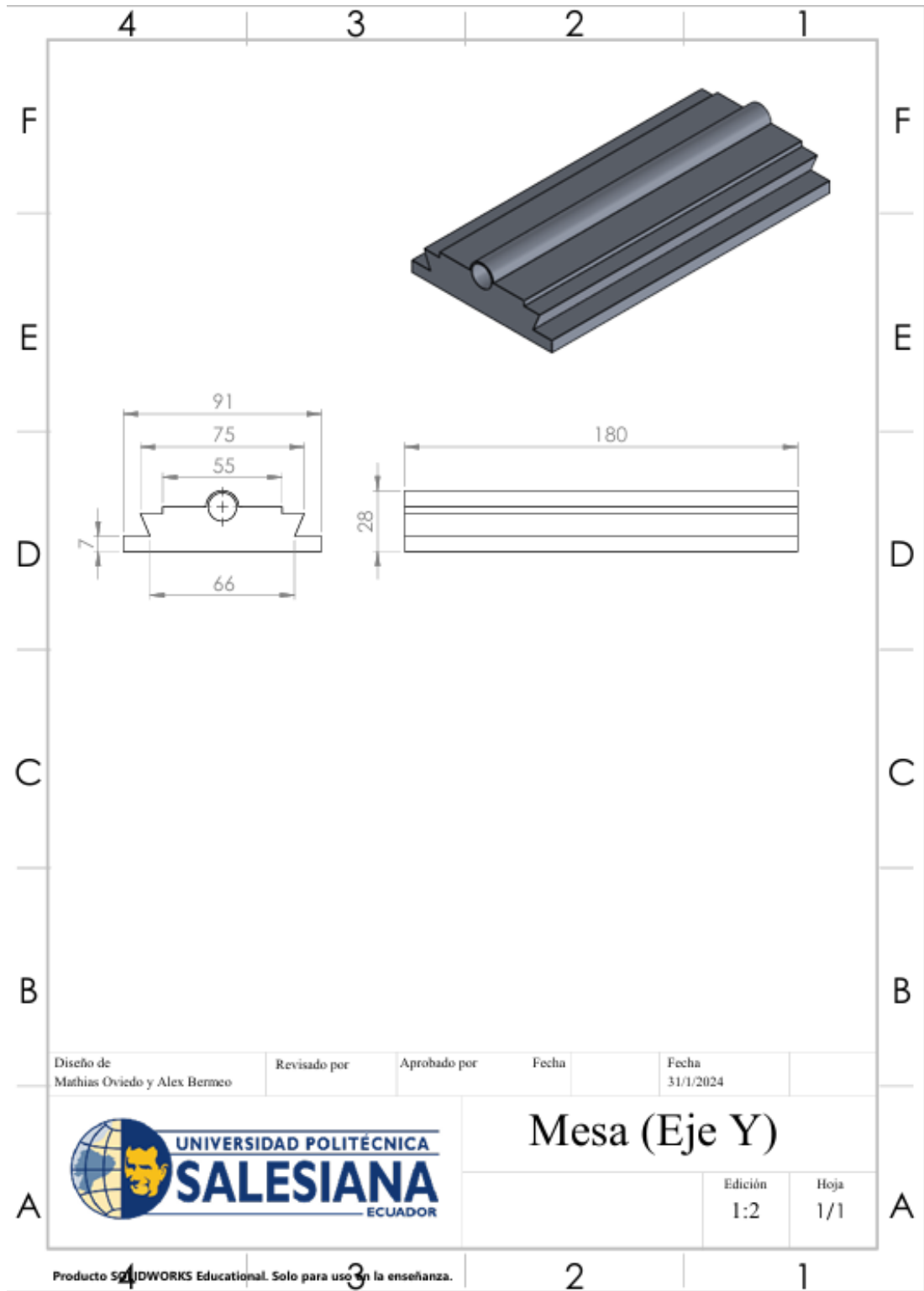


Figura 84. Lámina acotada de la mesa (eje y), por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

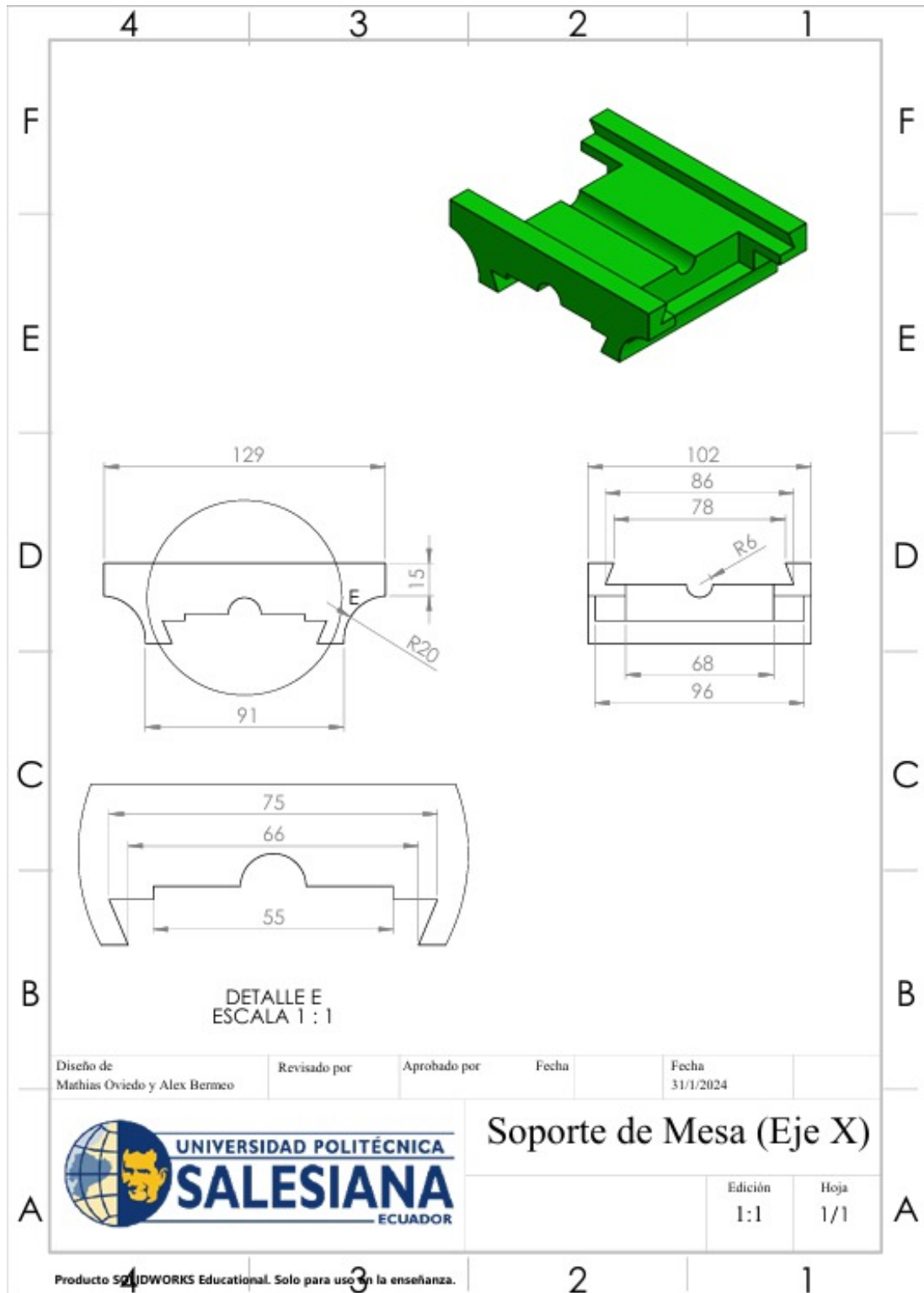


Figura 85. Lámina acotada del soporte de mesa (eje x), por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

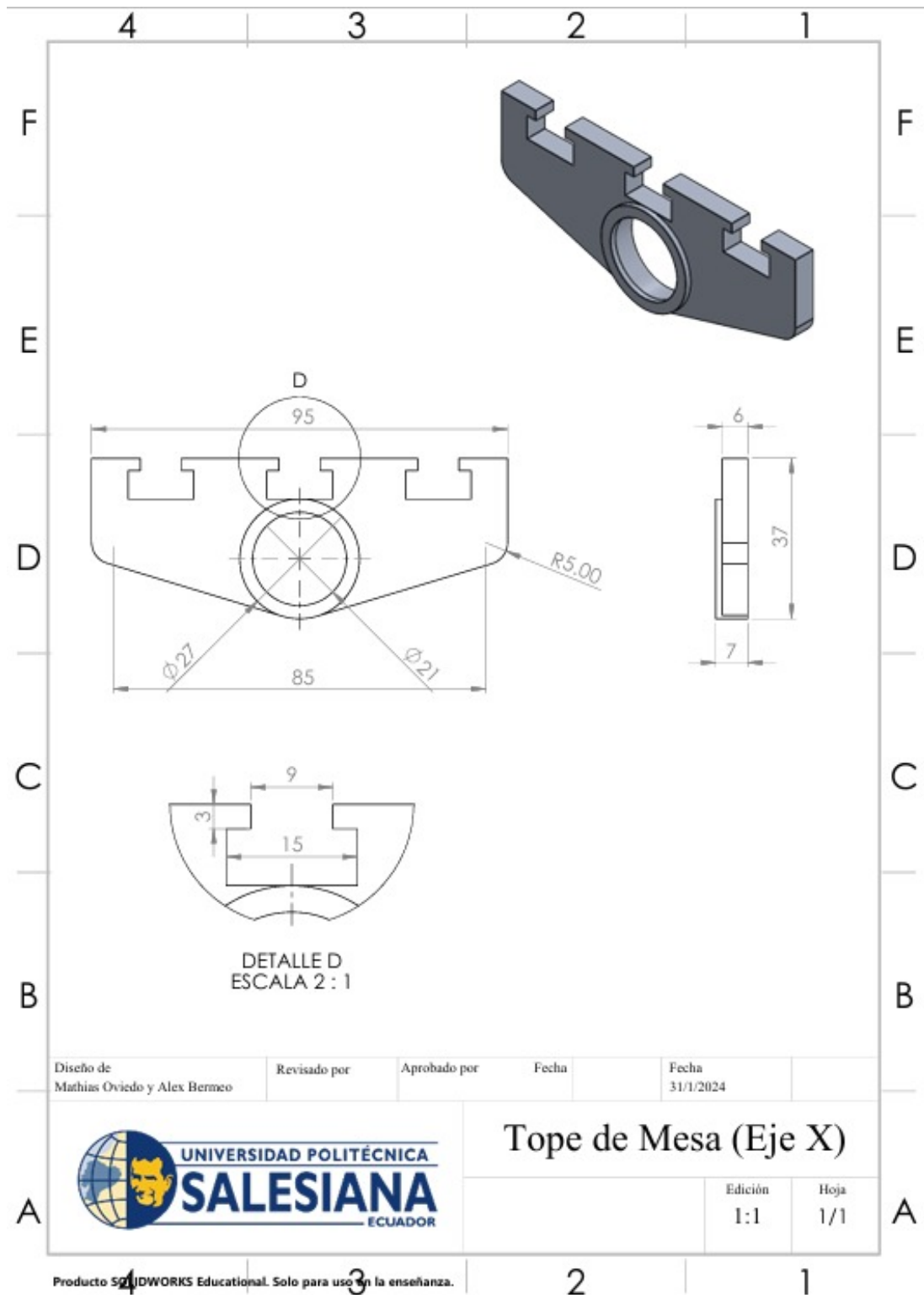


Figura 86. Lámina acotada del tope de mesa (eje x), por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

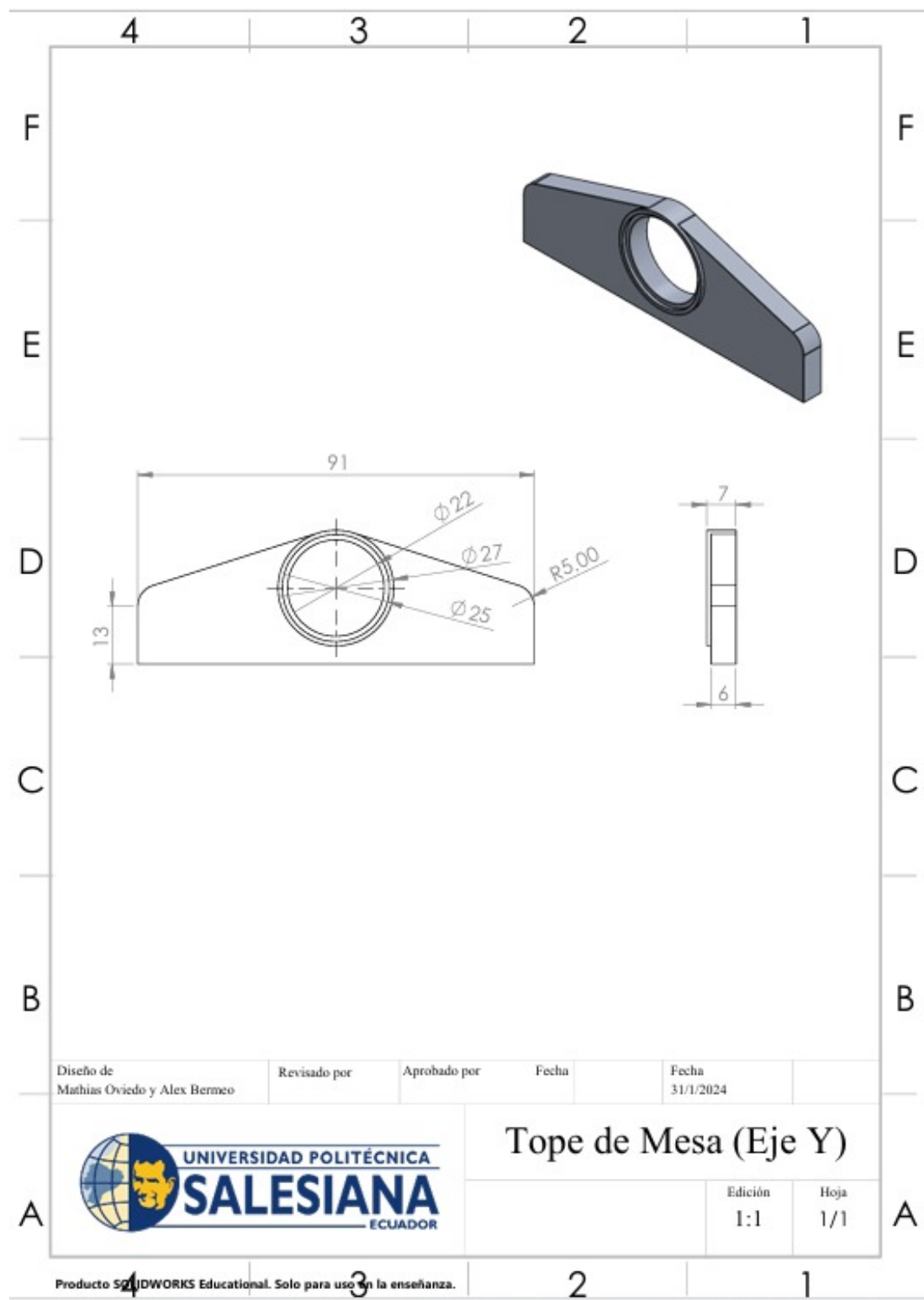


Figura 87. Lámina acotada del tope de mesa (eje y), por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

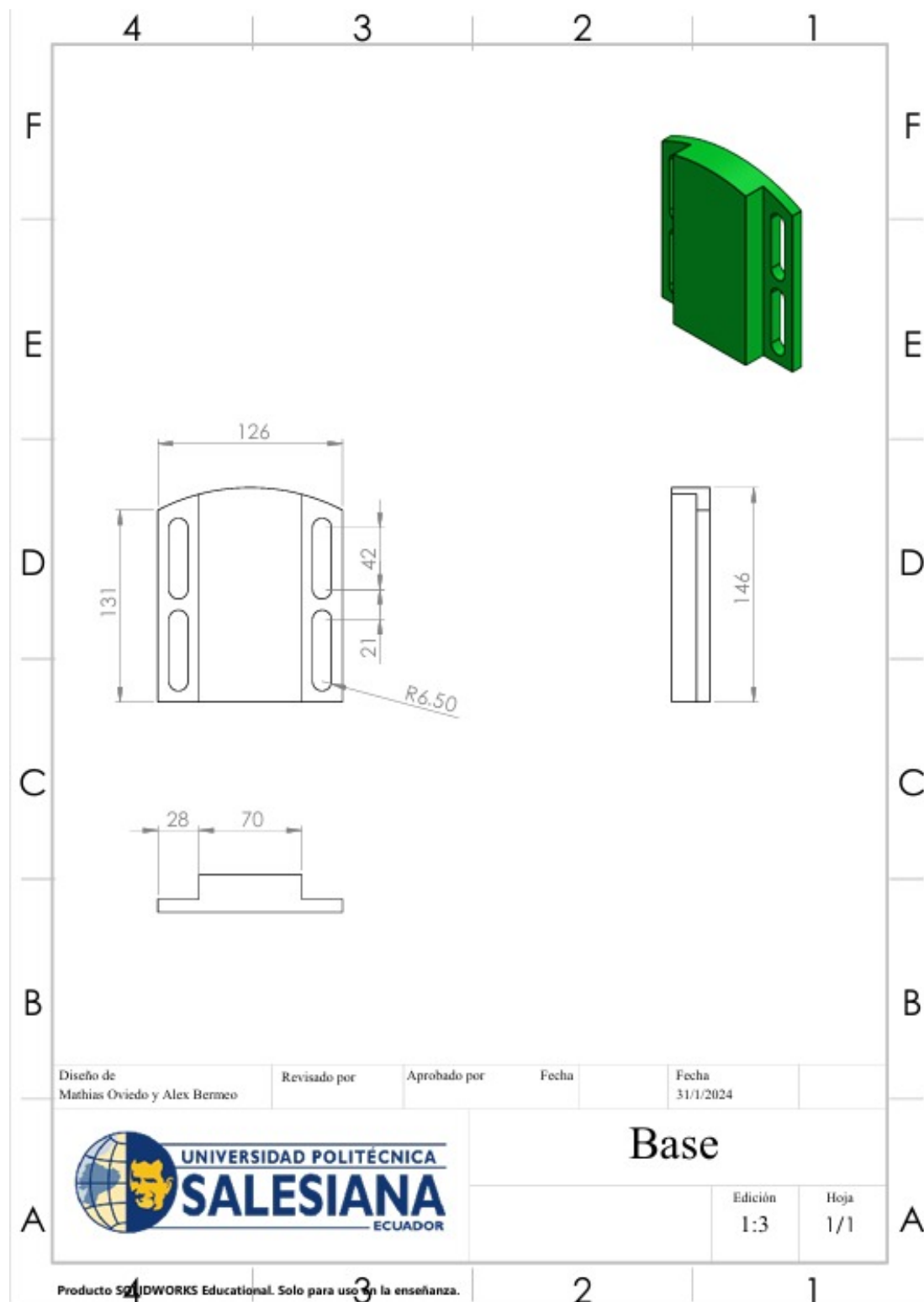


Figura 88. Lámina acotada de la base, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

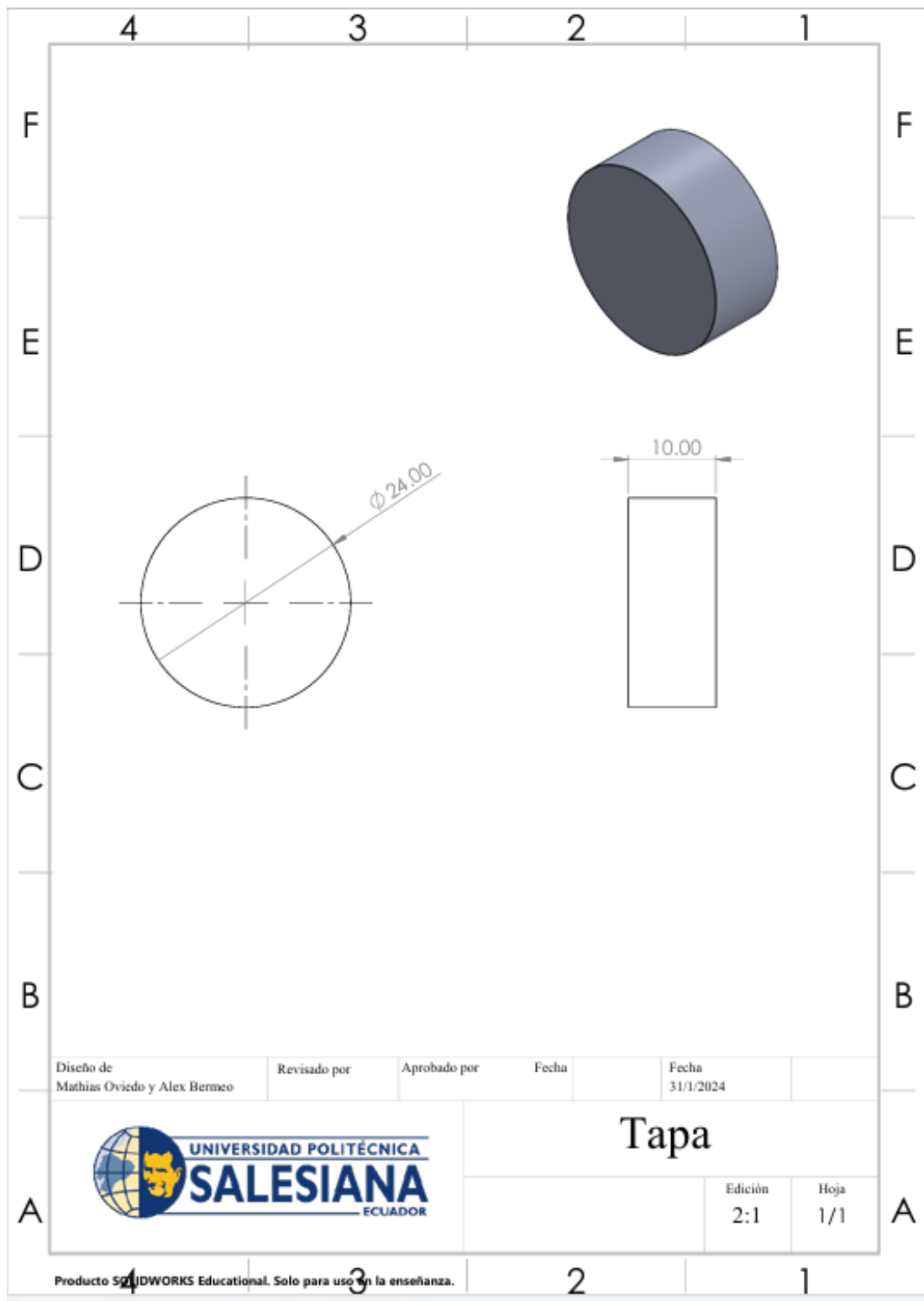


Figura 89. Lámina acotada de la tapa, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

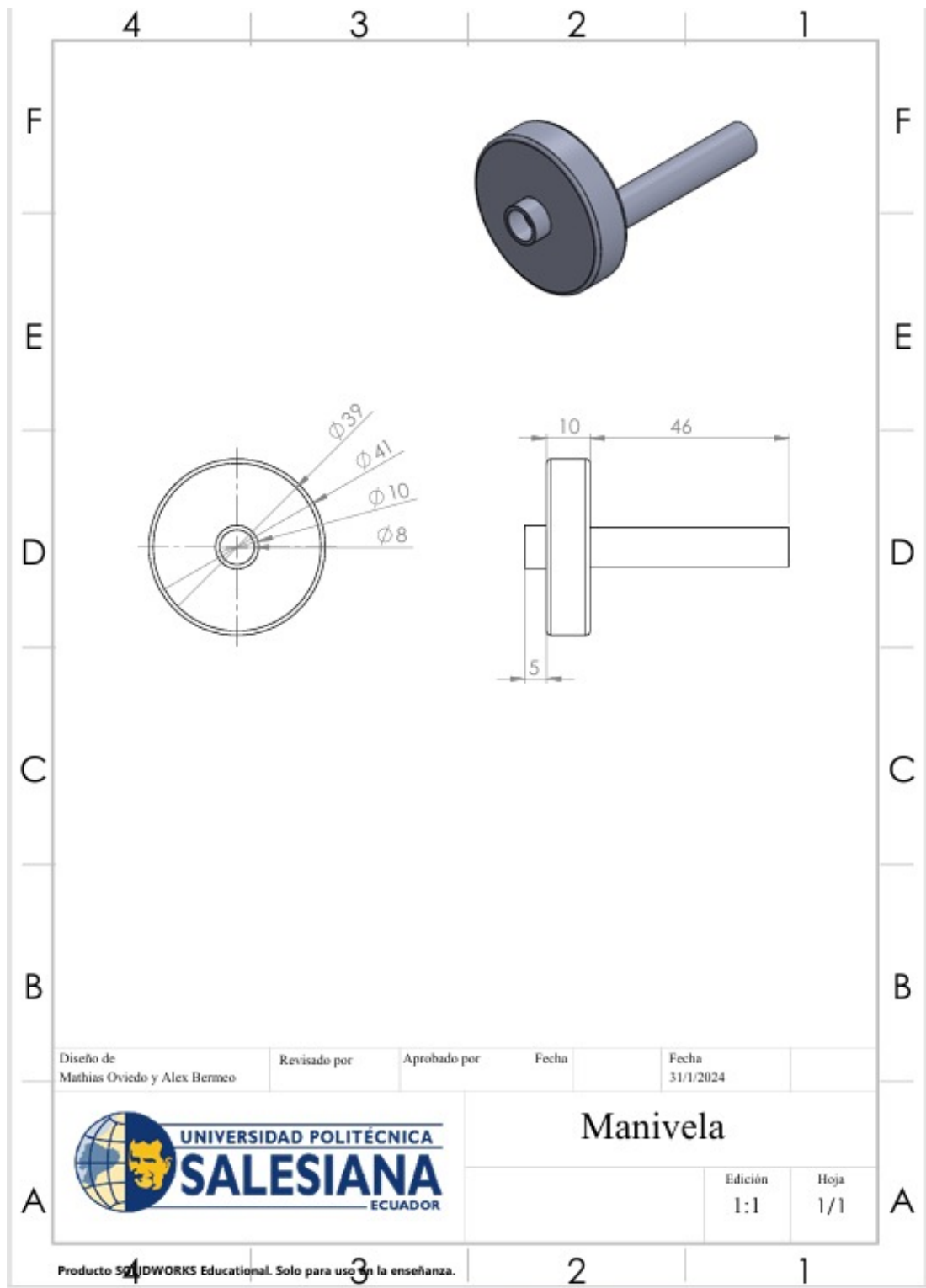


Figura 90. Lámina acotada de la manivela de la mesa, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

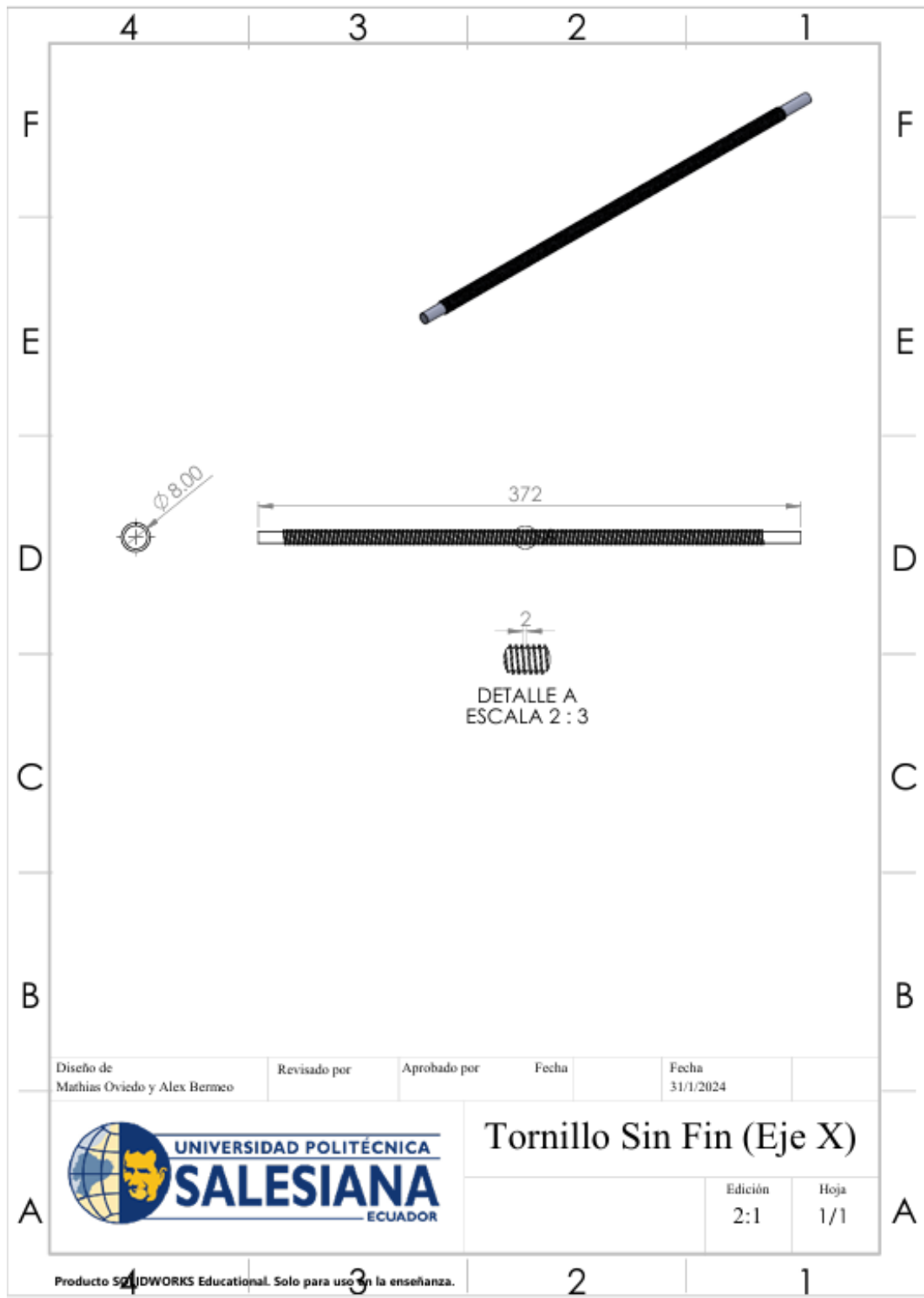


Figura 91. Lámina acotada en el Tornillo Sin Fin (Eje X), por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

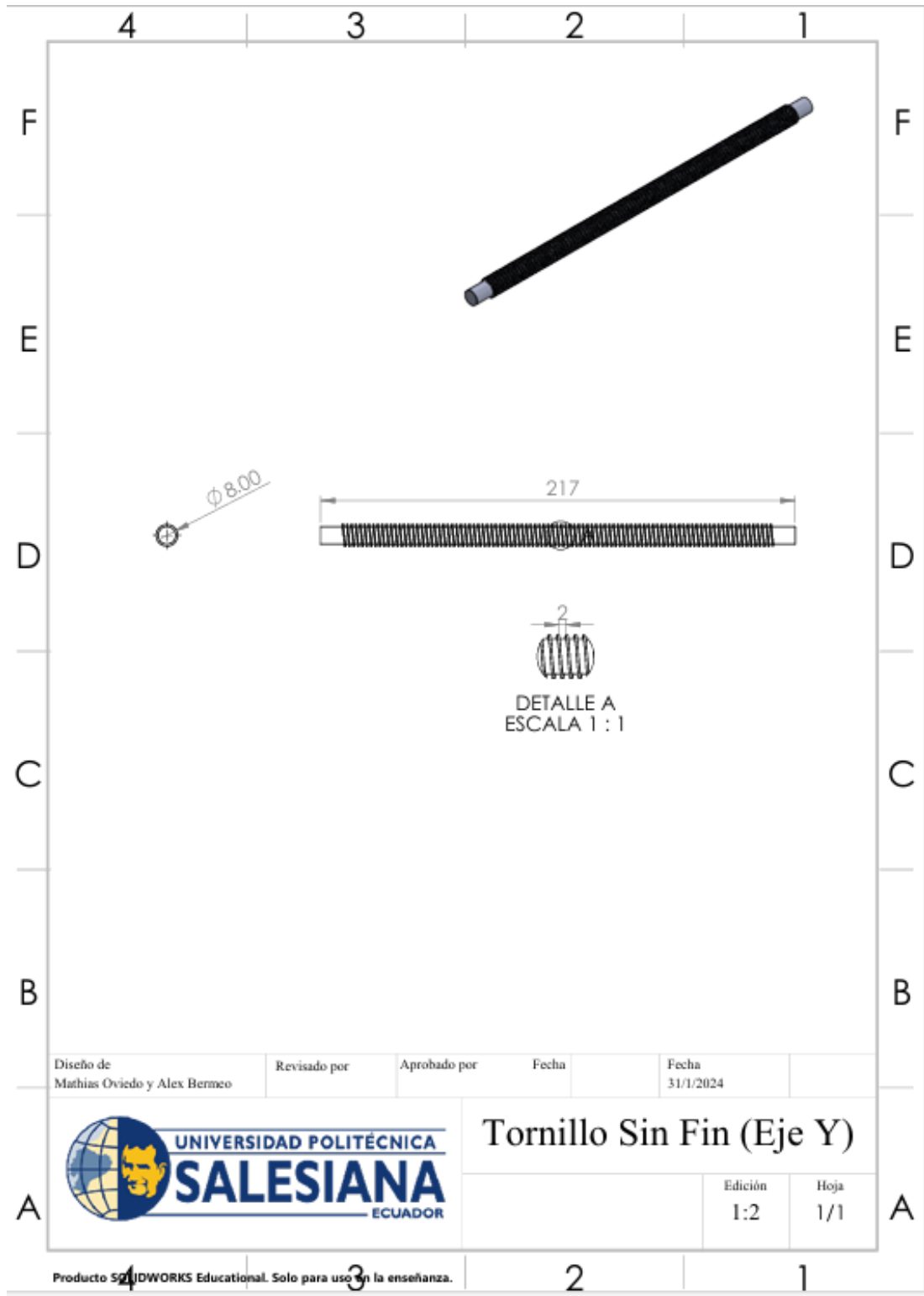


Figura 92. Lámina acotada en el Tornillo Sin Fin (Eje Y), por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

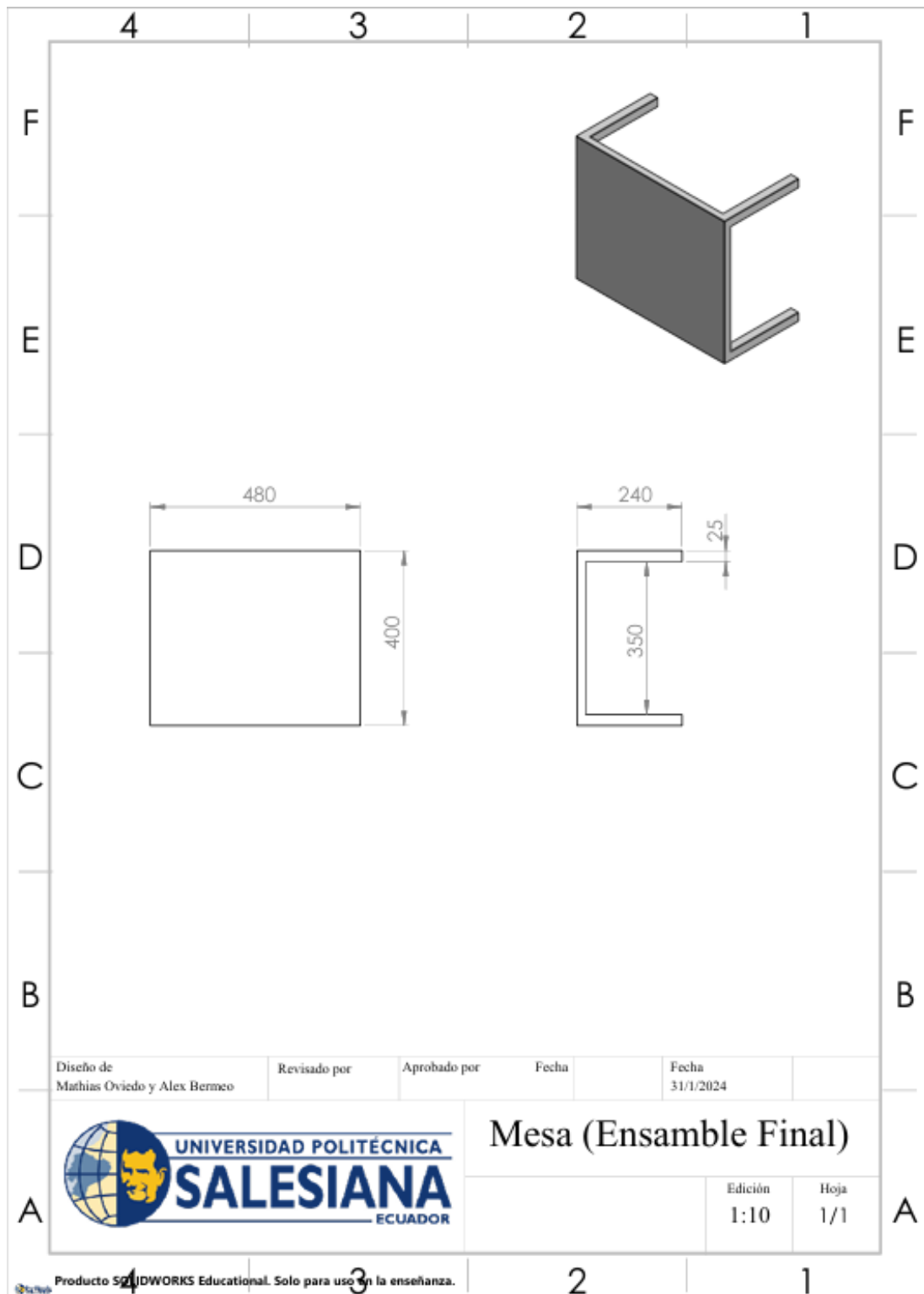


Figura 93. Lámina acotada de la base de la fresadora, por M. Oviedo y A. Bermeo, Solidworks

## ANEXO C

### PREGUNTAS

#### ¿Podría describir qué conoce sobre las fresadoras y su uso en entornos educativos?

30 respuestas

- Son máquinas que sirven para cortar y dar forma a piezas de metal o plástico
- Son clave en programas de educación STEM.
- Las fresadoras son unos equipos para dar un acabado especial a ciertas piezas por general con enfoque mecánico ⚙️
- Ayudan en la creación de prototipos y piezas personalizadas.
- Pueden integrarse con otras tecnologías como impresión 3D y robótica.
- Mejoran la competencia en el uso de software de diseño y manufactura.
- Sirve para dar forma a piezas de diversos tipos de materiales
- Máquina para dar forma a las piezas de manera mecánica
- La fresadora es un instrumento para dar una figura a un objeto de metal, etc. En usos académicos para

Figura 94. Pregunta 1

#### ¿Cuáles son los principales retos que enfrentan los estudiantes al aprender mecanizado en su institución?

30 respuestas

- Falta de acceso a equipos
- Falta de instructores especializados.
- Los principales retos es el costo del equipo a veces no son tan accesibles y las personas no saben operar correctamente la máquina, no todo el sector es de sector técnico hay colegios que son generales no técnico por lo que juega en contra no saber operar correctamente la máquina
- Tiempo de práctica insuficiente
- Seguridad y prevención de accidentes.
- Mantenimiento y ajuste de las máquinas.
- Falta de maquinaria es complicado aprender con 40 estudiantes con 2 tornos y 2 fresadoras
- Que no se tienen los recursos suficientes y el tiempo en taller para aprender de mejor manera.

Figura 95. Pregunta 2

**¿Qué tan accesibles son las fresadoras y otros equipos de mecanizado para los estudiantes en su institución?**

30 respuestas

|                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Las instituciones privadas pueden tener más acceso a tecnología avanzada.                                                              |
| No son tan accesibles                                                                                                                  |
| Algunos centros tienen simuladores como alternativa.                                                                                   |
| Los talleres bien equipados suelen estar en universidades técnicas.                                                                    |
| Los CNC suelen ser menos accesibles que las fresadoras manuales.                                                                       |
| No tenía en mi institución                                                                                                             |
| Accesibles siemore y cuando haya autorización                                                                                          |
| Dificiles por qué si es un grupo de estudiantes grandes, sería imposible poder usar y aprender de manera correcta a usar una fresadora |
| La accesibilidad para la fresadora para los estudiantes es un poco mediado porque no tienen la experiencia                             |

Figura 96. Pregunta 3

**¿Considera que la implementación de una fresadora didáctica mejoraría la enseñanza del mecanizado? ¿Por qué?**

30 respuestas

|                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fomentaría la creatividad y desarrollo de proyectos.                                                                                            |
| Si mejoría , porque implementaría tu experiencia para poder mecanizar amplías tu conocimiento y ganas más experiencia para operar correctamente |
| si, Facilitaría la integración con software educativo.                                                                                          |
| Prepararía mejor a los estudiantes para la industria.                                                                                           |
| Mejoraría la comprensión de procesos CNC.                                                                                                       |
| Sí, porque haría perder el miedo al momento de usarla en un ambiente laboral                                                                    |
| Si y mas por economía                                                                                                                           |
| Ya que se conocen los principios de lo que viene hacer mecánica en piezas                                                                       |
| Claro que la inclusión de una fresadora mejora la enseñanza v en sí también la experiencia del estudiante                                       |

Figura 97. Pregunta 4