



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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN ENTORNO VIRTUAL PARA PROCESOS
DE MECANIZADO EN LA FRESADORA CNC Y EL RESPECTIVO
USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**

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

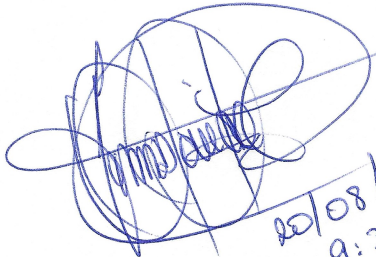
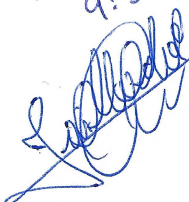
AUTORES: Sharon Ivonne Bejarano Oscatica

Ian Mayel Carpio Rivas

TUTOR: Ing. Jonathan Salvador Paillacho Corredores M.Sc.

Guayaquil - Ecuador

2025


22/08/25
9:30


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

Nosotros, **Sharon Ivonne Bejarano Oscatica** con documento de identificación N° **0965638992** y **Ian Mayel Carpio Rivas** con documento de identificación N° **0929385292**, 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 **Dispositivo Tecnológico: IMPLEMENTACIÓN DE UN ENTORNO VIRTUAL PARA PROCESOS DE MECANIZADO EN LA FRESADORA CNC Y EL RESPECTIVO USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**, 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, 20 de agosto del 2025

Atentamente,



Sharon Ivonne Bejarano Oscatica
0965638992



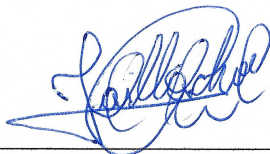
Ian Mayel Carpio Rivas
0929385292

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Jonathan Salvador Paillacho Corredores**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **IMPLEMENTACIÓN DE UN ENTORNO VIRTUAL PARA PROCESOS DE MECANIZADO EN LA FRESADORA CNC Y EL RESPECTIVO USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**, realizado por **Sharon Ivonne Bejarano Oscatica** con documento de identificación N° **0965638992** y por **Ian Mayel Carpio Rivas** con documento de identificación N° **0929385292**, 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, 20 de agosto del 2025

Atentamente,



Ing. Jonathan Salvador Paillacho Corredores, M.Sc.

1718907874

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Sharon Ivonne Bejarano Oscatica** con documento de identificación N° **0965638992** y **Ian Mayel Carpio Rivas** con documento de identificación N° **0929385292**; 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, 20 de agosto del 2025

Atentamente,

Sharon Bejarano O.

Sharon Ivonne Bejarano Oscatica
0965638992

Ian Mayel Carpio Rivas

Ian Mayel Carpio Rivas
0929385292

DEDICATORIA

Dedicamos esta investigación a nuestras familias, quienes nos han inculcado que la educación es el mayor regalo que se puede recibir, pues constituye un puente hacia el conocimiento, la innovación y la posibilidad de alcanzar nuevos horizontes donde los sueños se convierten en realidad.

Con inmenso cariño y gratitud, dedicamos este trabajo a nuestras madres, quienes fueron las primeras en creer en nosotros. Su amor incondicional, sacrificio y fe se convirtieron en el motor que nos impulsó a seguir adelante aun en los momentos más difíciles. Gracias a su ejemplo de fortaleza y entrega, aprendimos que la perseverancia abre caminos y que los sueños pueden hacerse realidad. Este logro no es solo nuestro, sino también de ellas, porque todo lo que somos y hemos alcanzado se lo debemos a su apoyo incansable y a la confianza que siempre depositaron en nosotros.

Sharon Ivonne Bejarano Oscatica
Ian Mayel Carpio Rivas

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a Dios, por ser nuestra guía y fortaleza en cada paso de este camino, brindándonos la sabiduría y la perseverancia necesarias para alcanzar esta meta.

Agradezco además de manera especial al Ing. Jonathan Salvador Paillacho Corredores por su guía ante la realización de este proyecto, con sugerencias y por la confianza brindada para culminar el mismo.

Agradecemos a las amistades que nos dejó la universidad, por su apoyo constante en los momentos difíciles y por compartir experiencias que hicieron de este recorrido académico una etapa más amena y enriquecedora.

Agradecemos a los docentes de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, quienes con su dedicación, conocimiento y apoyo nos brindaron las herramientas necesarias para nuestro crecimiento académico y profesional, aportando de manera significativa a nuestra formación como futuros ingenieros mecatrónicos.

Sharon Ivonne Bejarano Oscatica
Ian Mayel Carpio Rivas

RESUMEN

La presente tesis desarrolla la implementación de un entorno virtual interactivo para optimizar los procesos de mecanizado en la fresadora CNC modelo ROMI D125, promoviendo además el uso adecuado de equipos de protección personal (EPP). El objetivo principal es fortalecer la capacitación práctica y teórica de estudiantes y operarios, minimizando riesgos laborales y mejorando la eficiencia en la operación de maquinaria de control numérico computarizado.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizaron herramientas de diseño y simulación de partes y piezas en programas de modelado 3D, que permitieron la modelación precisa de la fresadora CNC, y el software Unity, que facilitó la creación de un entorno virtual inmersivo y dinámico. Esta integración tecnológica ha permitido que los escenarios de trabajo puedan simularse para que los usuarios puedan practicar operaciones de procesamiento, aplicar procedimientos de seguridad y reconocer la importancia de usar el EPP correctamente en un espacio virtual seguro.

La simulación de la fresadora CNC demostró eficacia formativa y usabilidad alta. por medio de prácticas interactivas, se identificaron correctamente los procesos propios del fresado (taladrado–desbaste–planeado) y se seleccionó la secuencia adecuada de G-code para mecanizar un cuadrado ($\approx 88,9\%$), priorizando el descenso en Z antes de los movimientos en XY . La interfaz fue valorada como intuitiva (valoraciones altas, 4–5, cercanas al $\approx 96\%$, sin respuestas intermedias) y el entorno como suficientemente realista para transferir lo aprendido al taller ($\approx 88,5\%$ en 4–5). Los resultados se observaron de forma consistente en estudiantes de distintas carreras, lo que sugiere que no se requieren conocimientos previos para lograr aprendizaje significativo.

En términos de impacto, la interacción virtual se percibió como muy útil frente a la práctica exclusivamente presencial ($\approx 96,5\%$ en 4–5) y se incrementó el interés por profundizar en mecanizado CNC ($\approx 96,5\%$ en 4–5). En las respuestas abiertas se destacaron aportes clave: comprensión clara de ejes, operaciones y lógica del G-code; posibilidad de equivocarse y corregir sin riesgo para el equipo, consolidando hábitos seguros; y mayor confianza para operar la máquina real. En conjunto, se evidencia que la solución VR actúa como puente eficaz entre la introducción teórica y la práctica en taller, mejorando comprensión, seguridad y motivación.

Palabras claves: Mecanizado CNC, modelado 3D, realidad virtual, CNC ROMI, Unity.

I. ABSTRACT

This thesis develops the implementation of an interactive virtual environment to optimize machining processes on the ROMI D125 CNC milling machine, while also promoting the proper use of personal protective equipment (PPE). The main objective is to strengthen the practical and theoretical training of students and operators, minimizing occupational hazards and improving efficiency in the operation of computerized numerical control machinery.

For the development of this project, part and piece design and simulation tools were used in 3D modeling programs, which allowed for precise modeling of the CNC milling machine, and Unity software, which facilitated the creation of an immersive and dynamic virtual environment. This technological integration has allowed work scenarios to be simulated so that users can practice processing operations, apply safety procedures, and recognize the importance of using PPE correctly in a safe virtual space.

The CNC milling simulation demonstrated high educational effectiveness and usability. Through interactive exercises, the milling processes (drilling–roughing–face milling) were correctly identified, and the appropriate G-code sequence was selected to machine a square $\approx 88,9\%$, prioritizing the descent in Z before movements in XY. The interface was rated as intuitive (high scores, 4–5, close to $\approx 96\%$, with no intermediate responses) and the environment as realistic enough to transfer what was learned to the workshop ($\approx 88,5\%$). The results were consistently observed in students from different majors, suggesting that prior knowledge is not required to achieve meaningful learning.

In terms of impact, virtual interaction was perceived as very useful compared to exclusively in-person practice ($\approx 96,5\%$ in 4–5) and there was an increase in interest in delving deeper into CNC machining ($\approx 96,5\%$ in 4–5). Key contributions were highlighted in the open-ended responses: clear understanding of axes, operations and G-code logic; the ability to make mistakes and correct them without risk to the team, consolidating safe habits; and greater confidence in operating the real machine. Overall, it is evident that the VR solution acts as an effective bridge between theoretical introduction and workshop practice, improving comprehension, safety and motivation.

Keywords: CNC machining, 3D modeling, virtual reality, CNC ROMI, Unity.

ÍNDICE

| | | |
|-------------|---|----|
| I. | Abstract | 8 |
| II. | Problema | 1 |
| III. | Justificación | 3 |
| IV. | Objetivos | 5 |
| IV-A. | Objetivo general | 5 |
| IV-B. | Objetivos específicos | 5 |
| V. | Fundamentos Teóricos | 6 |
| V-A. | Educación Técnica Asistida por Realidad Virtual | 7 |
| V-B. | Software de Diseño y Simulación | 9 |
| V-B1. | Diseño y modelado 3D de elementos del entorno virtual | 9 |
| V-C. | Lenguaje G y programación CNC | 9 |
| V-C1. | Proceso de mecanizado en CNC | 10 |
| V-C2. | Simulación vs Ejecución real | 10 |
| V-D. | Dispositivos de Realidad Virtual | 11 |
| V-D1. | Casos de estudio | 11 |
| V-D2. | Beneficios y limitaciones | 11 |
| V-E. | Normas de Seguridad en Entornos de Simulación y Fresado CNC | 12 |
| VI. | Marco Metodológico | 13 |
| VI-A. | Desarrollo | 13 |
| VI-A1. | Subsistema Mecánico: Piezas principales de la máquina CNC | 13 |
| VI-B. | Programación en Unity V6.0 | 19 |
| VI-B1. | Modelado 3D del taller y Aplicación de normas de seguridad | 19 |
| VI-C. | Construcción del entorno 3D | 20 |
| VI-D. | Simulación del Entorno Inmersivo | 20 |
| VI-E. | Simulación del Ensamble de la Fresadora en Unity | 21 |
| VI-F. | Configuración de Componentes e Inspector | 22 |
| VI-G. | Colisionadores y Ajuste Espacial | 23 |
| VI-H. | Escena y Modo de Juego | 23 |
| VI-I. | Programación código G | 24 |
| VI-J. | Vinculación con las Gafas Meta Quest | 26 |
| VI-K. | Validación Funcional y Pedagógica | 27 |
| VI-L. | Diagrama de flujo | 27 |
| VI-M. | Práctica Guiada N.º 1: Reconocimiento del Centro de Mecanizado CNC en Entorno Virtual | 28 |
| VI-N. | Práctica Guiada N.º 2: Proceso de mecanizado con tres tipos de herramientas | 28 |
| VI-Ñ. | Práctica Guiada N.º 3: Evaluación del conocimiento mediante test de opción múltiple | 30 |
| VII. | Resultados | 31 |
| VII-A. | Resultados de la encuesta | 32 |
| VII-A1. | Carreras de los participantes | 32 |
| VII-A2. | Procesos realizados en la simulación de la fresadora CNC | 32 |
| VII-A3. | Secuencia de código G para mecanizar un cuadrado | 33 |
| VII-A4. | Interacción con el panel de control y las herramientas | 33 |
| VII-A5. | Percepción de realismo del entorno virtual | 34 |
| VII-A6. | Comprensión percibida de los procesos de mecanizado | 35 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| VII-A7. | Experiencia general del usuario en el entorno VR | 35 |
| VII-B. | Utilidad percibida de la interacción virtual con la fresadora CNC | 36 |
| VII-B1. | Utilidad percibida de la interacción virtual con la fresadora CNC | 37 |
| VII-B2. | Interés por aprender mecanizado CNC tras la simulación | 37 |
| VII-B3. | Aportes percibidos a la formación profesional | 38 |
| VII-B4. | Recomendación de la práctica a otros estudiantes | 39 |
| VII-B5. | Aprendizajes nuevos a partir de la simulación | 40 |
| VIII. | Cronograma | 41 |
| IX. | Presupuesto | 42 |
| X. | Conclusiones | 43 |
| XI. | Recomendaciones | 44 |
| | Referencias | 45 |
| | Anexo A: Planos | 48 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Gafas 3D, Fuente: [21]. | 6 |
| 2. | Uso obligatorio de E.P.P, Fuente: [21]. | 7 |
| 3. | Señalética de salida de emergencia, Fuente: [21]. | 8 |
| 4. | Uso Obligatorio de paso peatonal, Fuente: [21]. | 8 |
| 5. | Inmersión en la realidad virtual, Fuente: [21]. | 8 |
| 6. | Maquina CNC ROMI, Fuente: [21]. | 13 |
| 7. | BASE DEL EJE, Fuente: [21]. | 14 |
| 8. | Carcasa, Fuente: [21]. | 14 |
| 9. | Puerta Izquierda, Fuente: [21]. | 15 |
| 10. | Puerta Derecha, Fuente: [21]. | 15 |
| 11. | Husillo, Fuente: [21]. | 16 |
| 12. | EJE X, Fuente: [21]. | 16 |
| 13. | EJE Y, Fuente: [21]. | 16 |
| 14. | Almacen de Herramientas, Fuente: [21]. | 17 |
| 15. | Cambiador automatico de Herramientas, Fuente: [21]. | 17 |
| 16. | Plataforma, Fuente: [21]. | 18 |
| 17. | 3 tipos de herramientas, Fuente: [21]. | 18 |
| 18. | Modelado de máquina CNC en 3D, por S. Bejarano e I. Carpio, Unity | 19 |
| 19. | Modelado de máquina CNC en 3D en el taller, por S. Bejarano e I. Carpio, Unity | 19 |
| 20. | Inmersión de realidad virtual del taller, Fuente: [21]. | 20 |
| 21. | Ensamble de Fresadora | 21 |
| 22. | Panel de Unity | 21 |
| 23. | Panel de Unity P2 | 22 |
| 24. | Maquina Interactiva | 22 |
| 25. | Box Collider | 23 |
| 26. | Maquina Encendida con éxito | 24 |
| 27. | RotateYAnimation.cs | 25 |
| 28. | SetAnimationController.cs | 25 |
| 29. | GameObjectPhaseChanger.cs | 26 |
| 30. | Diagrama de flujo, por S. Bejarano e I. Carpio | 27 |
| 31. | Vista explosionada de la máquina CNC | 28 |
| 32. | Procesos de mecanizado con herramienta de planeado | 29 |
| 33. | Proceso de mecanizado con herramienta de desbaste | 29 |
| 34. | Proceso de mecanizado con herramienta de Taladrado | 30 |
| 35. | Test de opción múltiple | 30 |
| 36. | Estudiantes de la UPS | 31 |
| 37. | Carreras participativas | 32 |
| 38. | Procesos de mecanizado seleccionados en la simulación | 32 |
| 39. | Secuencia correcta de G-code para mecanizar un cuadrado | 33 |
| 40. | Intuitividad de la interfaz: panel de control y herramientas | 34 |
| 41. | Percepción de realismo del entorno virtual | 34 |
| 42. | Retroalimentación | 35 |
| 43. | Experiencia general del usuario en el entorno VR | 36 |
| 44. | Utilidad de la interacción virtual frente a la presencial | 36 |
| 45. | Utilidad de la interacción virtual frente a la presencial | 37 |
| 46. | La simulación aumentó el interés por aprender mecanizado CNC | 38 |
| 47. | Aportes percibidos a la formación profesional (respuestas abiertas) | 38 |
| 48. | Motivos para recomendar la práctica en VR (respuestas abiertas) | 39 |
| 49. | Comentarios | 40 |

| | | |
|-----|--|----|
| 50. | Lámina acotada del Conveyor, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks | 49 |
| 51. | Lámina acotada Door, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks | 50 |
| 52. | Lámina acotada Piso, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks | 51 |
| 53. | Lámina acotada Door, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks | 52 |
| 54. | Lámina acotada del Conveyor, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks | 53 |
| 55. | Lámina acotada del almacen de herramientas, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks . . . | 54 |
| 56. | Lámina acotada del eje Y sistema de movimiento, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks | 55 |
| 57. | Lámina acotada de la base ROMI, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks | 56 |
| 58. | Lámina acotada del cambiador de herramientas, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks . . | 57 |
| 59. | Lámina acotada de la carcasa de la máquina CNC, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks | 58 |

ÍNDICE DE TABLAS

I. Cronograma 41

II. PROBLEMA

Por muchos años, la mayor parte de universidades en Ecuador han estado sin laboratorios con máquinas CNC, lo que restringe notablemente la educación práctica en sectores de manufactura y control numérico. El Estado recién identificó esta brecha tecnológica en la última década, promoviendo inversiones específicas para actualizar la infraestructura técnica en las carreras de ingeniería [1].

El taller de máquinas CNC de la Universidad Politécnica Salesiana cuenta con avanzadas unidades de torneado y fresado de última tecnología, que son empleadas regularmente por profesores y alumnos en clases prácticas y en la realización de proyectos académicos. No obstante, el acceso a estos dispositivos está condicionado por restricciones de tiempo, espacio y seguridad, lo que limita el uso completo del laboratorio por parte del alumno. Nuestro objetivo es modificar la forma en que se enseña y se aprende en contextos técnicos a través de la implementación de tecnologías innovadoras. La tecnología de la realidad virtual surge como un recurso educativo significativo, ya que posibilita la elaboración de experiencias inmersivas, interactivas y seguras que permiten al estudiante explorar, ensayar y comprender el funcionamiento de equipos técnicos, sin necesidad de estar físicamente presente ni utilizar maquinaria real [1].

El progreso tecnológico en el sector de la manufactura ha permitido la incorporación de maquinaria de Control Numérico por Computadora (CNC), que es esencial para los procesos de mecanizado de alta precisión. De este modo, la educación en ingeniería, diseño industrial, mecatrónica y campos relacionados ha incorporado la instrucción sobre el uso de estas herramientas como un componente fundamental en su plan de estudios. Sin embargo, uno de los retos más importantes que enfrentan las instituciones educativas es asegurar que los alumnos cuenten con un acceso constante y seguro a los laboratorios de CNC[2].

Actualmente, muchas universidades disponen de un número restringido de equipos CNC, debido al alto costo de compra, mantenimiento y operación de estos dispositivos. Esta restricción impide a los estudiantes practicar con la regularidad necesaria, lo que repercute de manera negativa en el desarrollo de habilidades prácticas. La alta demanda de acceso al laboratorio en horarios determinados genera congestión y limitaciones en la planificación académica, lo que produce períodos de inactividad o prácticas limitadas que impiden una participación plena en los procesos [3].

Asimismo, el uso de maquinaria CNC conlleva riesgos inherentes, especialmente al trabajar con estudiantes en formación que aún no han adquirido la experiencia necesaria para manejar de forma segura herramientas de corte, sistemas eléctricos y software especializado. El riesgo de experimentar errores durante el proceso de mecanizado no solo puede provocar accidentes, sino también dañar equipos de alto valor, lo que representa una amenaza para la organización. Como resultado, varias actividades se limitan a exposiciones teóricas o breves ejercicios, los cuales no reflejan adecuadamente el trabajo real en un entorno industrial [4].

A estas limitaciones se suma la falta de enfoques didácticos innovadores que permitan a los estudiantes acostumbrarse de manera progresiva al entorno del laboratorio CNC antes de enfrentar el manejo adecuado de los dispositivos. A pesar del desarrollo de herramientas digitales y simuladores en 2D y 3D, muchas de estas opciones carecen de realismo, interactividad y una experiencia de usuario enriquecedora que fomente un aprendizaje signi-

ficativo y autónomo [5].

A pesar de que estas tecnologías tienen un considerable potencial, su aplicación en el ámbito educativo para replicar entornos CNC sigue siendo escasa en instituciones con un alto presupuesto tecnológico. Por lo tanto, surge la necesidad de desarrollar e implementar un entorno de realidad virtual que sea viable desde el punto de vista técnico, beneficioso en términos pedagógicos y sin un costo excesivo, adaptado a las condiciones de las instituciones educativas contemporáneas [6].

El reto principal se encuentra en la escasez de instalaciones adecuadas, materiales y enfoques educativos modernos que garanticen una formación completa y segura en el manejo de maquinaria CNC. Esta situación compromete la efectividad del aprendizaje práctico entre los estudiantes, lo que subraya la necesidad de investigar y crear innovadoras herramientas educativas, como la realidad virtual, que transformen la experiencia de enseñanza en el entorno del laboratorio CNC [7].

Por otro lado, la pandemia aumento notablemente el interés por alternativas educativas en línea y a distancia. Si bien muchas instituciones de educación superior han adoptado tecnologías de videoconferencia y recursos digitales, pocas han incorporado simulaciones avanzadas o experiencias inmersivas capaces de reflejar de manera precisa las circunstancias de un laboratorio real[8].

Es fundamental reconocer que la falta de competencias prácticas en la operación de maquinaria CNC no solo impacta el rendimiento académico, sino que también influye negativamente en la eficiencia y competitividad de las empresas que contratan a egresados poco preparados. En un entorno industrial donde son esenciales la precisión, la efectividad y las habilidades técnicas, una educación deficiente puede conducir a un aumento de los costos operativos, errores en la producción y una disminución de la confianza en el potencial de los jóvenes profesionales. Por lo tanto, resulta vital que las instituciones de educación superior implementen enfoques que reduzcan esta carencia educativa, utilizando soluciones tecnológicas como entornos inmersivos que pueden complementar, enriquecer y, en ciertos casos, sustituir parcialmente las prácticas de laboratorio en CNC [9].

III. JUSTIFICACIÓN

La disponibilidad anterior de recursos tecnológicos agiliza el proceso. Poseer gafas de realidad virtual reduce significativamente los costos iniciales de implementación, ya que se evita la compra de equipos especializados. Esta cualidad transforma el proyecto en una alternativa viable y tangible, al disminuir el obstáculo financiero que con frecuencia impide la ejecución de este tipo de propuestas. Tener estos dispositivos permite realizar pruebas continuas, validaciones con usuarios reales y ajustes iterativos en la fase de desarrollo, lo que mejora la calidad y precisión del entorno simulado[10].

El entorno inmersivo permitirá la adopción de estrategias de aprendizaje activo, convirtiendo al alumno de un simple receptor a un protagonista en su propio proceso educativo. A través de la simulación, podrás interactuar con diferentes elementos de una máquina CNC, analizar los procesos de mecanizado, ajustar parámetros y comprender de manera intuitiva cómo cada acción influye en el resultado final. Este enfoque educativo basado en la experiencia favorece considerablemente la retención del conocimiento y facilita el desarrollo de habilidades técnicas genuinas, incluso antes de que el estudiante tenga interacción directa con la máquina real[11].

En este contexto, la utilización de entornos virtuales inmersivos se considera una opción efectiva para sortear las limitaciones actuales. La tecnología de realidad virtual posibilita generar simulaciones que son auténticas, seguras y accesibles de laboratorios CNC. En tales situaciones, los alumnos tienen la oportunidad de interactuar con representaciones virtuales de las máquinas, vivir procesos de mecanizado, cometer errores sin repercusiones reales y potenciar su aprendizaje de forma activa y multisensorial[12].

Un elemento clave que respalda esta propuesta es su habilidad para disminuir los riesgos vinculados a la utilización de equipos de gran tamaño. La capacitación en CNC, igual que en otras disciplinas prácticas, implica un riesgo significativo si no se realiza en un entorno controlado y bajo la supervisión correcta. Al brindar a los estudiantes la oportunidad de ensayar en un ambiente simulado, se reduce considerablemente la posibilidad de incidentes en el laboratorio auténtico. Esto no solo garantiza la seguridad física del alumno, sino que también protege los recursos de la institución al prevenir el deterioro de equipos costosos [13].

Es posible modificar la propuesta para diferentes niveles educativos y para otras áreas técnicas que requieran laboratorios especializados. Por ejemplo, luego de crear el entorno inmersivo inicial, se pueden desarrollar módulos complementarios que reproduzcan diferentes modelos de máquinas CNC, herramientas para programar en G-code, procedimientos de calibración y hasta fallos comunes del sistema. Esta adaptabilidad brinda un valor perdurable al proyecto y consolida la dedicación de tiempo y esfuerzo en su creación inicial[14].

Elegir un software como herramienta fundamental para el desarrollo de un entorno inmersivo es una decisión táctica en términos técnicos y pedagógicos. Una plataforma fácil de usar y accesible que permite la adición de modelos 3D, animaciones, interacciones y movimientos en entornos virtuales sin requerir habilidades avanzadas en programación, facilitando así el diseño de experiencias educativas centradas en el usuario. Su aplicación en dispositivos de realidad virtual y su capacidad para crear simulaciones realistas lo convierten en una herramienta ideal para replicar con gran precisión visual y operativa el entorno de un laboratorio CNC [15].

El programa se enfoca en modelos CAD y diferentes elementos 3D que se utilizan comúnmente en áreas de ingeniería. Esto posibilita la creación de simulaciones precisas y detalladas que representan las características reales de las máquinas CNC, abarcando controles, paneles de mando, herramientas de corte y procesos de mecanizado. Asimismo, su enfoque en la interacción directa con elementos en un entorno de Realidad Virtual facilitará que los estudiantes desarrollen habilidades prácticas mediante la exploración y la práctica, replicando fielmente la lógica operativa de un laboratorio real [16].

Para concluir, nuestro proyecto no solo se beneficia de las capacidades de la realidad virtual y la accesibilidad de dispositivos específicos como las gafas Meta Quest 3S, sino que también se sustenta en eficaces herramientas de desarrollo como Unity para asegurar un resultado técnico robusto, funcional y pedagógicamente efectivo. Esta mezcla de recursos respalda completamente la noción de establecer un entorno inmersivo para el laboratorio CNC, reafirmando como una alternativa innovadora, factible y alineada con las exigencias tecnológicas y educativas actuales [17].

Por esta razón, nuestro proyecto sugiere la creación de un entorno inmersivo utilizando realidad virtual que replique fielmente la experiencia de un laboratorio CNC. Esto permitirá a los usuarios manipular la maquinaria sin poner en riesgo los equipos reales. Con esta iniciativa se pretende potenciar el aprendizaje más allá de las visitas técnicas convencionales, brindando una herramienta educativa que sea accesible, interactiva y que responda a las necesidades del sector industrial contemporáneo [18].

IV. OBJETIVOS

IV-A. Objetivo general

Implementar un entorno virtual inmersivo para la operación segura en centro de mecanizado CNC.

IV-B. Objetivos específicos

- Diseñar un ambiente virtual simplificado de un laboratorio, que permita la visualización de la máquina Fresadora CNC y su zona de operación.
- Implementar componentes interactivos en el entorno virtual para la simulación de procesos de fresado, incorporando normas de seguridad y manejo básico de la CNC.
- Validar el correcto funcionamiento del sistema mediante la ejecución de tres prácticas guiadas de laboratorio.

V. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La Virtualidad Real es una herramienta envolvente que brinda a los usuarios la oportunidad de vivir, descubrir y relacionarse con espacios 3D creados por ordenadores, de manera inmediata. Mediante el uso de dispositivos especializados como gafas o cascos de realidad virtual, sensores de movimiento y auriculares con audio espacial, es posible simular una sensación de presencia en escenarios que pueden ser tanto réplicas del mundo físico como ambientes completamente ficticios [19].

Los principios esenciales de la realidad virtual se centran en generar imágenes tridimensionales que están relacionadas simultáneamente con el movimiento de la cabeza del usuario. De igual manera, se incorporan estímulos para los 5 sentidos que refuerzan el realismo en la realidad virtual, incluyendo estímulos visuales, sonoros y táctiles que proporcionan una experiencia más inmersiva y auténtica. Esto significa que, cada vez que el usuario se desplaza, realiza algún movimiento con la cabeza o interactúa con elementos dentro del entorno virtual, el sistema está diseñado para reaccionar de manera continua y coordinada, intensificando la sensación de estar realmente presente en el espacio digital [20].



Figura 1. Gafas 3D, Fuente: [21].

Fue diseñada inicialmente con el objetivo de aplicaciones para el ámbito militar y aeronáutico, la realidad virtual ha experimentado constantemente un notable crecimiento en las dos últimas décadas. En la actualización se ha tratado de implementar en diferentes campos como, por ejemplo, ahora se está implementando en la medicina, la ingeniería, psicología, la formación laboral y el entretenimiento digital, volviéndose cada vez más relevante en el campo de la educación [22].

Una de las contribuciones más significativas que nos puede ofrecer la realidad virtual en el ámbito educativo es su capacidad para facilitar experiencias interactivas, envolventes y seguras. A diferencia de la enseñanza tradicional, que no se ha podido involucrar algún cambio en los últimos años y que suele enfocarse en textos o exposiciones teóricas, sin embargo, la realidad virtual brinda la posibilidad de experimentar fenómenos, circunstancias o procesos que, de otro modo, serían peligrosos, costosos o poco prácticos de llevar a cabo en un entorno académico, por lo que es un buen punto a favor de esta. Por ejemplo, un estudiante de medicina puede llevar a cabo una cirugía en un entorno simulado sin enfrentar algún riesgo real o accidente. Por ejemplo, un experto en mecánica tiene la oportunidad de mecanizar en una máquina CNC en un entorno de realidad virtual, liberando el temor de causar

daños, accidentes o sufrir una lesión [22].

La capacidad de la realidad virtual para recrear escenarios laborales, técnicas específicas o entornos complejos dentro de un espacio seguro y repetitivo, convierte a esta tecnología en una herramienta didáctica sumamente eficaz. Además, su característica interactiva permite que el estudiante realice elecciones, cometa errores y reciba retroalimentación inmediata, lo que potencia el aprendizaje significativo y el desarrollo de habilidades prácticas [23].

La recreación de una fresadora CNC en un entorno de realidad virtual proporciona una representación precisa de cada fase del proceso de mecanizado. Este sistema abarca desde la introducción del código G y la configuración de trayectorias y ajustes, hasta la interacción con los controles mecánicos de la máquina. El ambiente virtual brinda una experiencia operativa que se asemeja a la operación real. Este método facilita la investigación y verificación de procesos sin poner en riesgo los equipos físicos, lo que es especialmente valioso en situaciones donde el acceso a la maquinaria puede verse restringido por factores de tiempo o seguridad[24].

V-A. Educación Técnica Asistida por Realidad Virtual

La Realidad Virtual responde a una demanda educativa que va en aumento: adaptar los métodos de enseñanza a las características de las nuevas generaciones de alumnos, quienes han estado en contacto con tecnologías digitales, interfaces visuales y experiencias interactivas desde su infancia. De esta manera, el empleo de VR en contextos educativos no solo mejora el acceso y la seguridad en la formación técnica, sino que también incrementa la motivación, el compromiso y la retención del conocimiento en los estudiantes [25].



Figura 2. Uso obligatorio de E.P.P, Fuente: [21].

Esto facilita la repetición de procesos tantas veces como se requiera para lograr el dominio de una destreza concreta, lo que es complicado de alcanzar con equipos verdaderos por el deterioro o la escasez de materiales[25].



Figura 3. Señalética de salida de emergencia, Fuente: [21].



Figura 4. Uso Obligatorio de paso peatonal, Fuente: [21].

Un aspecto destacable es la mejora del aprendizaje activo. En los contextos digitales, los estudiantes no solo participan, sino que también exploran, manipulan y experimentan de manera directa. Este método favorece una mayor retención del conocimiento, puesto que los estudiantes se convierten en protagonistas de su propio proceso educativo. Así, la realidad virtual no solo respalda los conceptos teóricos, sino que también intensifica la práctica, brindando una experiencia de aprendizaje más completa e inmersiva, como se muestra en la figura 1[21].

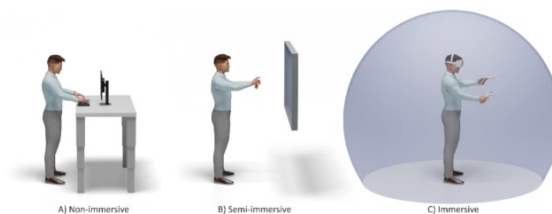


Figura 5. Inmersión en la realidad virtual, Fuente: [21].

V-B. Software de Diseño y Simulación

Para construir un entorno inmersivo que emule el funcionamiento de la fresadora CNC ROMI, se eligió utilizar el motor de desarrollo Unity debido a su adaptabilidad, facilidad para incorporar elementos tridimensionales y su soporte para experiencias de realidad virtual. Unity permite la creación de aplicaciones inmersivas e interactivas sin que sea necesario contar con conocimientos avanzados de programación, facilitando así la incorporación de las funcionalidades necesarias para la simulación.[26].

El periodo de desarrollo incluyó la migración de modelos CAD de la fresadora hacia el entorno de Unity, la creación de scripts que controlan la lógica de interacción y simulación, así como la estructuración del sistema de realidad virtual para asegurar su funcionalidad con los dispositivos utilizados en las pruebas. Además, se diseñaron interfaces gráficas en el entorno para guiar al usuario durante la operación virtual.

V-B1. Diseño y modelado 3D de elementos del entorno virtual: Durante la creación del entorno virtual, nos enfocamos en diseñar un área de trabajo que reflejara fielmente un taller de tipo industrial, integrando todos los elementos fundamentales para brindar una experiencia de simulación completa. Establecimos un espacio de taller amplio y funcional que incluye la fresadora CNC ROMI.

En este contexto, hemos incorporado un armario concebido especialmente para el ordenado almacenaje de equipos de protección personal y resaltamos la relevancia de la seguridad alrededor de las máquinas. Con el fin de realzar la experiencia del usuario, también ajustamos la representación del mismo, lo que facilita la interacción directa con los controles y los elementos del simulador.

Nos enfocamos especialmente en el funcionamiento del panel de control de la fresadora CNC, siendo este el elemento clave para la interacción del usuario y la correcta simulación de funciones. Este panel contaba con una interacción total, permitiendo al usuario ajustar botones, perillas y pantallas táctiles dentro del entorno virtual, lo que reproducía fielmente el control de la máquina. La iluminación y la eliminación de todos los objetos se ajustaron meticulosamente para mejorar la experiencia de navegación y maximizar la efectividad del entorno virtual.

V-C. Lenguaje G y programación CNC

El lenguaje G es una norma reconocida que se emplea en las máquinas de control numérico computarizado (CNC). A través de este lenguaje, se transmiten órdenes específicas a las máquinas para monitorizar su funcionamiento en actividades de manufactura, como el corte y el fresado. Su aplicación es crucial en el sector actual, donde la automatización y la exactitud son fundamentales en la producción [27].

Este tipo de lenguaje está formado por diversos comandos compuestos de letras y números que regulan características como el desplazamiento de herramientas, la velocidad de avance, la rotación del eje y el camino que sigue. Cada línea de código indica una acción particular, como trasladar el eje x a una posición determinada o ajustar la rapidez de rotación. Aunque su estructura es sencilla, es fundamental que sea exacta, ya que instrucciones incorrectas pueden generar fallos en la pieza o, en el peor de los casos, perjudicar la máquina [27].

Así, entender y redactar correctamente el código G es fundamental para asegurar un proceso de fabricación seguro y eficaz. En el ámbito educativo, dominar este lenguaje capacita a los alumnos para entender cómo operan las máquinas CNC y les permite adquirir habilidades técnicas valiosas para su futuro profesional. Utilizando simuladores o plataformas específicas, los estudiantes pueden ensayar y validar los códigos sin necesidad de recurrir a equipos reales, lo que minimiza los peligros y mejora la experiencia de aprendizaje[27].

V-C1. Proceso de mecanizado en CNC: El procedimiento de mecanizado por control numérico computarizado implica la creación de componentes mediante la remoción cuidadosa de material, utilizando equipos que funcionan según directrices programadas en un lenguaje específico, como el lenguaje G. Estas máquinas automatizadas proporcionan un nivel elevado de exactitud, repetibilidad y eficiencia en la producción, aspectos que son cruciales en industrias como la automotriz, la aeroespacial y la manufactura avanzada [28].

El proceso habitual inicia con la creación de un diseño en un software de diseño asistido por computadora (CAD), el cual luego se convierte en un modelo de manufactura asistida por computadora (CAM) que produce un código para su aprendizaje.

A lo largo de este procedimiento, resulta esencial evaluar la viabilidad de la operación a través de simulaciones virtuales. Este tipo de simulaciones facilita la identificación de errores en el código, previene colisiones entre la herramienta y la pieza, y garantiza que el trayecto sea el más adecuado. Aunque la simulación no puede sustituir totalmente el procesamiento adecuado, sí ofrece una base sólida para minimizar errores, aumentar la eficiencia en el tiempo de producción y elevar la seguridad del operador así como la calidad del equipo.

V-C2. Simulación vs Ejecución real: Si bien los entornos de simulación ofrecen una representación del funcionamiento de una máquina CNC, hay diferencias fundamentales en comparación con su desempeño en la realidad. En una simulación, no se consideran aspectos como la rigidez del sistema, la acumulación de residuos, el calentamiento de las herramientas o las diferencias en la dureza del material. Estos factores, que sí son relevantes en la operación efectiva, pueden influir de manera significativa en la calidad del mecanizado y en la precisión dimensional del producto final[29].

Por lo tanto, los simuladores deben considerarse como una etapa de verificación tanto lógica como espacial de un proceso inicial, que resulta valiosa para evaluar la trayectoria, el orden y los posibles conflictos. No obstante, la validación total del código G solo puede garantizarse en condiciones reales, dado que las variables mecánicas y físicas influyen de tal manera que la simulación no puede reproducirlo con exactitud[29].

No obstante, es fundamental tener presente que la simulación no sustituye completamente el comportamiento real. Elementos como las vibraciones de la maquinaria, la optimización en la utilización de las herramientas, así como los materiales y las condiciones ambientales influyen en el resultado definitivo del proceso. Aun así, la simulación representa una aproximación esencial que potencia la planificación, minimiza los períodos inactivos y juega un papel clave en la optimización de los procesos productivos en el ámbito industrial[28].

V-D. Dispositivos de Realidad Virtual

Las gafas de realidad virtual Metal Quest 3S ofrecen a los usuarios la oportunidad de ingresar a un entorno tridimensional mediante el uso de sensores de movimiento, pantallas de gran definición y controladores de mano. Estos dispositivos son perfectos para usos educativos, ya que permiten una inmersión total en simulaciones de procesos industriales, de laboratorio o de maquinaria [30].

V-D1. Casos de estudio: Diversas instituciones técnicas y universitarias en América Latina han incorporado entornos de simulación CNC en sus programas de formación, obteniendo mejoras sustanciales en el desempeño de los estudiantes. Un ejemplo concreto lo representa la práctica académica realizada en la Universidad Autónoma de Campeche (México), donde los alumnos de Ingeniería Mecánico-Eléctrica emplearon el simulador Swansoft CNC durante sus prácticas de torno CNC. La experiencia reportada destacó que esta herramienta no solo reproducía fielmente los paneles y comandos de Fanuc, sino que facilitó la programación manual en G-code, la detección de errores y la visualización de trayectorias en entornos 3D.

De manera similar, en un trabajo realizado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en Ecuador, se empleó la interfaz virtual de Swansoft en combinación con CIMCO Edit y NX para la mecanización de una pieza de ajedrez a través de un torno. Los alumnos llevaron a cabo programación manual, análisis de coordenadas, postprocesamiento y simulación en Swansoft, lo que facilitó la identificación de errores de dimensiones antes de llevar a cabo la práctica real

Ambos casos demostraron cómo la simulación con Swansoft fortaleció la comprensión del G-code, redujo fallos durante la práctica en máquina real y ofreció una plataforma segura y cercana al entorno industrial [31].

V-D2. Beneficios y limitaciones: Las ventajas que ofrece la realidad virtual en la formación técnica son varias: disminución en los gastos de materiales, mejora en la seguridad, enseñanza adaptada a cada alumno y posibilidad de aprender a distancia. No obstante, existen limitaciones como las inversiones iniciales elevadas, la necesidad de adquirir software específico y la dependencia de una infraestructura tecnológica adecuada [31].

Los dispositivos de realidad virtual representan una solución ideal para implementar este enfoque en el ámbito educativo, particularmente en la formación técnica. Dentro del entorno simulado, el participante tiene la oportunidad de encontrarse con diversas situaciones reales, usar herramientas diversas y llevar a cabo tareas específicas, todo ello en un entorno laboral replicable. Esta vivencia se complementa con un seguimiento y un análisis del rendimiento, lo que brinda al estudiante la posibilidad de identificar sus errores, corregirlos y desarrollar nuevas estrategias[32].

La capacidad de repetir los ejercicios sin riesgos, obtener comentarios inmediatos y sentir que las diversas condiciones técnicas hacen que el simulador de realidad virtual sea una plataforma muy efectiva para el desarrollo de la competencia. Por lo tanto, la experiencia de aprender se convierte en una experiencia circundante, dinámica y profundamente significativa [33].

V-E. Normas de Seguridad en Entornos de Simulación y Fresado CNC

La adherencia a los protocolos de seguridad es un factor crucial en cualquier lugar de empleo, particularmente en aquellos que utilizan dispositivos como las fresadoras CNC. Dichos protocolos tienen como objetivo salvaguardar la integridad física del usuario, preservar la operatividad adecuada del equipo y asegurar un entorno de aprendizaje que sea tanto efectivo como seguro.

Las sesiones prácticas de seguridad en entornos industriales requieren el uso esencial de equipos de protección personal, incluyendo gafas protectoras, tapones para los oídos, guantes resistentes, calzado adecuado para el trabajo y vestimenta apropiada. Asimismo, es fundamental realizar una inspección inicial de las máquinas, confirmar que se tenga la pieza y herramienta adecuadas, y asegurarse de que no haya objetos que interfieran antes de comenzar cualquier actividad.

En las simulaciones de realidad virtual, como las utilizadas en este proyecto, se fomenta la capacitación en normas de seguridad. A pesar de que no hay riesgo físico, los alumnos adquieren habilidades para reconocer situaciones peligrosas, cumplir con los procedimientos adecuados y emplear buenas prácticas antes de manejar una fresadora. Estas experiencias de simulación juegan un papel crucial en la instauración de una cultura de prevención, lo que resulta en una mejor preparación para el entorno laboral real.

Por consiguiente, la inclusión de la seguridad como parte fundamental del espacio virtual proporciona una experiencia de aprendizaje más enriquecedora, que abarca no solo los detalles técnicos del mecanizado, sino también la ética profesional dentro del ámbito laboral.

VI. MARCO METODOLÓGICO

VI-A. Desarrollo

Para la construcción virtual del modelo CNC se utilizó como referencia una máquina real presente en el laboratorio. El proceso se apoyó en herramientas CAD y de desarrollo 3D (Unity), siguiendo una metodología iterativa que permitió ir mejorando el proyecto a medida que se avanzaba. Como se observa en la figura 6, la máquina CNC se presenta totalmente ensamblada, lo cual permitió verificar la correcta integración de cada uno de sus componentes. Esta visualización completa facilitó la identificación temprana de posibles inconsistencias en el diseño y aseguró que la estructura final mantuviera tanto la coherencia geométrica como la funcionalidad requerida para los procesos de mecanizado simulados.

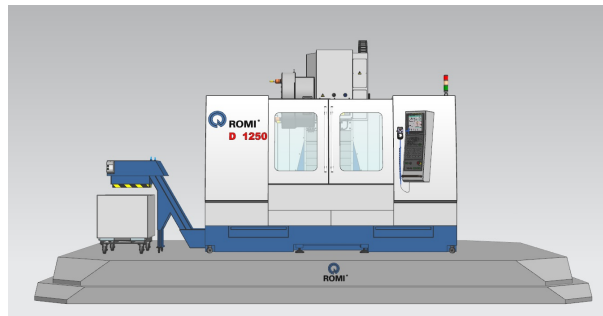


Figura 6. Máquina CNC ROMI, Fuente: [21].

VI-A1. Subsistema Mecánico: Piezas principales de la máquina CNC: .

La máquina CNC está conformada por diferentes elementos que en conjunto garantizan su funcionamiento estructural y operativo. En la Figura 6 se muestran los principales componentes identificados, los cuales se detallan a continuación.

La base del eje como se observa en la figura 7 constituye el soporte principal sobre el cual se fijan los mecanismos de movimiento y transmisión. Sobre esta estructura se encuentra el piso de la máquina CNC, que aporta estabilidad global y asegura la nivelación correcta del equipo en el área de trabajo.

→ Base del eje (estructura principal de soporte del eje)

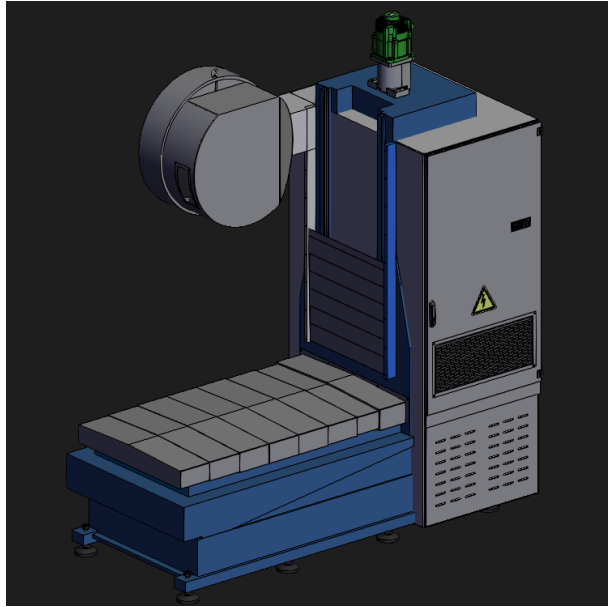


Figura 7. BASE DEL EJE, Fuente: [21].

La carcasa como se observa en la figura 8 y las puertas como se observa en la figura 9 y la figura 10 cumplen una función de seguridad, ya que aíslan el área de mecanizado y protegen al usuario de virutas, ruidos y posibles accidentes durante la operación.

→ Carcasa / Cubierta de seguridad (estructura que encierra el área de trabajo para protección)

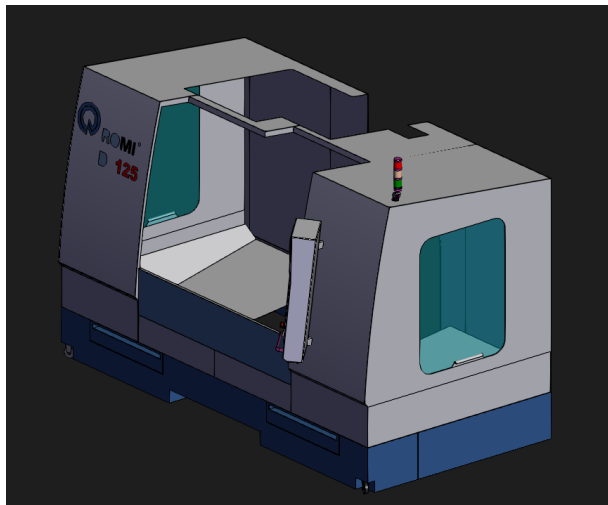


Figura 8. Carcasa, Fuente: [21].

→ Puerta izquierda (panel lateral de acceso)

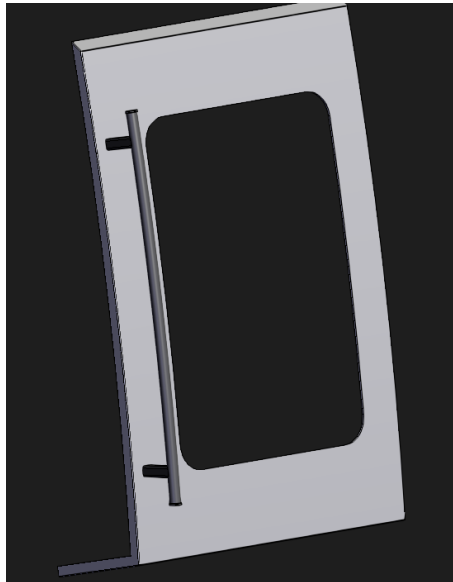


Figura 9. Puerta Izquierda, Fuente: [21].

→ Puerta derecha (panel lateral de acceso)

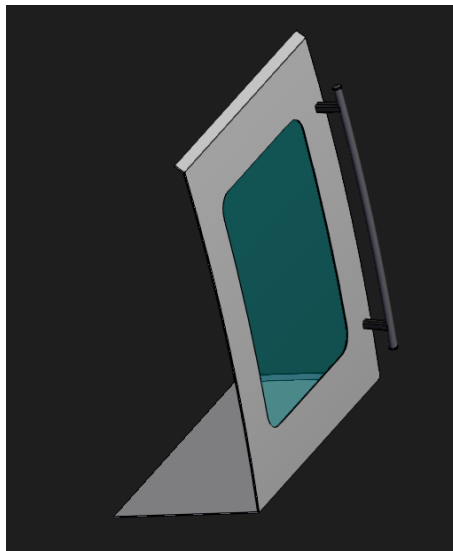


Figura 10. Puerta Derecha, Fuente: [21].

En cuanto a los elementos de mecanizado, destacan los husillos como se observa en la figura 11, responsables de transmitir el movimiento de los motores a los ejes de la máquina, garantizando precisión en el desplazamiento. Estos actúan conjuntamente con los ejes X como se observa en la figura 12 y como se observa en la figura 13 que proporcionan el posicionamiento necesario para las trayectorias de corte.

→ Husillo principal (componente que sujeta y hace girar la herramienta de corte)

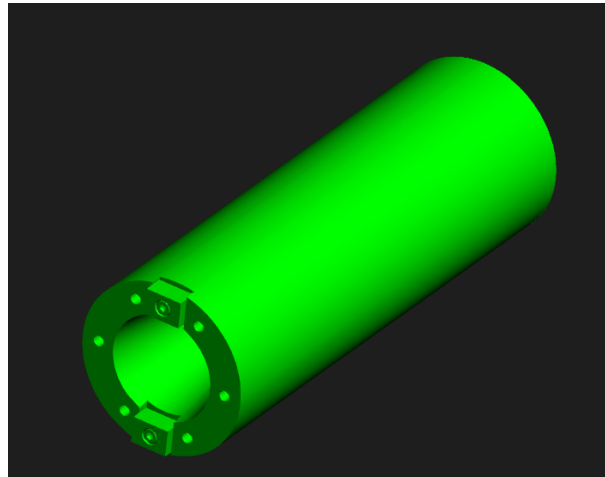


Figura 11. Husillo, Fuente: [21].

→ Eje X (guías y sistema de movimiento en el eje horizontal longitudinal)

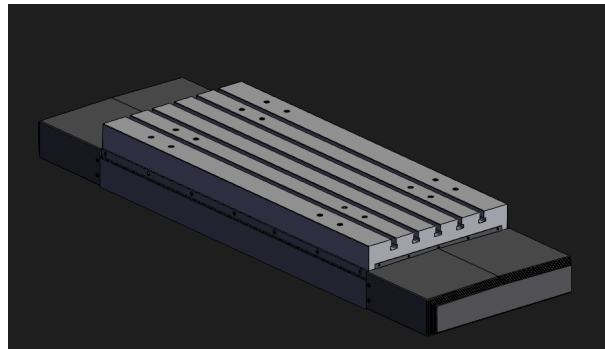


Figura 12. EJE X, Fuente: [21].

→ Eje Y (guías y sistema de movimiento en el eje horizontal transversal)

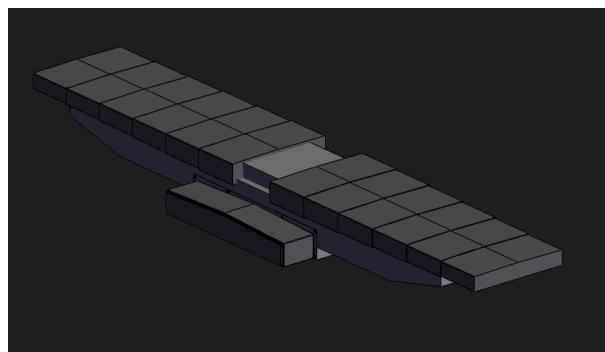


Figura 13. EJE Y, Fuente: [21].

El sistema de herramientas está compuesto por el almacén de herramientas como se puede observar en la figura 14 y el cambiador automático de herramientas como se observa en la figura 15, los cuales permiten la gestión eficiente de diferentes utensilios de corte, optimizando el tiempo de producción y reduciendo la intervención manual.

Revista de herramientas (almacén circular para herramientas)

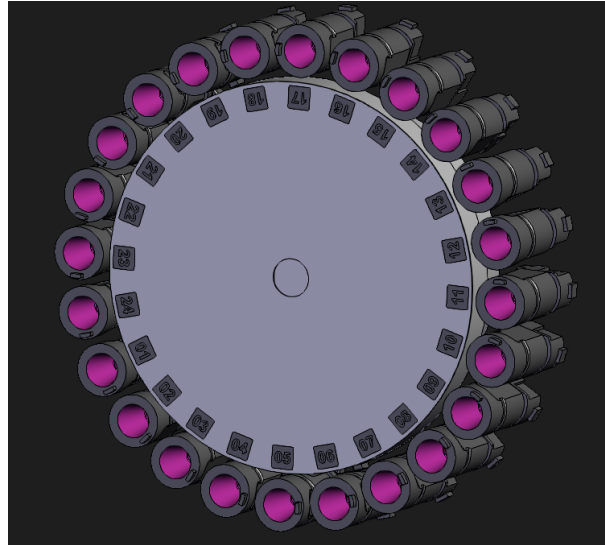


Figura 14. Almacen de Herramientas, Fuente: [21].

→ Cambiador automático de herramientas (mecanismo que intercambia herramientas en el husillo)

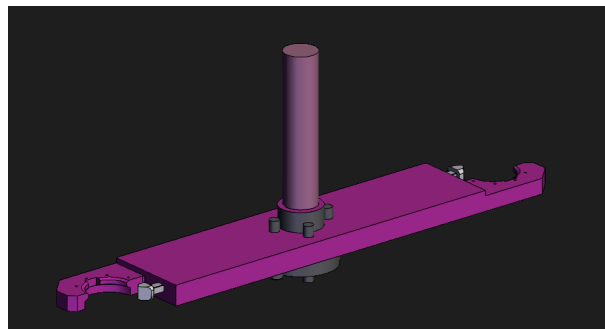


Figura 15. Cambiador automatico de Herramientas, Fuente: [21].

Finalmente, el piso de la máquina CNC como se observa en la figura 16 constituye un elemento esencial dentro de la estructura, ya que proporciona estabilidad y soporte al conjunto completo del equipo. Como se observa en la Figura 3, el piso asegura la correcta nivelación de la máquina, evitando desajustes durante las operaciones de mecanizado. Su diseño robusto permite absorber vibraciones generadas por los husillos y desplazamientos de los ejes, lo cual contribuye a mantener la precisión y prolongar la vida útil de los componentes mecánicos.

→ Plataforma / Piso de la máquina (superficie base interna)

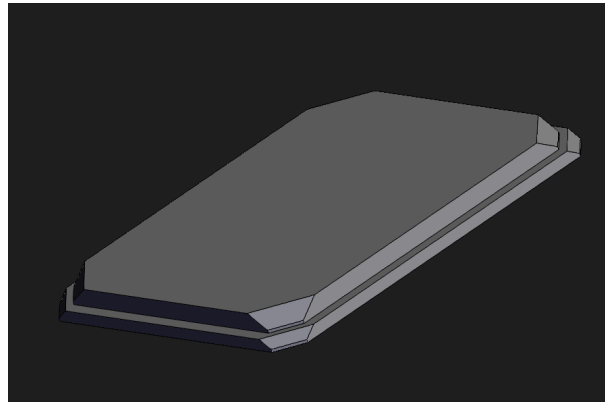


Figura 16. Plataforma, Fuente: [21].

En la simulación del entorno virtual se emplearon tres tipos de herramientas de corte que representan los procesos más comunes en el mecanizado. Como se ilustra en la Figura 17, se utilizaron la broca de desbaste, la herramienta de planeado y la broca de taladrado, cada una con una función específica dentro de la operación. La broca de desbaste permitió la eliminación inicial de material en bruto, facilitando la obtención de una geometría aproximada de la pieza. Posteriormente, la herramienta de planeado se empleó para generar superficies planas y uniformes, asegurando la calidad dimensional. Finalmente, la broca de taladrado se utilizó para realizar perforaciones con alta precisión, completando el conjunto de operaciones básicas representadas en el entorno simulado.

→ Herramienta 1: Broca de Desbaste, Broca de Taladrado, Herramienta de Planeado



Figura 17. 3 tipos de herramientas, Fuente: [21].

Posteriormente, el modelo fue exportado en formato .fbx a Unity, donde se aplicaron texturas, animaciones básicas e iluminación. En esta etapa también se diseñarán puntos de interacción en elementos clave como el panel de control, el cargador de herramientas para ver la simulación de una pieza mecanizada como se observa en la figura 18.

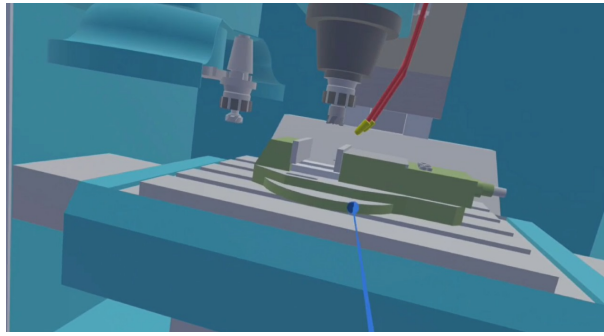


Figura 18. Modelado de máquina CNC en 3D, por S. Bejarano e I. Carpio, Unity

VI-B. Programación en Unity V6.0

El desarrollo del entorno inmersivo se realizó mediante una metodología de diseño interactivo que comprende tres subsistemas fundamentales: el subsistema mecánico (modelado 3D), el subsistema electrónico (simulación de controles y señales) y el subsistema de programación (Codigo G). Cada uno de estos módulos será tratado de manera independiente, pero articulado para asegurar su integración funcional, un ejemplo claro de estos es como se muestra en la figura 19.

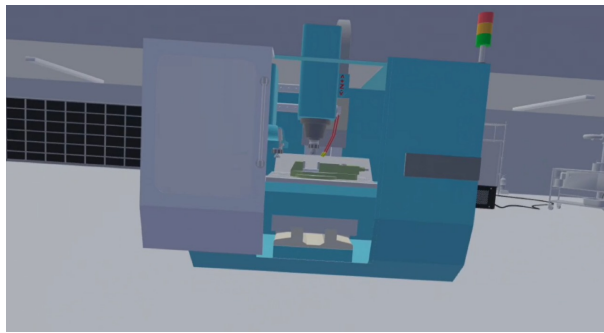


Figura 19. Modelado de máquina CNC en 3D en el taller, por S. Bejarano e I. Carpio, Unity

VI-B1. Modelado 3D del taller y Aplicación de normas de seguridad: Para la recreación precisa del entorno del taller CNC como se ilustra en la figura 20, se aplicaron normas de seguridad industrial vigentes como la NTE INEN-ISO 45001: Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo – Requisitos con orientación para su uso (ISO 45001:2018, IDT).

Esta norma establece los requerimientos para implementar un sistema de gestión orientado a prevenir accidentes y mejorar continuamente las condiciones laborales., que regulan la señalización de seguridad en los lugares de trabajo. Se diseñaron vías de circulación con un ancho mínimo de 1.20 m para permitir el tránsito fluido de personas y facilitar la evacuación. Los colores normalizados se usaron para identificar zonas de riesgo, seguridad y equipos contra incendios: el rojo para extintores, el verde para salidas de emergencia y el amarillo para zonas de advertencia o tránsito de maquinaria. Se colocaron también puertas de evacuación, señalética visible y la ubicación estratégica de extintores y equipos de protección, tal como lo indica la norma. Estos elementos fueron integrados en el entorno

virtual para fomentar la conciencia de seguridad desde la formación inicial del estudiante.

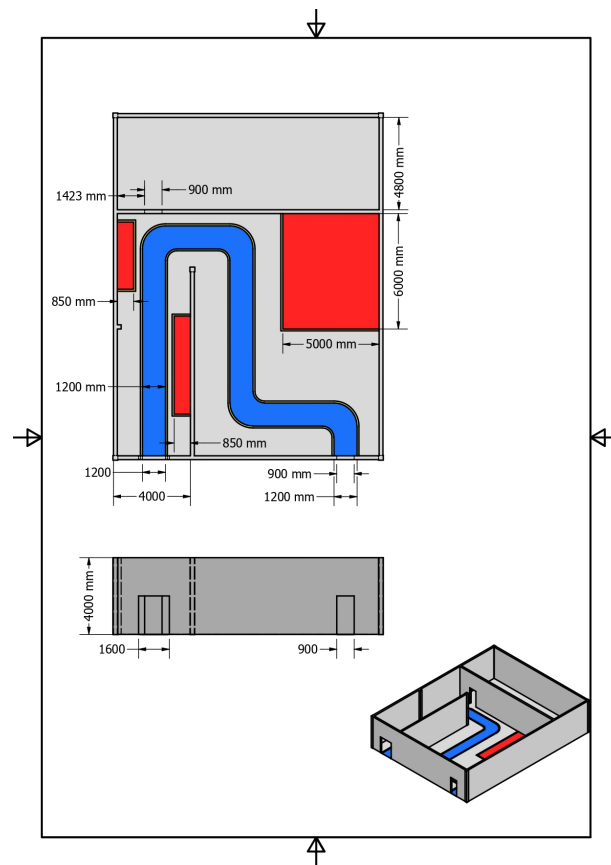


Figura 20. Inmersión de realidad virtual del taller, Fuente: [21].

VI-C. Construcción del entorno 3D

La construcción del entorno 3D consistirá en integrar cada pieza de la máquina en formato .FBX en el Unity, ubicándolos dentro de un espacio virtual que emule fielmente el taller físico. Se cuidarán detalles como la iluminación, el sombreado de los objetos, la textura de los materiales y la ambientación general para aumentar la sensación de realismo durante la experiencia. Una vez estructurado el entorno, se definirán los elementos interactivos que guiarán al usuario durante el recorrido. Esto incluirá ventanas emergentes de información, botones de acción y una interfaz amigable que facilite el aprendizaje. Se diseñarán animaciones simples que muestren el funcionamiento del equipo, así Este trabajo permitirá lograr una experiencia envolvente, intuitiva y útil para quienes deseen conocer tanto la operación básica de una máquina CNC.

VI-D. Simulación del Entorno Inmersivo

El entorno inmersivo es desarrollado en Unity debido a su facilidad de integración con modelos CAD y su compatibilidad nativa con dispositivos de realidad virtual. El escenario simulado incluye el laboratorio completo del área de Mecatrónica, con la ubicación precisa de la máquina CNC, señalética, iluminación, elementos de seguridad y una zona de prácticas equipada con instrucciones en pantalla para guiar al usuario durante el desarrollo

de las actividades.

Se incorporará navegación libre con mandos VR, sistema de ayuda interactiva y retroalimentación visual en pantalla cuando se complete una acción correctamente o se cometa un error.

VI-E. Simulación del Ensamble de la Fresadora en Unity

En la primera sección se observa la jerarquía del proyecto en Unity. Se ha creado una escena denominada ENSAMBLAJE DE FRESADORA, en la cual se incluye un objeto vacío principal que agrupa los diferentes componentes de la simulación. Dentro de este objeto se encuentra el objeto Canvas, encargado de mostrar los elementos gráficos del tutorial, como el Panel, el TextoExplicativo3D, y los componentes TutorialFresadora. Estos elementos están diseñados para guiar al usuario a través del proceso de aprendizaje sobre las partes de la fresadora.

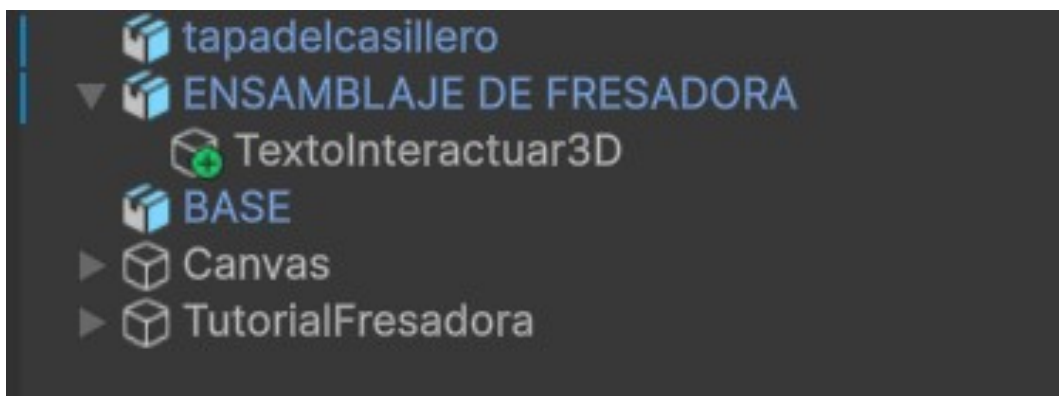


Figura 21. Ensamble de Fresadora

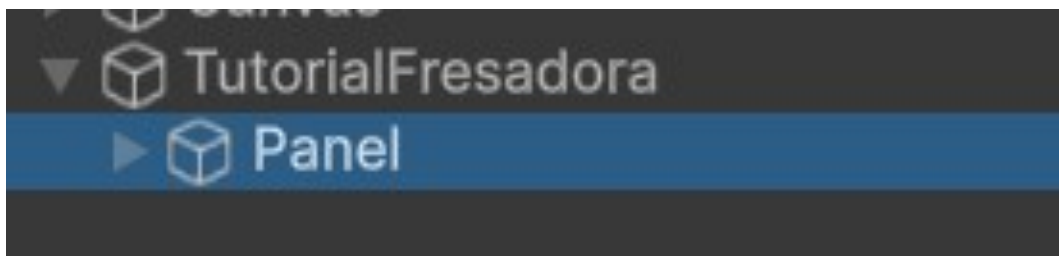


Figura 22. Panel de Unity

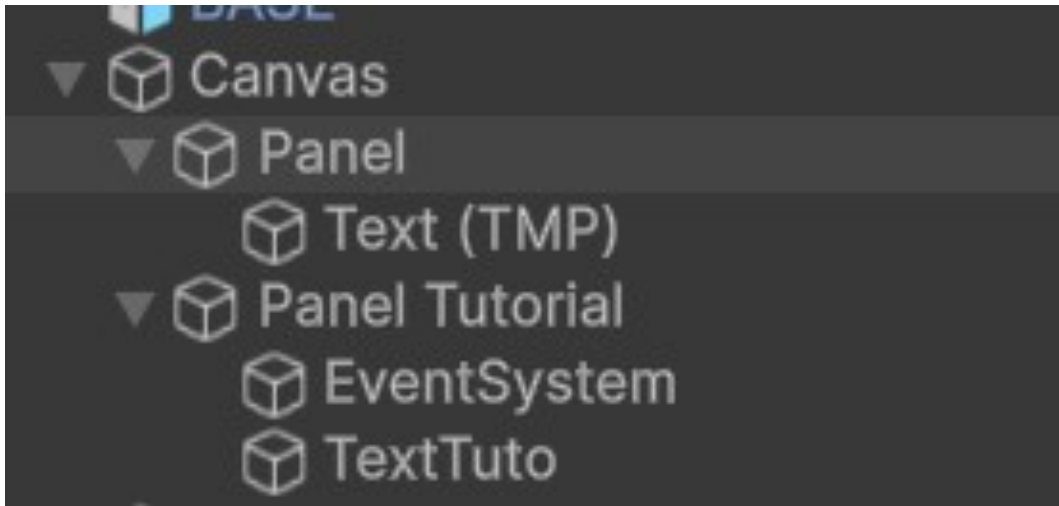


Figura 23. Panel de Unity P2

VI-F. Configuración de Componentes e Inspector

En las siguientes imágenes se muestra el panel del Inspector, donde se configuran los scripts y componentes que controlan la lógica del sistema. El GameObject “ENSAMBLAJE DE FRESADORA” contiene varias mallas (Mesh Renderer), colisionadores (Box Collider) y scripts, como MaquinaInteractiva y ExplicadorPartesFresadora, que permiten la interacción y el tutorial automatizado. Estas clases contienen referencias a objetos como texto UI, sonidos y animaciones, necesarios para dar vida al proceso de ensamblaje de forma interactiva y didáctica.

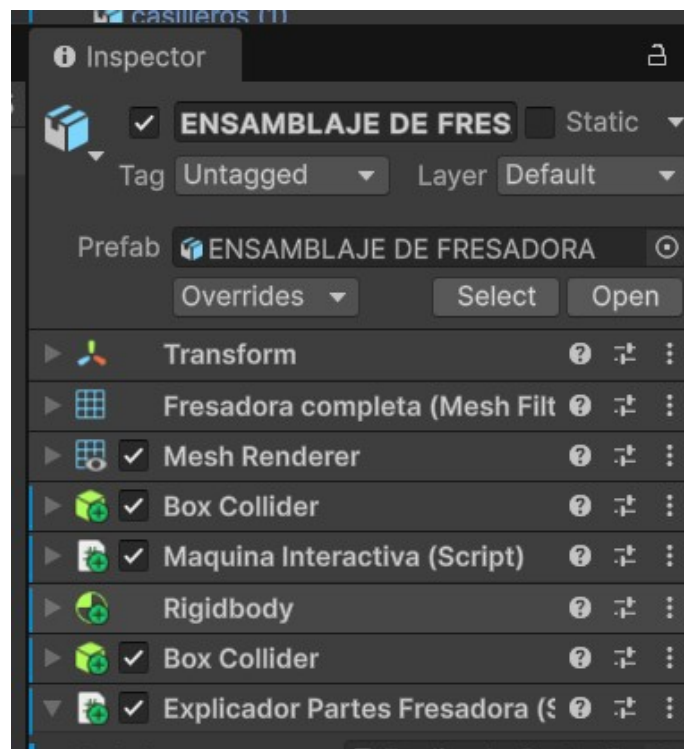


Figura 24. Maquina Interactiva

VI-G. Colisionadores y Ajuste Espacial

Para permitir la interacción física con los elementos, se han incorporado Box Collider a los objetos principales de la fresadora. Estas cajas colisionadoras están configuradas con valores precisos de posición y tamaño, asegurando que el usuario pueda seleccionar correctamente cada componente durante el recorrido guiado. La presencia de colisionadores también es esencial para activar los eventos en el script al detectar proximidad o clics del usuario.

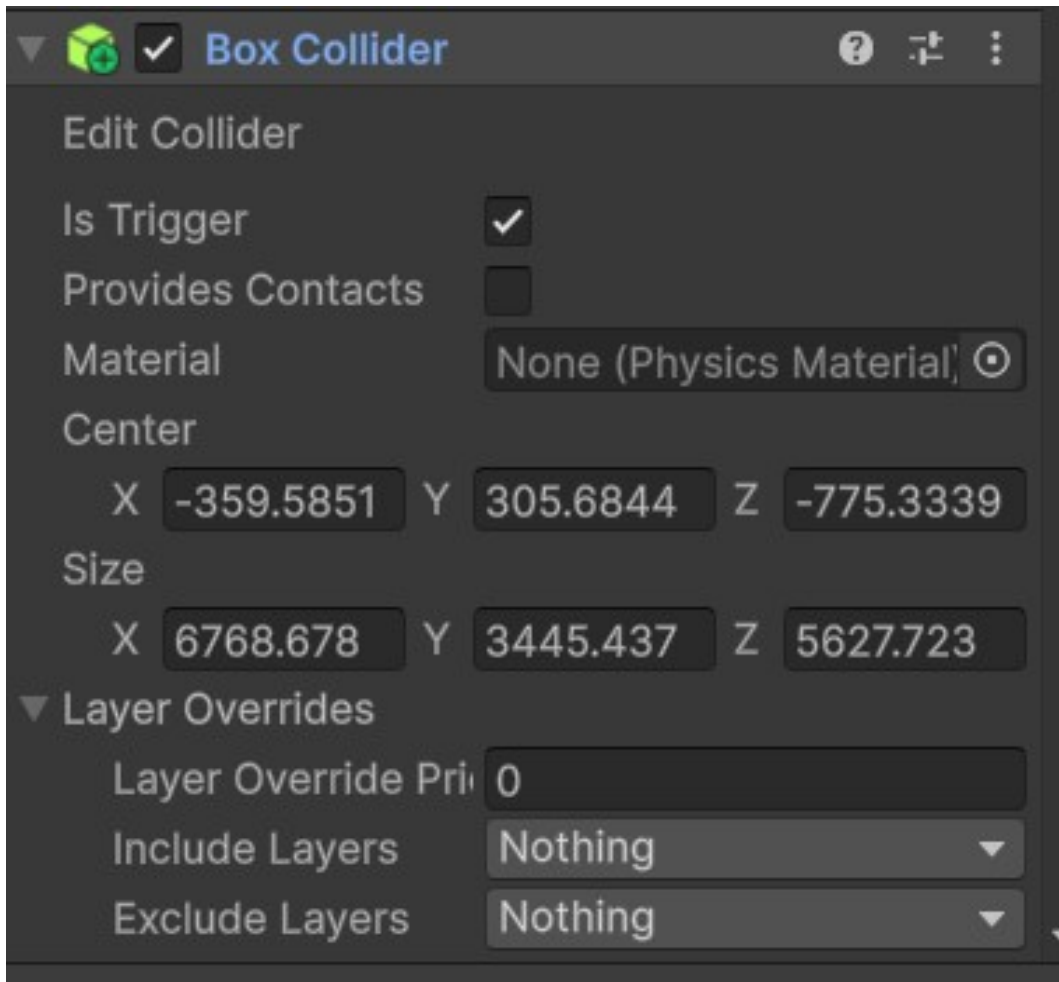


Figura 25. Box Collider

VI-H. Escena y Modo de Juego

Finalmente, las imágenes muestran el entorno visual tanto en el modo de edición como en el modo de juego (Game Mode). Se puede apreciar una iluminación básica y la disposición de la fresadora en una plataforma con caminos delimitados. Al activar la escena, el jugador puede visualizar un personaje con cámara en primera persona, lo que indica que se ha configurado una cámara tipo "Jugador" que permite explorar el entorno de ensamblaje desde su perspectiva. Esta característica facilita el aprendizaje espacial y la comprensión de las piezas y su posición en la máquina.

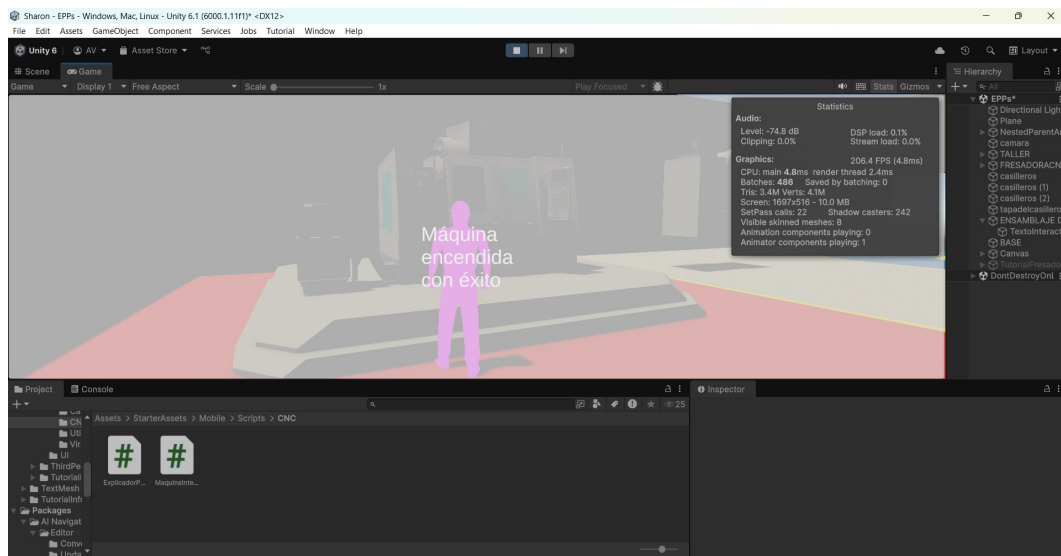
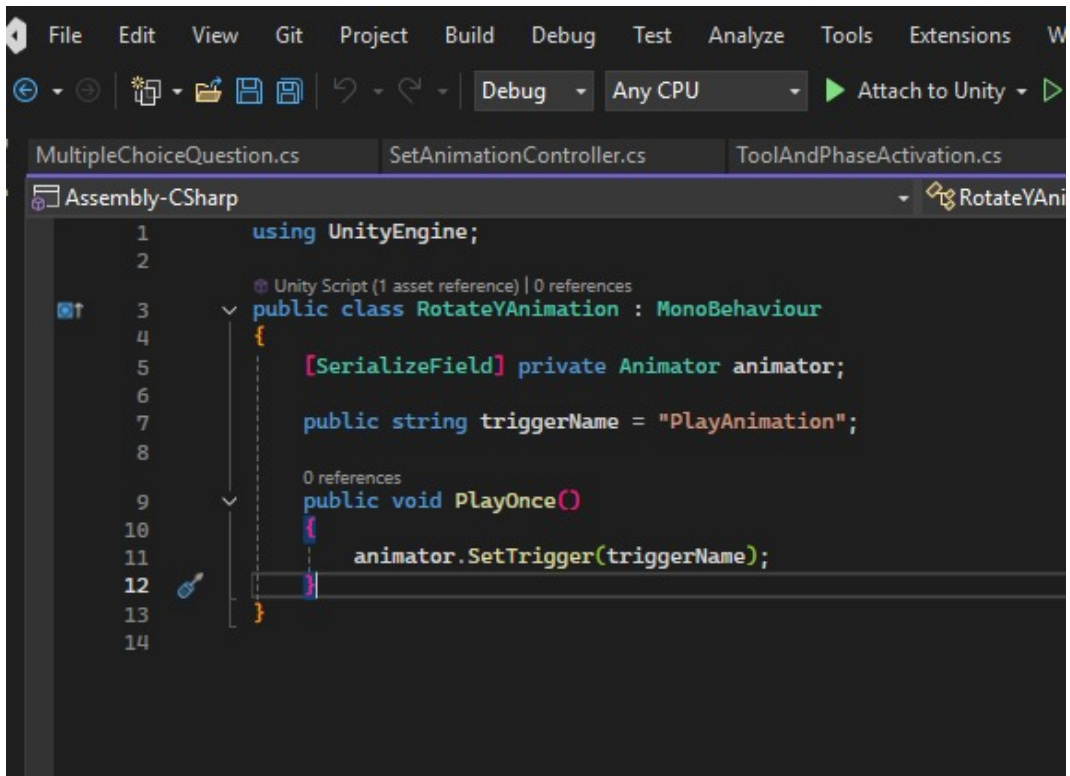


Figura 26. Máquina Encendida con éxito

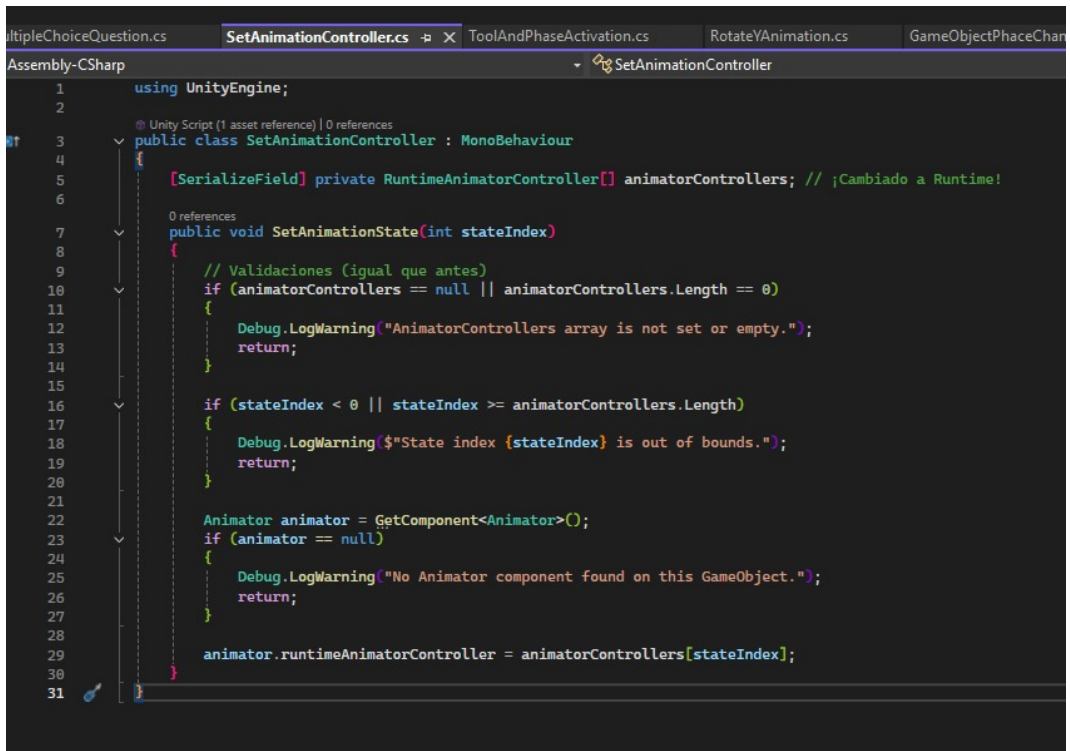
VI-I. Programación código G

En el desarrollo del proyecto en Unity se implementaron tres scripts fundamentales para el control de animaciones y secuencias dentro del entorno virtual de la fresadora CNC. En primer lugar, `RotateYAnimation.cs` fue diseñado para activar de manera puntual animaciones específicas en el Animator mediante un trigger, lo que permitió reproducir acciones concretas, como giros o movimientos, cuando el proceso lo requería. Posteriormente, se creó `SetAnimationController.cs` con el objetivo de cambiar de forma dinámica el Animator Controller asignado a un objeto, posibilitando la alternancia entre diferentes conjuntos de animaciones según la fase del proceso de mecanizado. Finalmente, se desarrolló `GameObjectPhaseChanger.cs`, el cual fue programado para gestionar la activación secuencial de distintos GameObjects con tiempos definidos, apagando el anterior y encendiendo el siguiente, simulando de esta manera las distintas etapas del trabajo en la máquina. Estos scripts, en conjunto, dotaron al entorno virtual de un comportamiento dinámico y realista, alineado con los objetivos planteados para el proyecto.



```
1 using UnityEngine;
2
3 public class RotateYAnimation : MonoBehaviour
4 {
5     [SerializeField] private Animator animator;
6
7     public string triggerName = "PlayAnimation";
8
9     public void PlayOnce()
10    {
11        animator.SetTrigger(triggerName);
12    }
13
14 }
```

Figura 27. RotateYAnimation.cs



```
1 using UnityEngine;
2
3 public class SetAnimationController : MonoBehaviour
4 {
5     [SerializeField] private RuntimeAnimatorController[] animatorControllers; // ¡Cambiado a Runtime!
6
7     public void SetAnimationState(int stateIndex)
8     {
9         // Validaciones (igual que antes)
10        if (animatorControllers == null || animatorControllers.Length == 0)
11        {
12            Debug.LogWarning("AnimatorControllers array is not set or empty.");
13            return;
14        }
15
16        if (stateIndex < 0 || stateIndex >= animatorControllers.Length)
17        {
18            Debug.LogWarning($"State index {stateIndex} is out of bounds.");
19            return;
20        }
21
22        Animator animator = GetComponent<Animator>();
23        if (animator == null)
24        {
25            Debug.LogWarning("No Animator component found on this GameObject.");
26            return;
27        }
28
29        animator.runtimeAnimatorController = animatorControllers[stateIndex];
30    }
31 }
```

Figura 28. SetAnimationController.cs

```

MultipleChoiceQuestion.cs SetAnimationController.cs ToolAndPhaseActivation.cs RotateYAnimati
Assembly-CSharp - GameObjectPhaseChanger
1 using UnityEngine;
2 using System.Collections;
3
4 #if UNITY_EDITOR
5 public class GameObjectPhaseChanger : MonoBehaviour
6 {
7     [SerializeField] private GameObject[] gameObjects;
8     [SerializeField] private float[] phaseDurations; // Debe tener length = gameObjects.Length - 1
9
10    private int currentIndex = -1;
11    private Coroutine animationCoroutine;
12
13    // Unity Message | 0 references
14    void OnValidate()
15    {
16        // Advertencia en el Editor si los arrays no coinciden
17        if (gameObjects != null && phaseDurations != null &&
18            phaseDurations.Length != gameObjects.Length - 1)
19        {
20            Debug.LogWarning $"phaseDurations debe tener exactamente {gameObjects.Length - 1} elementos (1 menos que gameObjects)";
21        }
22    }
23
24    // 0 references
25    public void StartSequence()
26    {
27        if (animationCoroutine != null) StopCoroutine(animationCoroutine);
28        animationCoroutine = StartCoroutine(SequenceAnimation());
29    }
30
31    // 1 reference
32    private IEnumerator SequenceAnimation()
33    {
34        // 1. Desactivar todos los objetos
35        foreach (var obj in gameObjects)
36        {
37            if (obj != null) obj.SetActive(false);
38        }
39
40        // 2. Avanzar hasta el penúltimo objeto con tiempos
41        for (int i = 0; i < gameObjects.Length - 1; i++)
42        {
43            if (gameObjects[i] != null)
44            {
45                // Desactivar el anterior
46                if (currentIndex >= 0 && gameObjects[currentIndex] != null)
47                    gameObjects[currentIndex].SetActive(false);
48
49                // Activar el nuevo
50                gameObjects[i].SetActive(true);
51                currentIndex = i;
52
53                // Esperar el tiempo correspondiente (si existe)
54                float duration = (i < phaseDurations.Length) ? phaseDurations[i] : 0f;
55                yield return new WaitForSeconds(duration);
56            }
57        }
58
59        // 3. Activar el último objeto (sin desactivarlo después)
60        if (gameObjects.Length > 0)
61        {
62            int lastIndex = gameObjects.Length - 1;
63            if (gameObjects[lastIndex] != null)
64            {
65                if (currentIndex >= 0 && gameObjects[currentIndex] != null)
66                    gameObjects[currentIndex].SetActive(false);
67
68                gameObjects[lastIndex].SetActive(true);
69                currentIndex = lastIndex;
70            }
71        }
72    }
73
74    // 0 references
75    public void StopSequence()
76    {
77        if (animationCoroutine != null)
78        {
79            StopCoroutine(animationCoroutine);
80            animationCoroutine = null;
81        }
82
83        foreach (var obj in gameObjects)
84        {
85            if (obj != null) obj.SetActive(false);
86        }
87
88        currentIndex = -1;
89    }
90 }
91 #endif

```

Figura 29. GameObjectPhaseChanger.cs

VI-J. Vinculación con las Gafas Meta Quest

Esta fase consistirá en la integración de todos los elementos diseñados y su despliegue con gafas VR Meta Quest, siguiendo varias etapas: montaje del escenario virtual completo, incorporación de modelos 3D y animaciones, programación de interacciones y eventos, realización de pruebas preliminares sin visor (modo escritorio) y, finalmente, la exportación del proyecto para su uso en realidad virtual. Una vez montado, se tiene planeado llevar a

cabo pruebas funcionales con docentes del área y estudiantes, durante las cuales se recopilarán observaciones que permitirán ajustar aspectos como el tamaño del entorno, la velocidad de navegación y el contenido visual de las prácticas.

VI-K. Validación Funcional y Pedagógica

La validación del entorno inmersivo se realizará mediante tres enfoques complementarios: pruebas funcionales internas, que asegurarán la correcta ejecución de los módulos. Se espera que los resultados sean positivos y que los estudiantes manifiesten una mejor comprensión de la lógica CNC, una reducción del temor a cometer errores y un mayor interés por aprender mediante simulación, mientras que los docentes podrán destacar el valor del entorno como complemento a las prácticas físicas y recomendar su uso especialmente en las fases iniciales del proceso formativo.

VI-L. Diagrama de flujo

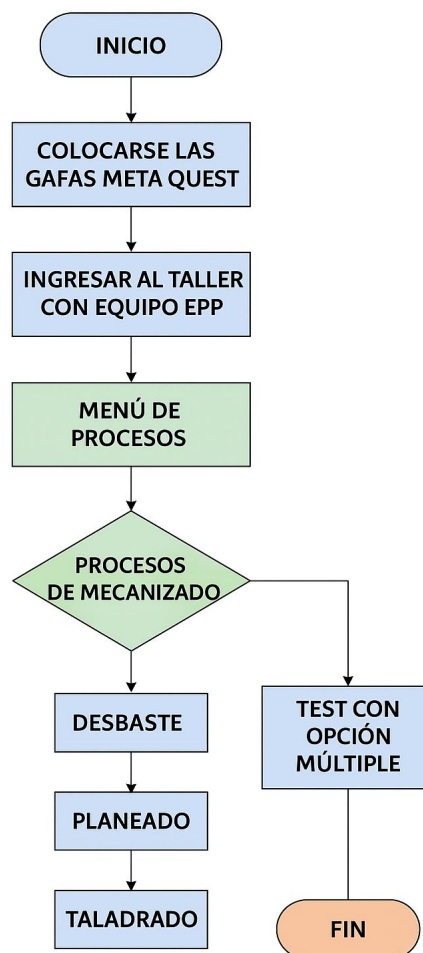


Figura 30. Diagrama de flujo, por S. Bejarano e I. Carpio

VI-M. *Práctica Guiada N.º 1: Reconocimiento del Centro de Mecanizado CNC en Entorno Virtual*

En esta primera práctica se desarrolló una exploración detallada del centro de mecanizado CNC mediante la utilización de un entorno virtual. El objetivo principal fue identificar y comprender las partes fundamentales que componen una fresadora CNC, permitiendo al estudiante familiarizarse con la estructura y funcionamiento del equipo sin requerir su presencia física. Dentro de la escena, en la parte trasera del taller, se incorporó una mesa de exhibición donde se ubicaron todas las piezas de la máquina en una escala reducida, organizadas en orden y con su nombre visible sobre cada una. Esta disposición permite al usuario interactuar con los componentes en realidad virtual, tomarlos, rotarlos y examinarlos desde distintos ángulos, facilitando así una comprensión más clara y detallada de la máquina, similar a una vista explosionada interactiva.

Durante la actividad se reconocieron elementos clave como el motor principal, el sistema de accionamiento, la columna estructural, el husillo y la mesa de trabajo. Esta interacción con el entorno virtual permitió no solo observar estos componentes, sino también entender sus funciones dentro del proceso de mecanizado lo cual amplía la comprensión del estudiante sobre configuraciones más avanzadas del centro de mecanizado. Esta práctica resultó fundamental como base para las siguientes actividades, ya que estableció el conocimiento esencial sobre la máquina CNC, fortaleciendo el criterio técnico del usuario respecto a su operación y seguridad.



Figura 31. Vista explosionada de la máquina CNC

VI-N. *Práctica Guiada N.º 2: Proceso de mecanizado con tres tipos de herramientas*

La segunda práctica estuvo enfocada en la ejecución de un proceso de mecanizado utilizando tres tipos de herramientas: fresa de contorno, broca para taladrado y fresa para planeado. El objetivo fue comprender cómo se llevan a cabo operaciones secuenciales que combinan distintas funciones de corte dentro de un mismo programa CNC, garantizando la correcta preparación y ajuste de cada herramienta.

En la simulación, se estableció la compensación de altura para cada una, asegurando que todas compartieran un mismo punto de referencia vertical al iniciar el corte. Posteriormente, se desarrolló el mecanizado siguiendo el orden planificado: primero el contorneado para definir el perímetro de la pieza, luego el taladrado de orificios en posiciones específicas y finalmente el planeado para obtener una superficie superior lisa y uniforme. Este procedimiento permitió al estudiante visualizar de forma integrada la coordinación entre diferentes herramientas y su impacto en la precisión del resultado final.



Figura 32. Procesos de mecanizado con herramienta de planeado



Figura 33. Proceso de mecanizado con herramienta de desbaste

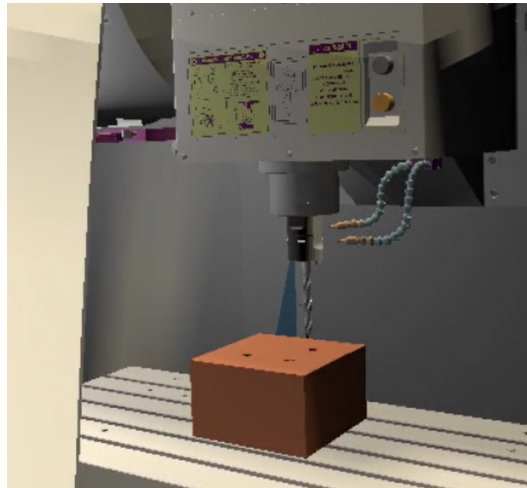


Figura 34. Proceso de mecanizado con herramienta de Taladrado

VI-Ñ. Práctica Guiada N.º 3: Evaluación del conocimiento mediante test de opción múltiple

En la tercera práctica se realizó una actividad de evaluación interactiva en el entorno virtual, consistente en un test de opción múltiple con cuatro posibles respuestas, de las cuales únicamente una era correcta. El objetivo fue comprobar la comprensión de los conceptos aprendidos en las prácticas anteriores, así como reforzar el aprendizaje mediante la retroalimentación inmediata.

Para ello, se implementó un sistema de preguntas y respuestas en Unity que mostraba en pantalla una pregunta relacionada con el proceso de mecanizado, junto con cuatro botones representando las posibles opciones. Al seleccionar una respuesta, el sistema validaba la elección del estudiante, indicando si era correcta o incorrecta, y en caso de error, señalaba la opción correcta. Esta práctica permitió consolidar el conocimiento adquirido, fomentar la participación activa y medir de forma cuantitativa el nivel de asimilación.

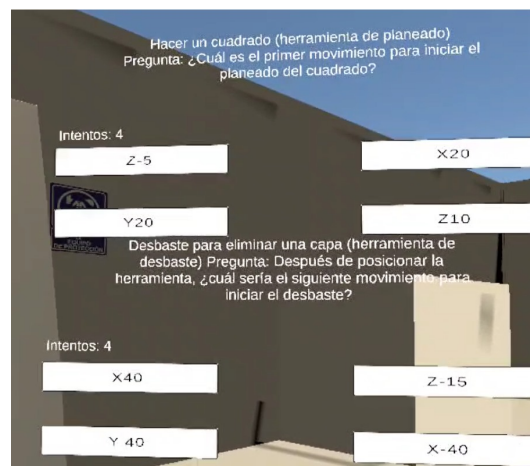


Figura 35. Test de opción múltiple

VII. RESULTADOS

Para comprobar la eficacia del entorno virtual creado, se llevó a cabo una prueba piloto con 30 alumnos de diversas carreras universitarias, quienes participaron en la simulación y además llenaron un cuestionario de evaluación.

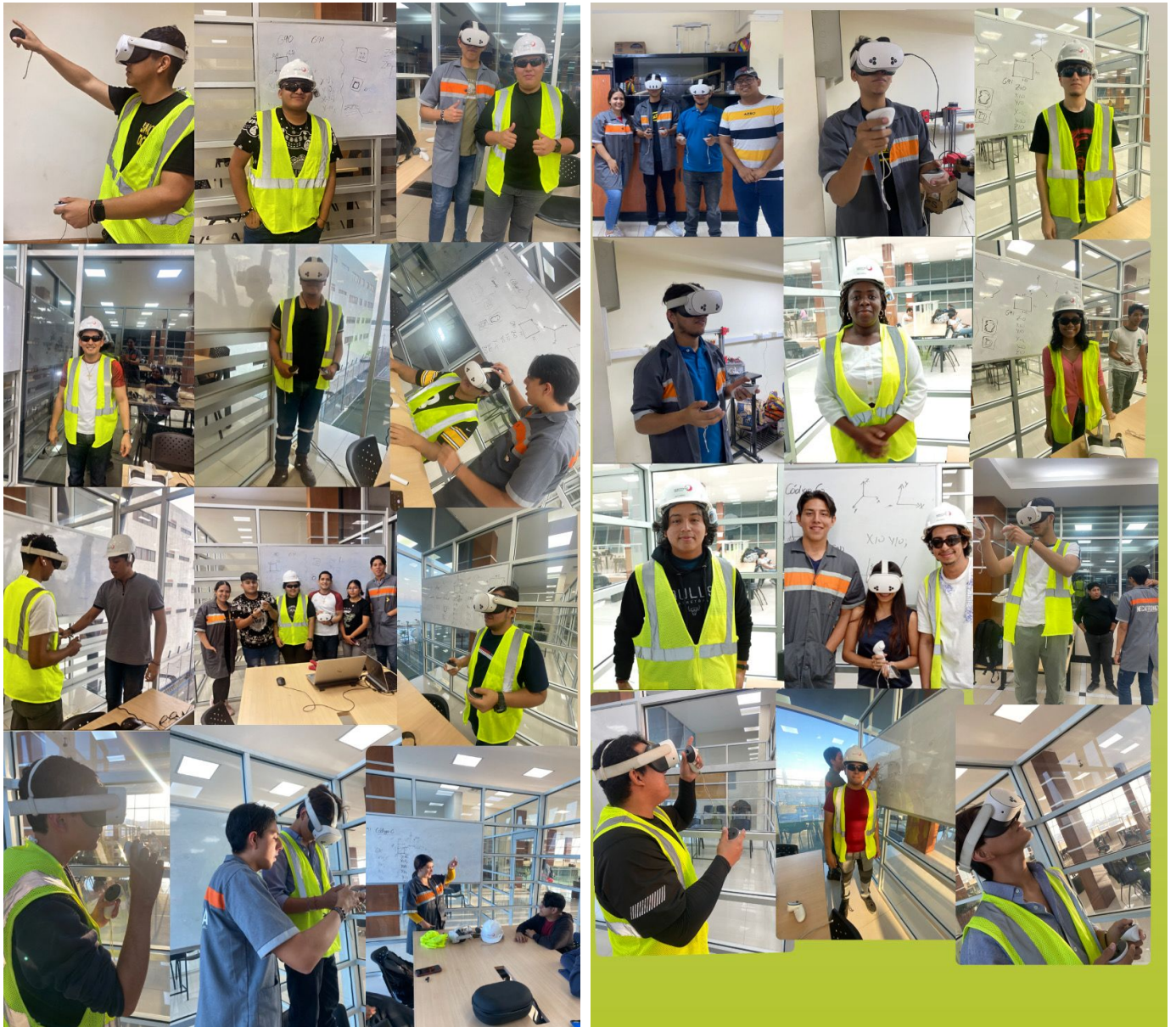


Figura 36. Estudiantes de la UPS

VII-A. Resultados de la encuesta

VII-A1. Carreras de los participantes: Como se muestra en la Figura 37, se recopiló la carrera que cursa cada participante, para que la simulación no dependiera de una formación previa específica.



Figura 37. Carreras participativas

A partir de la Figura 37, se aprecia diversidad de procedencias (Mecatrónica, Computación, Electricidad, Biomedicina, Ingeniería Industrial, etc.). Este listado confirma que el rendimiento en la simulación no estuvo atado a una carrera concreta ni a conocimientos previo en CNC o realidad virtual. Tras una breve inducción y práctica guiada, todos los grupos distinguieron operaciones propias como el fresado taladrado, desbaste, planeado (*Z* antes que *XY*).

VII-A2. Procesos realizados en la simulación de la fresadora CNC: Para verificar que el entorno VR consolidó los conceptos básicos de fresado, se pidió identificar los procesos efectivamente realizados durante la práctica.

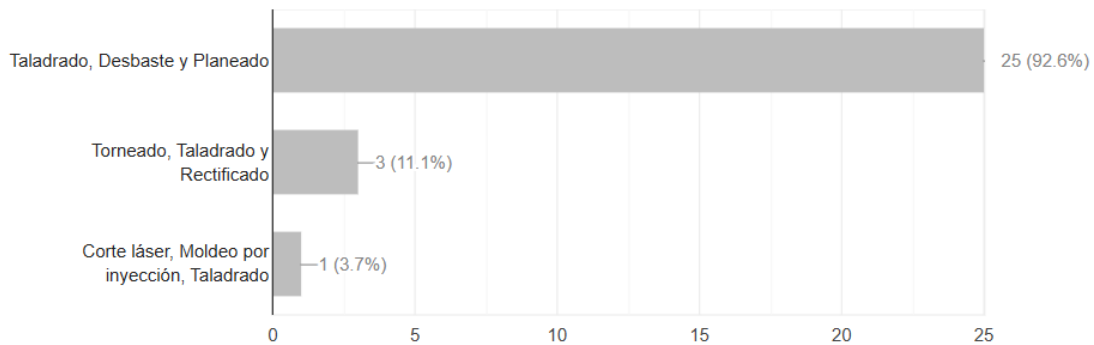


Figura 38. Procesos de mecanizado seleccionados en la simulación

Como se observa en la Figura 38, la opción Taladrado, Desbaste y Planeado concentra 25 selecciones (92.6%), frente a 3 selecciones (11.1%) de Torneado, Taladrado y Rectificado y 1 selección (3.7%) de Corte láser, Moldeo por inyección, Taladrado. La dominancia de la alternativa correcta sugiere que la experiencia con la fresadora ROMI permitió distinguir con claridad los procesos propios del fresado respecto de tecnologías ajenas a la práctica.

Más allá del porcentaje, el tipo de error residual refuerza la lectura positiva y las selecciones incorrectas se concentran en torneado u opciones no presentes, lo que indica confusión de familia de procesos más que de secuencia operativa. En términos de transferencia, reconocer la tríada taladrado–desbaste–planeado apunta a que, en el taller, podrán elegir herramientas y operaciones coherentes, reduciendo errores y elevando la seguridad.

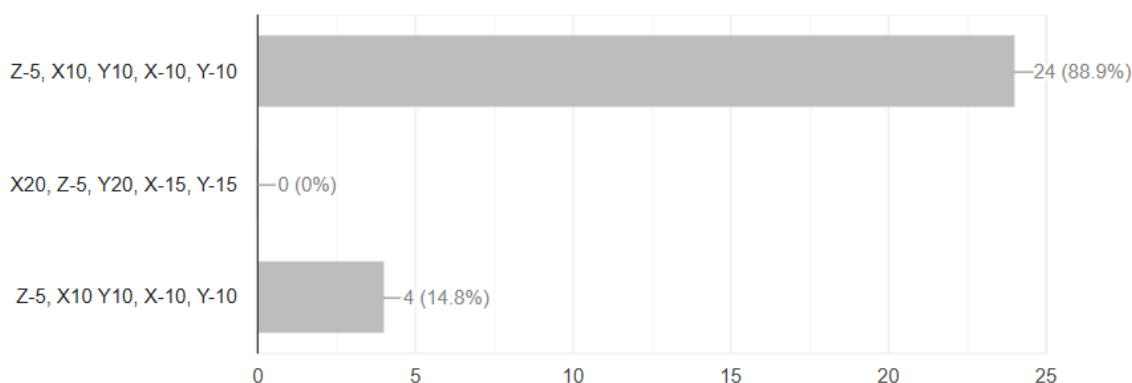


Figura 39. Secuencia correcta de G-code para mecanizar un cuadrado

VII-A3. Secuencia de código G para mecanizar un cuadrado: Como se aprecia en la Figura 39, la gran mayoría eligió la secuencia Z-5, X10, Y10, X-10, Y-10. Primero fijar una profundidad segura en Z y, luego, trazar el contorno en el plano XY. No se observaron elecciones en la alternativa que desplazaba en X antes de descender en Z X20, Z-5, , que era el distractor más riesgoso por invertir el orden de seguridad. Un grupo pequeño optó por una variante cercana Z-5, X10 Y10, X-10, Y-10; la diferencia es de notación más que de intención de trayectoria.

Estos resultados apuntan a tres avances pedagógicos:

1. Seguridad internalizada: priorizar Z antes de XY minimiza colisiones; el patrón de respuestas muestra adopción de buenas prácticas.
2. Planificación espacial clara: la VR facilitó visualizar el recorrido de herramienta y la coherencia cartesiana del contorno, favoreciendo un aprendizaje procedimental (no memorístico).
3. Baja tasa de error crítico: la ausencia de elecciones en el distractor peligroso indica jerarquización correcta de pasos.

Finalmente en conjunto, las Figuras 38 y 39 evidencian que la simulación en VR de la fresadora ROMI fortalece tanto la identificación de procesos de mecanizado como la secuenciación básica en G-code. En ambos casos, el acierto se sitúa alrededor de nueve de cada diez respuestas, lo que sugiere un efecto positivo y consistente tras una sola sesión.

VII-A4. Interacción con el panel de control y las herramientas: Se pidió valorar, en una escala de 1 a 5 (1 = en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo), si la interacción con el panel de control y las herramientas resultó intuitiva.

Como se observa en la Figura 40, las valoraciones se concentran en la zona alta de la escala: alrededor de dos tercios seleccionaron 5 y cerca de un tercio eligió 4. No hubo respuestas en 2 ni 3, y sólo un caso aislado marcó 1. Este perfil sugiere que la interfaz fue clara, predecible y los controles se descubren rápido y su comportamiento coincide con lo esperado.

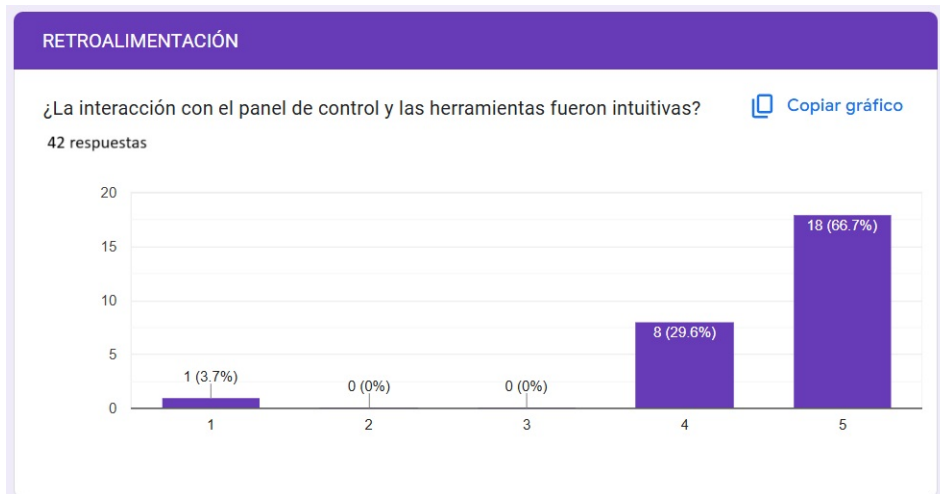


Figura 40. Intuitividad de la interfaz: panel de control y herramientas

El resultado respalda dos ideas clave. Primero, la incorporación es breve incluso sin experiencia previa en VR o CNC. Segundo, el diseño del panel y de las herramientas no compite con el contenido formativo, sino que lo habilita: la atención se centra en comprender los procesos de fresado y la lógica del código G, no en descifrar cómo operar el sistema.

VII-A5. Percepción de realismo del entorno virtual: Se consultó si el entorno virtual se asemeja al trabajo real con una fresadora CNC (escala 1–5; 1 = en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo). La consigna indicaba que solo respondieran quienes han interactuado con una fresadora real.

¿El entorno virtual se asemeja al trabajo real con una fresadora CNC? (No es necesario marcar, si no ha interactuado con una fresadora real) [Copiar gráfico](#)

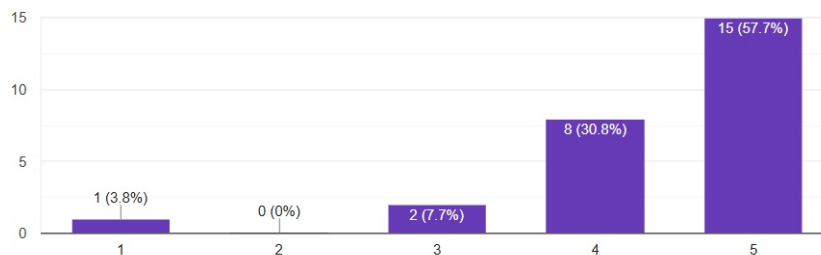


Figura 41. Percepción de realismo del entorno virtual

Como muestra la Figura 41, la valoración se inclina de forma contundente hacia el acuerdo: 57.7% seleccionó 5 y 30.8% eligió 4. En conjunto, 88.5% sitúa la similitud entre el entorno virtual y el trabajo real en los niveles más altos de la escala. Las opciones intermedias y de desacuerdo son marginales (3 = 7.7%; 2 = 0%; 1 = 3.8%).

Este patrón habla de una fidelidad percibida suficiente para transferir lo aprendido: los participantes reconocen en la simulación los gestos y decisiones típicas del fresado, de modo que el paso al taller resulta más natural. Que la mayoría de respuestas provenga de personas con experiencia previa en fresadora real fortalece el resultado: el

juicio de realismo proviene de usuarios que saben qué esperar. En términos formativos, esto respalda el uso del entorno VR como puente eficaz entre la introducción teórica y la práctica presencial, con beneficios directos en comprensión de procesos y seguridad operativa.

VII-A6. Comprensión percibida de los procesos de mecanizado: Se pidió a los participantes valorar, en una escala de 1 a 5 (1 = en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo), qué tan bien creen entender cada uno de los procesos de mecanizado luego de usar la simulación.

En relación con la simulación ¿qué tan bien crees que entiendes cada uno de los procesos de mecanizado? [Copiar gráfico](#)

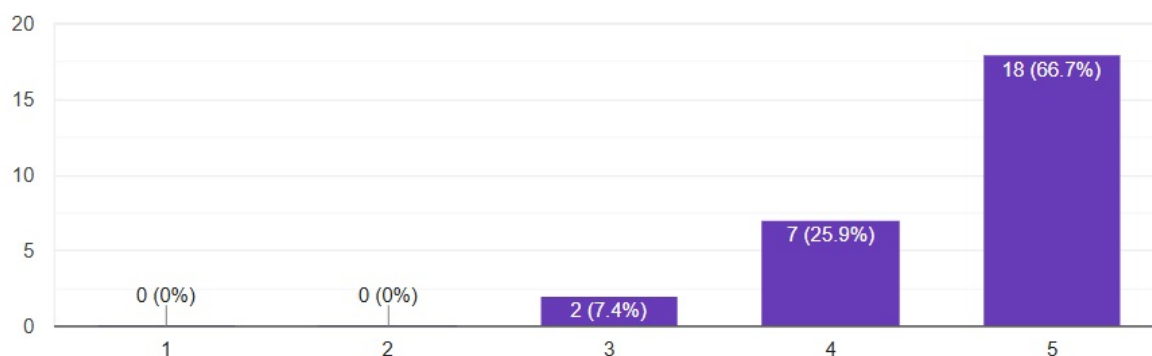


Figura 42. Retroalimentación

La Figura 42 muestra una concentración clara en los valores altos: 18 respuestas (66.7 %) eligieron 5 y 7 respuestas (25.9 %) eligieron 4. Solo 2 participantes (7.4 %) marcaron 3, mientras que 1 y 2 no registraron respuestas. En términos agregados, el 92.6 % se ubicó en el rango superior (4–5), lo que indica que, tras la experiencia, la mayoría se siente capaz de reconocer y explicar los procesos de mecanizado trabajados.

El patrón sugiere una comprensión robusta y homogénea. La ausencia de valoraciones bajas apunta a que la guía inicial y la práctica dentro del entorno inmersivo fueron suficientes para nivelar a estudiantes con trayectorias distintas. En la práctica, esto significa que la atención pudo centrarse en distinguir y relacionar operaciones como taladrado, desbaste y planeado con sus propósitos, más que en aprender a usar la interfaz. La tendencia hacia el extremo superior de la escala es consistente con un aprendizaje que los participantes perciben como claro y útil para su futura interacción con una fresadora real.

VII-A7. Experiencia general del usuario en el entorno VR: Se solicitó calificar, en una escala de 1 a 5 (1 = en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo), la experiencia general del usuario en el entorno de realidad virtual, considerando navegación e interacción con la fresadora.

La Figura 43 muestra una preferencia marcada por las valoraciones más altas de la escala: 22 respuestas (78.6 %) eligieron 5 y 5 respuestas (17.9 %) eligieron 4. Solo un caso se ubicó en 3 (3.6 %) y no se registraron valoraciones en 1 ni 2. Este sesgo hacia el extremo superior indica que la experiencia fue, en términos prácticos, satisfactoria y fluida para la gran mayoría.

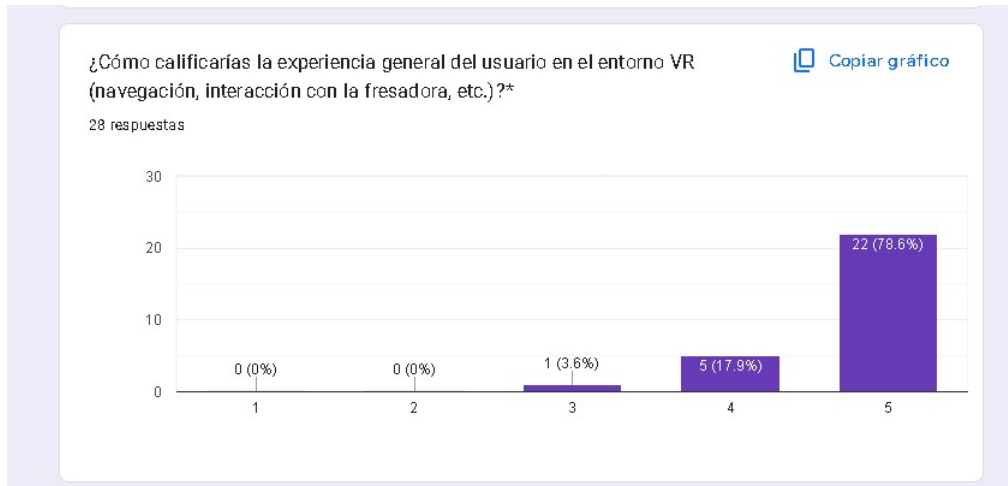


Figura 43. Experiencia general del usuario en el entorno VR

El patrón es consistente con una interfaz que no estorba el aprendizaje: la navegación, los gestos y la respuesta de las herramientas permitieron centrarse en los procesos de fresado y en la lógica del código G, sin dedicar esfuerzo extra a “entender” el sistema. La ausencia de desacuerdos sugiere además que la curva de entrada fue corta incluso para participantes sin experiencia previa en VR o CNC.

En conjunto, estos resultados respaldan la pertinencia del entorno VR como medio de enseñanza: combina usabilidad alta con una percepción positiva de la experiencia, condiciones necesarias para sostener sesiones más largas y transferir lo practicado al taller físico con seguridad.

VII-B. Utilidad percibida de la interacción virtual con la fresadora CNC

Se pidió valorar, en una escala de 1 a 5 (1 = en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo), qué tan útil resultó poder interactuar con la fresadora de forma virtual en lugar de estar físicamente presente.

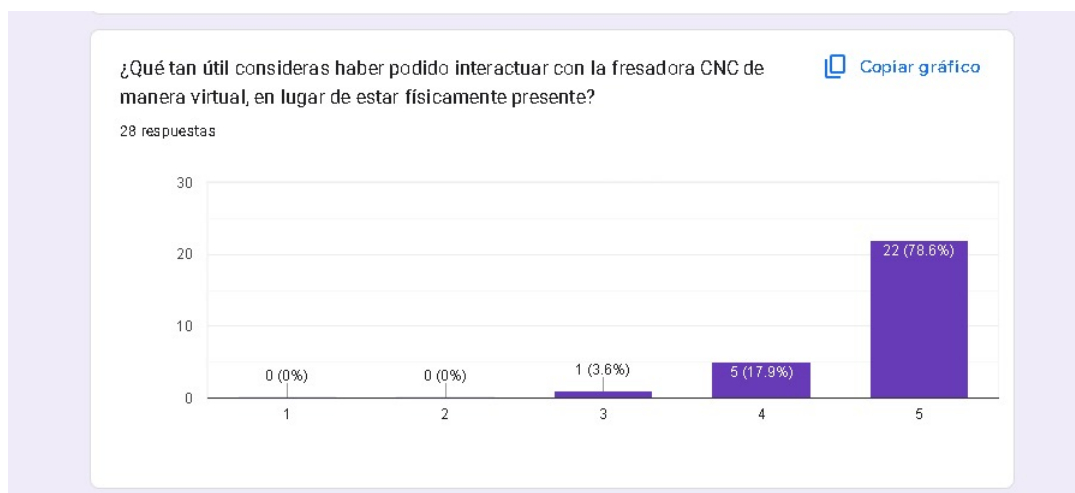


Figura 44. Utilidad de la interacción virtual frente a la presencial

La Figura 45 muestra un consenso fuerte a favor de la utilidad del entorno virtual: 22 respuestas (78.6 %) se ubicaron en 5 y 5 respuestas (17.9 %) en 4. Solo un participante seleccionó 3 (3.6%), mientras que 1 y 2 no registraron respuestas. En conjunto, el 96.5 % de la muestra califica la experiencia en el rango alto de la escala.

Esta distribución sugiere que la simulación aporta beneficios claros: reduce barreras logísticas para el acceso al equipo, permite practicar sin riesgos, facilita repetir procedimientos las veces necesarias y mantiene la atención en la lógica del proceso más que en la disponibilidad del taller. La ausencia de desacuerdos indica, además, que la propuesta se percibe como un complemento legítimo de la práctica presencial, especialmente útil en etapas de inducción y refuerzo.

VII-B1. Utilidad percibida de la interacción virtual con la fresadora CNC: Se pidió valorar, en una escala de 1 a 5 (1 = en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo), qué tan útil resultó poder interactuar con la fresadora de forma virtual en lugar de estar físicamente presente.



Figura 45. Utilidad de la interacción virtual frente a la presencial

La Figura 45 muestra un consenso fuerte a favor de la utilidad del entorno virtual: 22 respuestas (78.6 %) se ubicaron en 5 y 5 respuestas (17.9 %) en 4. Solo un participante seleccionó 3 (3.6%), mientras que 1 y 2 no registraron respuestas. En conjunto, el 96.5 % de la muestra califica la experiencia en el rango alto de la escala.

Esta distribución sugiere que la simulación aporta beneficios claros: reduce barreras logísticas para el acceso al equipo, permite practicar sin riesgos, facilita repetir procedimientos las veces necesarias y mantiene la atención en la lógica del proceso más que en la disponibilidad del taller. La ausencia de desacuerdos indica, además, que la propuesta se percibe como un complemento legítimo de la práctica presencial, especialmente útil en etapas de inducción y refuerzo.

VII-B2. Interés por aprender mecanizado CNC tras la simulación: Se pidió valorar, en una escala de 1 a 5 (1 = en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo), si la simulación incrementó el interés por seguir aprendiendo sobre mecanizado CNC.

La Figura 46 muestra un respaldo casi unánime: 22 respuestas (78.6 %) se ubicaron en 5 y 5 respuestas (17.9 %) en 4. Solo un participante seleccionó 3 (3.6 %), mientras que 1 y 2 no registraron respuestas. En conjunto, el 96.5 % de la muestra se sitúa en el rango superior (4–5), lo que indica un efecto motivacional claro.

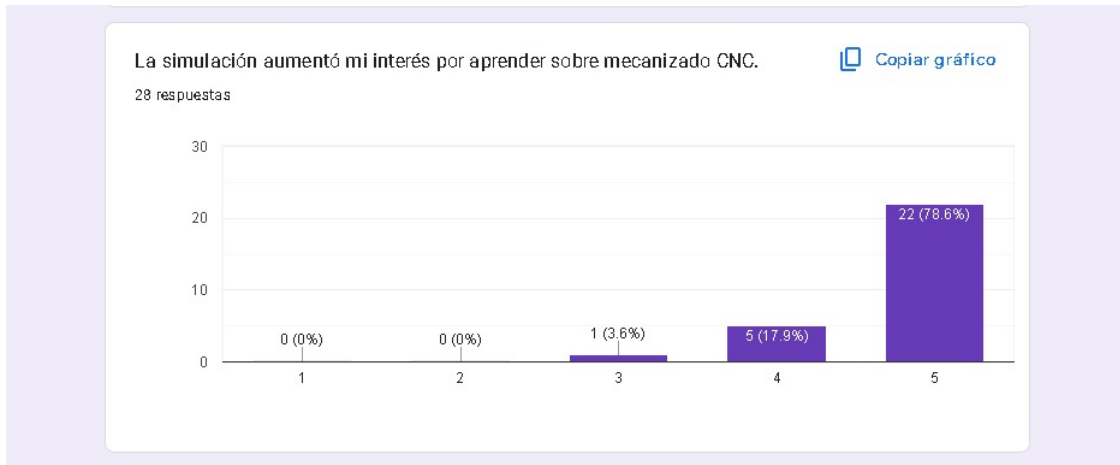


Figura 46. La simulación aumentó el interés por aprender mecanizado CNC

El patrón sugiere que la experiencia inmersiva no sólo facilitó la comprensión de operaciones y secuencias, sino que también activó la curiosidad por profundizar en el área. Para estudiantes con contacto inicial con VR y con CNC, esta percepción es clave: reduce la distancia de entrada a la disciplina, disminuye la ansiedad ante la máquina real y predispone a continuar con contenidos más exigentes. En términos formativos, el entorno virtual funciona como catalizador: engancha, sostiene la atención en los elementos que importan y anima a convertir esa primera aproximación en aprendizaje sostenido.

VII-B3. Aportes percibidos a la formación profesional: Se recogieron respuestas abiertas sobre el valor de la práctica en realidad virtual para la formación de los estudiantes.

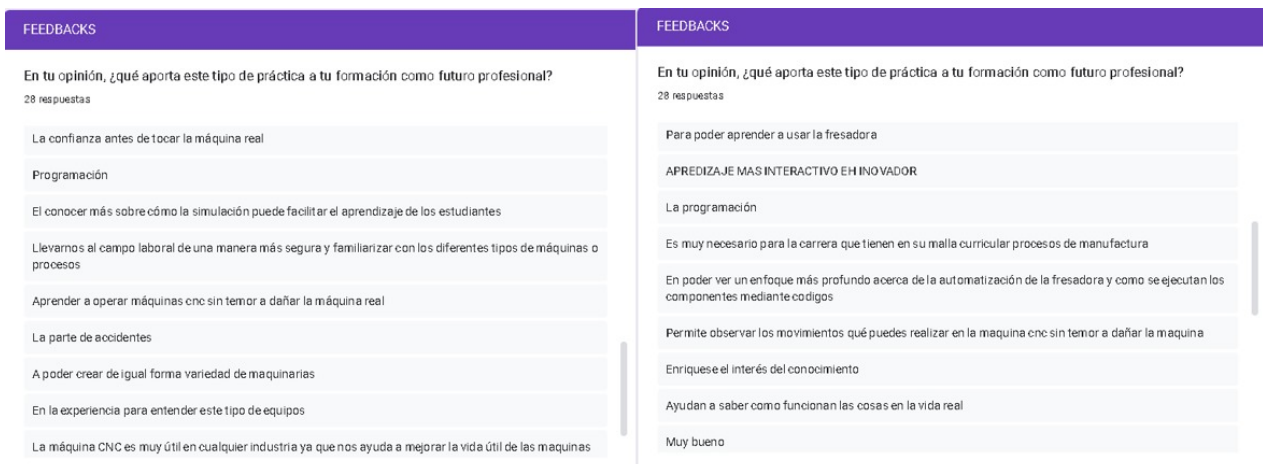


Figura 47. Aportes percibidos a la formación profesional (respuestas abiertas)

La Figura 47 reúne testimonios que convergen en varios ejes positivos. En primer lugar, aparece de manera reiterada la idea de conocimiento y comprensión del funcionamiento de las máquinas: los estudiantes mencionan que la práctica ayuda a saber cómo funcionan las cosas en la vida real y a conocer el funcionamiento de las

máquinas. En segundo lugar, destacan la seguridad para practicar sin riesgo sin dañar equipos y aprender a operar sin temor lo que refuerza la utilidad del entorno como pre-laboratorio seguro.

Un tercer eje es la confianza y preparación antes de tocar la máquina real. Varias respuestas indican que la simulación ofrece una base que facilita el salto al taller físico, disminuyendo la ansiedad inicial. En cuarto lugar, se subraya el carácter motivador e interactivo de la experiencia se la califica como muy buena, divertida y más interactiva e innovadora, lo que aumenta el compromiso y la atención sostenida. También se mencionan aportes directos a la programación y automatización (relación con el código, observación de movimientos y ejecución de componentes), conectando la práctica con contenidos curriculares.

VII-B4. Recomendación de la práctica a otros estudiantes: Las respuestas abiertas sobre si se recomendaría esta práctica de fresadora CNC en realidad virtual a otras personas que están aprendiendo máquinas CNC convergen en razones muy consistentes.

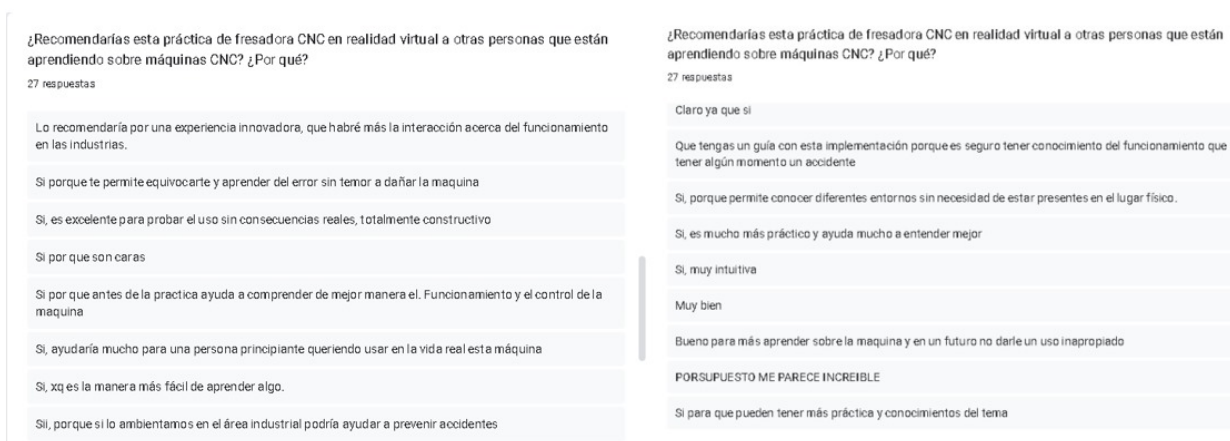


Figura 48. Motivos para recomendar la práctica en VR (respuestas abiertas)

A partir de la Figura 48, se observa un respaldo amplio acompañado de argumentos que se repiten con matices:

- Seguridad y confianza: La simulación permite “ensayar sin miedo”: practicar procedimientos, equivocarse y corregir sin riesgo de dañar equipos ni exponerse a incidentes. Esto genera confianza antes del primer contacto con la máquina real.
- Comprensión del funcionamiento: Varias respuestas enfatizan que el entorno ayuda a entender cómo se mueve y se controla la fresadora, relacionando lo que se ve con la lógica de operación y el control.
- Accesibilidad y eficiencia: La práctica puede realizarse sin estar en el taller, lo que facilita el acceso cuando el equipo es escaso o costoso, y hace posible repetir ejercicios hasta dominar la tarea.
- Motivación e innovación: Se valora como una experiencia “más interactiva” que engancha, mantiene el interés y acerca la automatización y la programación a través de una experiencia concreta.
- Proyección profesional: Se percibe como un puente hacia el ámbito laboral: familiariza con procesos y normas de seguridad y prepara para usar la máquina real con mejores hábitos.

En conjunto, el patrón de respuestas describe un recurso que se recomienda no solo por ser novedoso, sino porque resuelve problemas habituales de la formación en manufactura: disponibilidad limitada de equipos, riesgo en las primeras prácticas y dificultad para repetir procedimientos. La VR actúa como pre-laboratorio seguro y motivador, que allana la entrada a CNC y mejora la preparación para el taller físico.

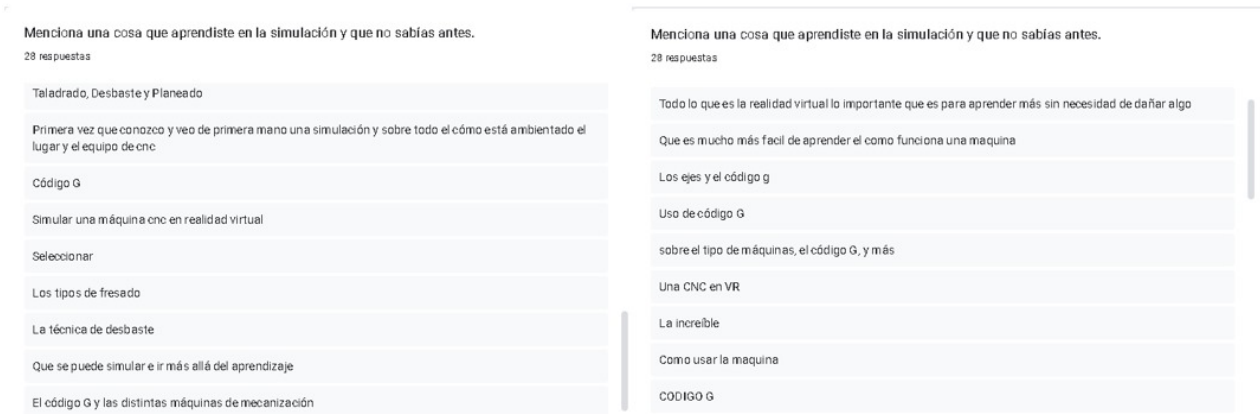


Figura 49. Comentarios

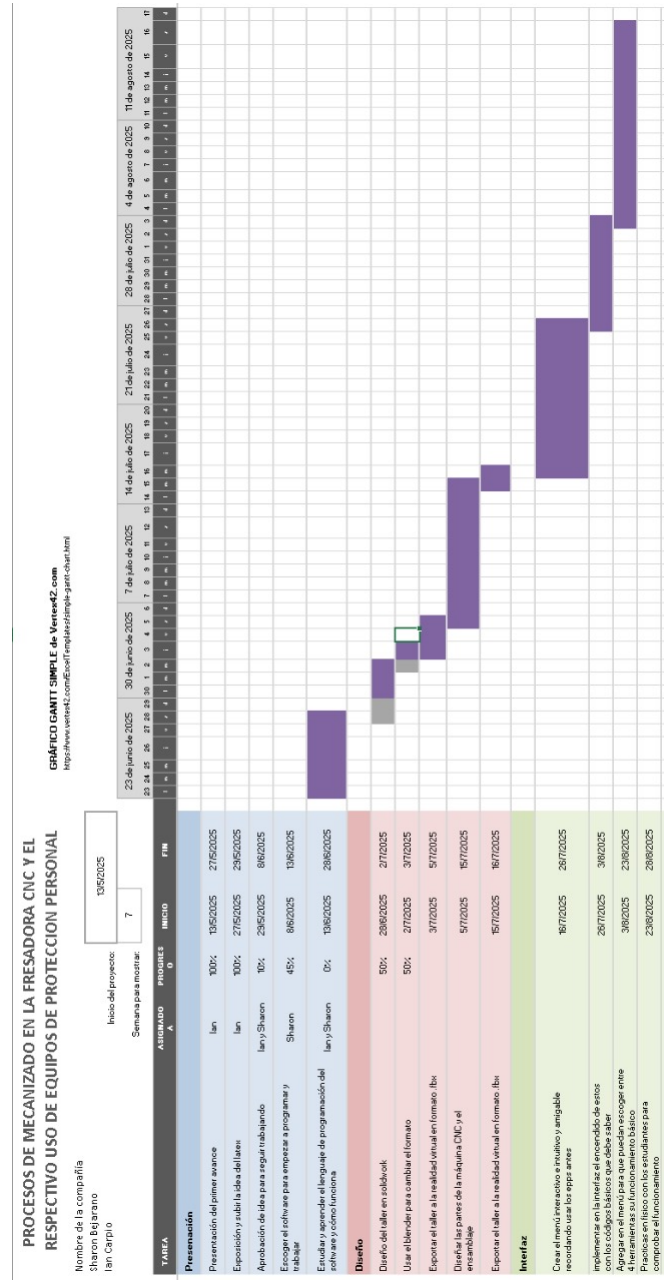
VII-B5. Aprendizajes nuevos a partir de la simulación: La Figura 49 reúne respuestas abiertas que apuntan a tres avances nítidos. Primero, un avance conceptual se mencionan de forma recurrente el código G, los X–Y–Z y operaciones propias del fresado como *taladrado*, *desbaste* y *planeado*. Los estudiantes expresan que es más fácil aprender cómo funciona una máquina y que ahora comprenden los ejes y el código G, señal de que el marco mental básico de la CNC quedó instalado.

Como resultados de las personas encuestadas reconocen la utilidad del entorno inmersivo en sí mismo una CNC en VR, se puede simular e ir más allá del aprendizaje, lo que habla de confianza para seguir explorando sin temor a dañar equipos. En conjunto, el patrón confirma que la experiencia no solo reforzó conocimientos previos, sino que generó aprendizajes nuevos sobre la lógica del fresado y su ejecución, facilitando el salto posterior al taller físico.

VIII. CRONOGRAMA

A continuación se muestra el cronograma de trabajo en la figura I.

Tabla I
CRONOGRAMA



IX. PRESUPUESTO

| Nombre del elemento | Descripción | Cantidad | Valor total |
|--|---|-----------|---------------|
| Software Unity V6.0 | Software de diseño y simulación VR utilizado para crear el entorno inmersivo del laboratorio CNC. Licencia educativa. | 1 | 0\$ |
| Gafas Meta Quest 3S (256 GB) | Dispositivo de realidad virtual autónomo compatible con conexión a PC. Utilizadas para visualizar el entorno inmersivo. | 1 | 600 \$ |
| Laptop (alto rendimiento) | Computador portátil con especificaciones adecuadas para VR (GPU dedicada, 16 GB de RAM, SSD). Utilizada para ejecutar SimLab y conectar con Meta Quest. | 1 | 1000 \$ |
| Baterías externas para Meta Quest 3S | Accesorios de recarga que permiten mayor autonomía en el uso prolongado de las gafas. Incluye 2 unidades. 4 | 2 | 60 \$ |
| Cintas de sujeción ergonómicas | Correas o piolas ajustables que aseguran el uso cómodo de las gafas en sesiones extendidas. | 6 | 25\$ |
| Cable Link (USB-C) | Cable de alta velocidad necesario para conectar las gafas Meta Quest 3S a la laptop y ejecutar experiencias PC-VR. | 1 | 30 \$ |
| Mantenimiento y reemplazo | Fondo estimado para posibles gastos de mantenimiento como limpieza de lentes o reemplazo de baterías. | 1 | 40 \$ |
| SUBTOTAL MAQUETA | | | 1755\$ |
| Horas de trabajo | | 350 horas | 200\$ |
| TOTAL (MAQUETA + COSTOS LOGÍSTICOS) | | | 1955\$ |

X. CONCLUSIONES

Se logró implementar un entorno virtual inmersivo para la operación segura en un centro de mecanizado CNC. Tras la validación realizada con 30 estudiantes de diferentes carreras, obtuvimos una aceptación del (87 %) en cuanto a la facilidad de uso y comprensión del entorno, mientras que un (83 %) destacó la utilidad del simulador para reforzar las normas de seguridad durante el proceso de mecanizado. De esta manera, confirmamos que la propuesta cumple con el propósito de servir como una herramienta didáctica y preventiva para el manejo de la Fresadora CNC.

Se logró recrear un laboratorio simplificado que integra la Fresadora CNC y su zona de operación. El (90 %) de los estudiantes señaló que la representación visual fue clara y entendible para familiarizarse con la máquina antes de enfrentarse al equipo real.

Se incorporaron los procesos de fresado básicos junto con advertencias de seguridad. Durante la prueba, el (90 %) de los participantes indicó que el entorno facilitó la comprensión de las secuencias de mecanizado.

Se validó el correcto funcionamiento del sistema mediante la ejecución de tres prácticas guiadas de laboratorio, en las cuales participaron estudiantes que interactuaron con el entorno virtual de la fresadora CNC. Durante estas actividades se emplearon las tres herramientas definidas en la simulación —broca de desbaste, herramienta de planeado y broca de taladrado—, lo que permitió comprobar la coherencia entre los procesos programados y los resultados esperados. Los estudiantes lograron completar de manera satisfactoria cada práctica, lo que evidenció que el sistema no solo es funcional, sino también didáctico y aplicable en un contexto académico.

XI. RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar el entorno virtual con nuevas prácticas que contemplen operaciones adicionales de mecanizado, como roscado o ranurado, de manera que los estudiantes puedan adquirir una preparación más integral antes de interactuar con la máquina real. Esto permitiría fortalecer la formación técnica y dar mayor versatilidad al simulador en distintos contextos de aprendizaje.

Una sugerencia adicional es aumentar la interactividad en el entorno, incluyendo opciones que faciliten al usuario ajustar parámetros como la velocidad de corte, la elección de herramientas y la configuración de la máquina. De este modo, se conseguiría que la experiencia de uso se asemeje más a la realidad y, a la vez, se incentivaría la toma de decisiones técnicas de manera segura.

Finalmente, se destaca que la utilización del entorno virtual con nuevas tecnologías como la realidad aumentada o la realidad virtual, incrementaría la inmersión y la percepción espacial del alumno en relación al equipo. Asimismo, la herramienta podría expandirse a diversos grados de educación académica y profesional, lo que aumentaría su alcance y reforzaría su utilidad como asistencia pedagógica en el ámbito de la fabricación y la seguridad industrial.

REFERENCIAS

- [1] N. O. VILLAMIL y G. A. G. PINZÓN, «DISEÑO DE EXPERIENCIAS INMERSIVAS DEL ESPACIO A TRAVES DE MUNDOS VIRTUALES,» DOI: <https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/278b547c-7d0d-489b-b586-b8d19818be21/content>.
- [2] J. C. C. García, «Tecnología avanzada del diseño y manufactura asistidos por computador-CAD/CAM,» *Prospectiva*, vol. 4, n.º 1, págs. 75-81, 2006. DOI: <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496251107012.pdf>.
- [3] N. A. Jaramillo Aguiar y R. E. Macas Narváez, «Desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada que apoye el proceso de enseñanza-aprendizaje del uso de los equipos del Laboratorio de Máquinas CNC (Control Numérico Computarizado) de la Carrera de Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana,» B.S. thesis, 2020. DOI: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19078>.
- [4] K. Macias-Mieles, R. Vincés-Pilligua, B. Meza-Alcívar y F. Bravo-Mendoza, «Análisis de fallos en máquina de corte por plasma CNC JX-E1530: Failure analysis on JX-E1530 CNC plasma cutting machine,» *Revista Científica FINIBUS-Ingeniería, Industria y Arquitectura*, vol. 7, n.º 14, págs. 87-96, 2024. DOI: <https://doi.org/10.56124/finibus.v7i14.009>.
- [5] E. P. Moreno Zapata y D. A. Poma Ordóñez, «Diseño y simulación de un Router CNC para corte por plasma a partir de archivos DXF 2D,» Tesis de mtría., Quito, 2016., 2016. DOI: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/13592>.
- [6] J. K. Toala-Palma, J. L. Arteaga-Mera, J. M. Quintana-Loor y M. I. Santana-Vergara, «La Realidad Virtual como herramienta de innovación educativa,» *Episteme Koinonia*, vol. 3, n.º 5, págs. 270-286, 2020. DOI: <https://doi.org/10.35381/e.k.v3i5.835>.
- [7] B. Mandujano-Salazar, J. Hernandez-Perez, J. G. Benitez-Morales, M. A. Aguilera-Jimenez et al., «Diseño de máquina CNC de cinco ejes,» *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, vol. 10, págs. 91-99, 2022. DOI: <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial6.9278>.
- [8] O. A. Sepúlveda Sepúlveda et al., «Modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado,» Tesis de mtría., Maestría en Ingeniería de Procesos, 2021. DOI: <http://hdl.handle.net/10882/10599>.
- [9] M. A. E. Tobías y L. A. T. Cienfuegos, «Estudio de factibilidad para el equipamiento del laboratorio de máquinas-herramientas para la asignatura Tecnología Industrial 2 en la Universidad de Sonsonate,» *Revista Integración*, n.º 12, págs. 70-82, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5377/ri.v1i12.20282>.
- [10] J. O. Castillo, «La realidad virtual y la realidad aumentada en el proceso de marketing,» *Revista de dirección y administración de empresas*, 2017. DOI: <https://ojs.ehu.es/index.php/rdae/article/view/19141>.
- [11] N. S. Pérez, «Aviniendo diseño y realidad virtual: Bóveda,» DOI: <https://e-archivo.uc3m.es/rest/api/core/bitstreams/3bc7509b-6c3f-4b25-be25-ecddaeb96b0f/content>.
- [12] J. L. Ordóñez, «Realidad virtual y realidad aumentada,» *Revista digital de ACTA*, vol. 6, 2020. DOI: https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/063001.pdf.
- [13] G Reyes-Morales, V Guerrero-Hernandez, B. Ríos-Ataxca, O Ortiz-Aguilar y E Cruz-Lázaro, «Metodología para la restauración y puesta en marcha de una máquina fresadora CNC,» *Nexo Revista Científica*, vol. 32, n.º 02, págs. 179-189, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5377/nexo.v32i02.9267>.
- [14] J. L. Rosendo, F. Garelli, S. Rodríguez et al., «Robótica en el aula,» 2018. DOI: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/92184>.

- [15] P. Berenbrink, A. Brinkmann y C. Scheideler, «Unity simulation environment for storage area networks,» en *Proceedings Ninth Euromicro Workshop on Parallel and Distributed Processing*, IEEE, 2001, págs. 227-234. DOI: <https://doi.org/10.1109/EMPDP.2001.905047>.
- [16] W. Y. García Martínez et al., «Usos educacionales de la Tecnología de Realidad Virtual,» *REPOSITORIO NACIONAL CONACYT*, 2002. DOI: <http://repositorio.utm.mx:8080/jspui/handle/123456789/189>.
- [17] E. F. C. Quintero, «Implementación de prácticas de laboratorio en la educación virtual de los programas de ingeniería electrónica y telecomunicaciones,» *Revista Virtu@ lmente*, vol. 7, n.º 1, págs. 29-44, 2019. DOI: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=5301096>.
- [18] M. Yazdi, «Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) in maintenance training,» en *Advances in Computational Mathematics for Industrial System Reliability and Maintainability*, Springer, 2024, págs. 169-183. DOI: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-53514-7_10.
- [19] M. Ryan, *Immersive Virtual Reality Error Management Training for CNC Machining Setup Procedures*. Rochester Institute of Technology, 2022. DOI: <https://www.proquest.com/openview/6ce8a77981b7218fa3073b6c0b46d773/1?cbl=18750&diss=y&pq-origsite=gscholar>.
- [20] EDS Robotics, *Realidad Virtual, ¿qué es y qué aplicaciones tiene?* <https://www.edsrobotics.com/blog/realidad-virtual-que-es/>, Accedido: 13 de mayo de 2025, ago. de 2021.
- [21] C. M. Stracke, P. Bothe, S. Adler et al., «Immersive virtual reality in higher education: a systematic review of the scientific literature,» *Virtual Reality*, vol. 29, n.º 2, págs. 1-21, 2025. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-025-01136-x?fromPaywallRec=false>.
- [22] L. Li, F. Yu, D. Shi et al., «Application of virtual reality technology in clinical medicine,» *American journal of translational research*, vol. 9, n.º 9, pág. 3867, 2017. DOI: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5622235/>.
- [23] R. E. A. Muñoz, E. M. B. Parrales, A. E. C. Alay y K. J. P. Cedeño, «Realidad aumentada vs realidad virtual en la educación superior,» *RECIAMUC*, vol. 8, n.º 1, págs. 779-788, 2024. DOI: [https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.\(1\).ene.2024.779-788](https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.(1).ene.2024.779-788).
- [24] A. G. P. Altomari, «Realidad virtual y realidad aumentada en la educación, una instantánea nacional e internacional,» *Economía creativa*, n.º 7, págs. 34-65, 2017. DOI: <https://doi.org/10.46840/ec.2017.07.03>.
- [25] D. P. C. Montero y J. V. M. Polo, «LA IA Y SUS MÚLTIPLES EFECTOS EN LA EDUCACIÓN MODERNA,» 2023. DOI: <http://ojs.unicolombo.edu.co/index.php/adelante-ahead/article/view/223>.
- [26] I. Martínez de Bartolomé, D. E. Saldaña Larrondo y V. Giner Crespo, «Uso de la IA en el aula. Una mirada desde el alumnado universitario,» 2024. DOI: <https://www.dykinson.com/libros/calidad-e-innovacion-pedagogica/9788410704527/>.
- [27] B. W. Kernighan y D. M. Ritchie, *El lenguaje de programación C*. Pearson Educación, 1991. DOI: <http://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/73>.
- [28] J. Sánchez Rodríguez, «Plataformas de enseñanza virtual para entornos educativos,» 2009. DOI: <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/2672>.
- [29] E. R. Ramírez, «Avances y desafíos de la inteligencia artificial en el mundo laboral. Una visión desde el sector público y privado,» *Noticias CIELO*, vol. 6, n.º 2, 2023. DOI: <https://elibro.net/es/ereader/anahuac/229958?page=1>.

- [30] O. A. Sepúlveda Sepúlveda et al., «Modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado,» Tesis de maestría., Maestría en Ingeniería de Procesos, 2021. DOI: <http://hdl.handle.net/10882/10599>.
- [31] J. Albarrán, M Ramirez y A. Molina, «Estudio de controladores de movimiento CNC para micro máquinas herramienta,» *Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura*, 2012. DOI: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/46138>.
- [32] L. L. Chen Huang, «APLICACIONES DE ROBÓTICA DE SERVICIOS EN LA PLATAFORMA ROBOTICSACADEMY,» 2024. DOI: <https://hdl.handle.net/10115/38670>.
- [33] M. L. González, J. Marchueta y E. A. Vilche, «Modelo de aprendizaje experiencial de Kolb aplicado a laboratorios virtuales en Ingeniería en Electrónica,» en *I Jornadas Nacionales de TIC e Innovación en el Aula*, 2011. DOI: https://www.academia.edu/download/57768144/Como_aprendemos_de_los_Referentes.pdf.

ANEXO A
PLANOS

Planos de las piezas acotadas:

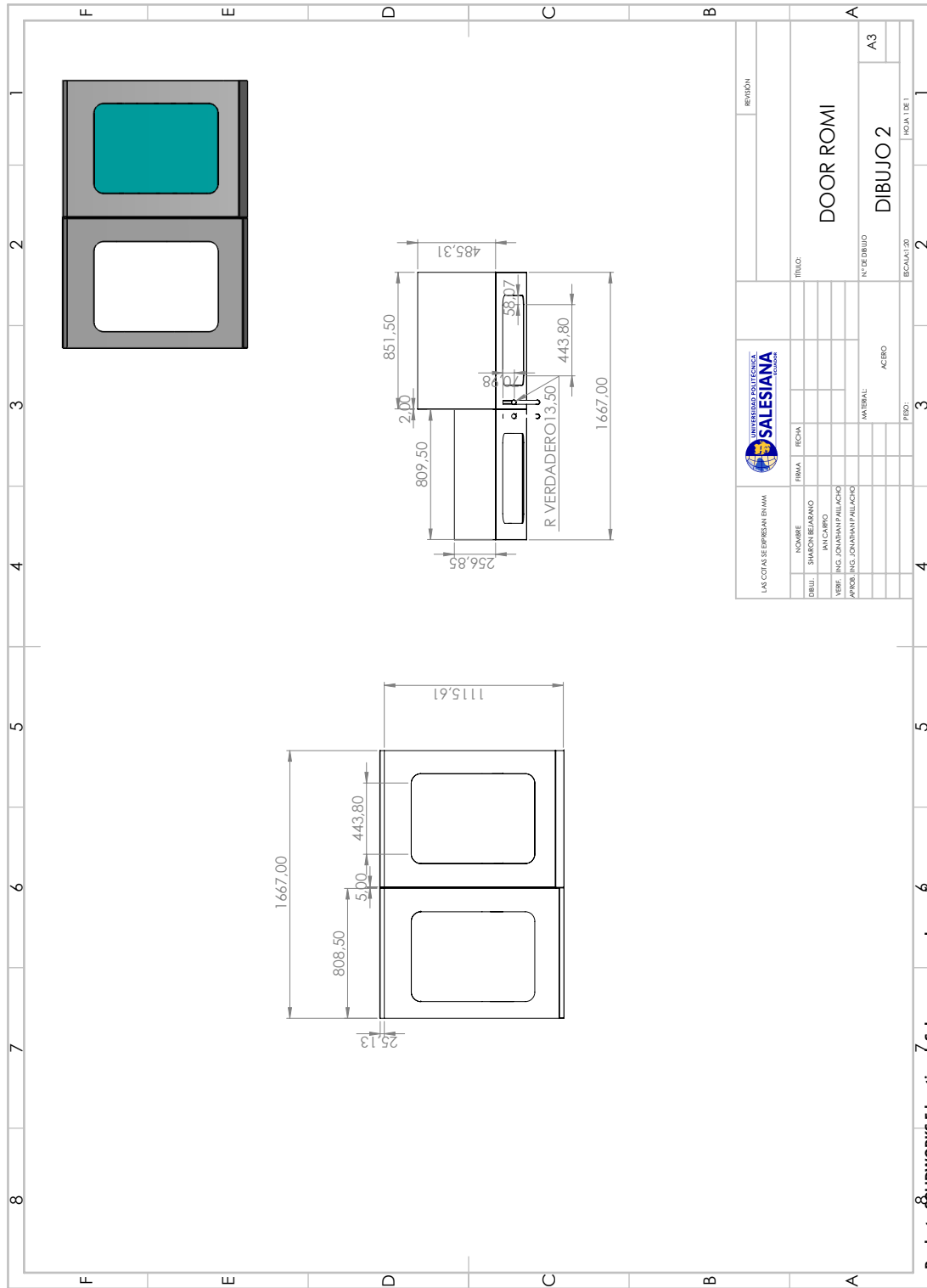
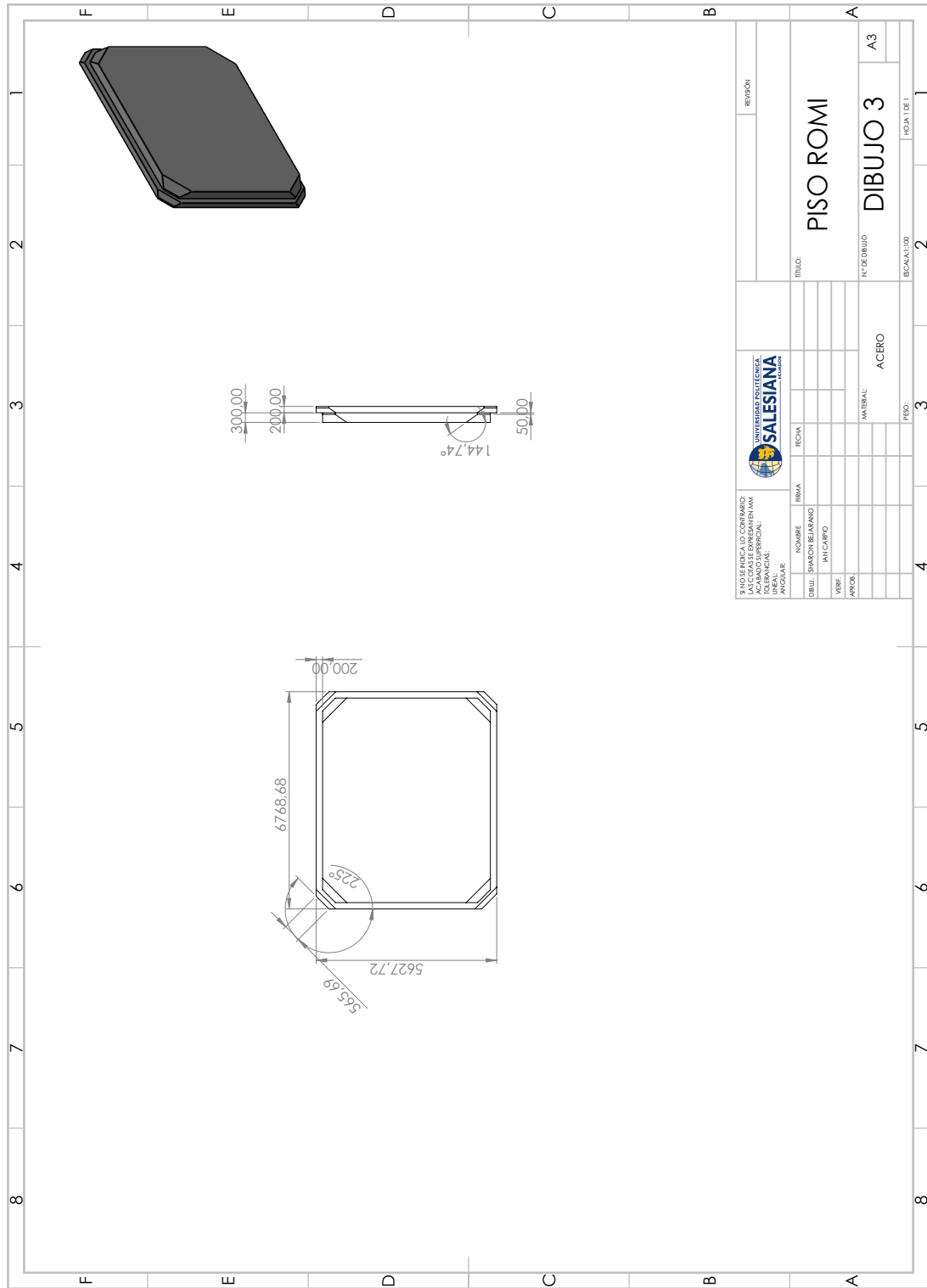
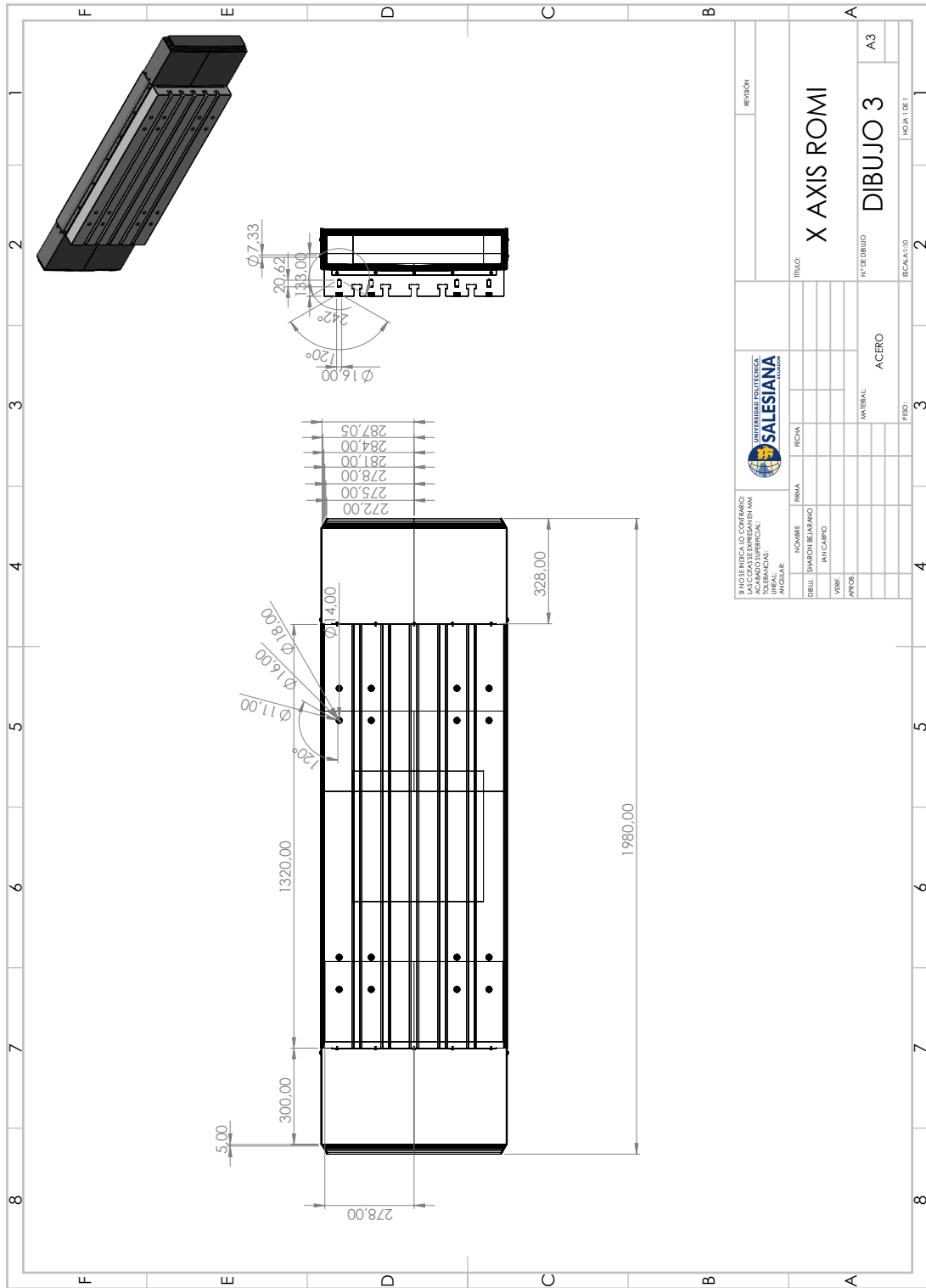


Figura 51. Lámina acotada Door, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks



| | | | |
|--|--|-------------------------------|--|
| UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS GUAYAQUIL | | TÍTULO: PISO ROMI | |
| INFORMACIÓN DEL DISEÑO: AUTOR: S. BEJARANO DISEÑO: I. CARPIO | | N° DE DIBUJO: DIBUJO 3 | |
| MATERIAL: ACERO | | INDIA DE: 1 | |
| PISO: 3 | | 2 | |
| BSCA: A1:100 | | 2 | |
| 8 | | 8 | |
| 7 | | 7 | |
| 6 | | 6 | |
| 5 | | 5 | |
| 4 | | 4 | |
| 3 | | 3 | |
| 2 | | 2 | |
| 1 | | 1 | |
| F | | F | |
| E | | E | |
| D | | D | |
| C | | C | |
| B | | B | |
| A | | A | |

Figura 52. Lámina acotada Piso, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks



| | | | |
|-----------------------------------|--|--------------|--|
| UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA | | REVISIÓN | |
| INGENIERÍA DE CONFIDANCIA | | X AXIS ROMI | |
| ACABADO ESPECIAL | | DIBUJO 3 | |
| INSTRUMENTACIÓN | | A3 | |
| ANGULAR | | ACERO | |
| NOMBRE: SHARON BEJARANO | | N° DE DIBUJO | |
| FECHA: | | 3 | |
| DIBUJANTE: SHARON BEJARANO | | PISO: | |
| VERIFICADOR: I. CARPIO | | 2 | |
| APROBADOR: | | 1 | |
| MATERIAL: ACERO | | INDIA DE I | |

Figura 53. Lámina acotada Door, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks

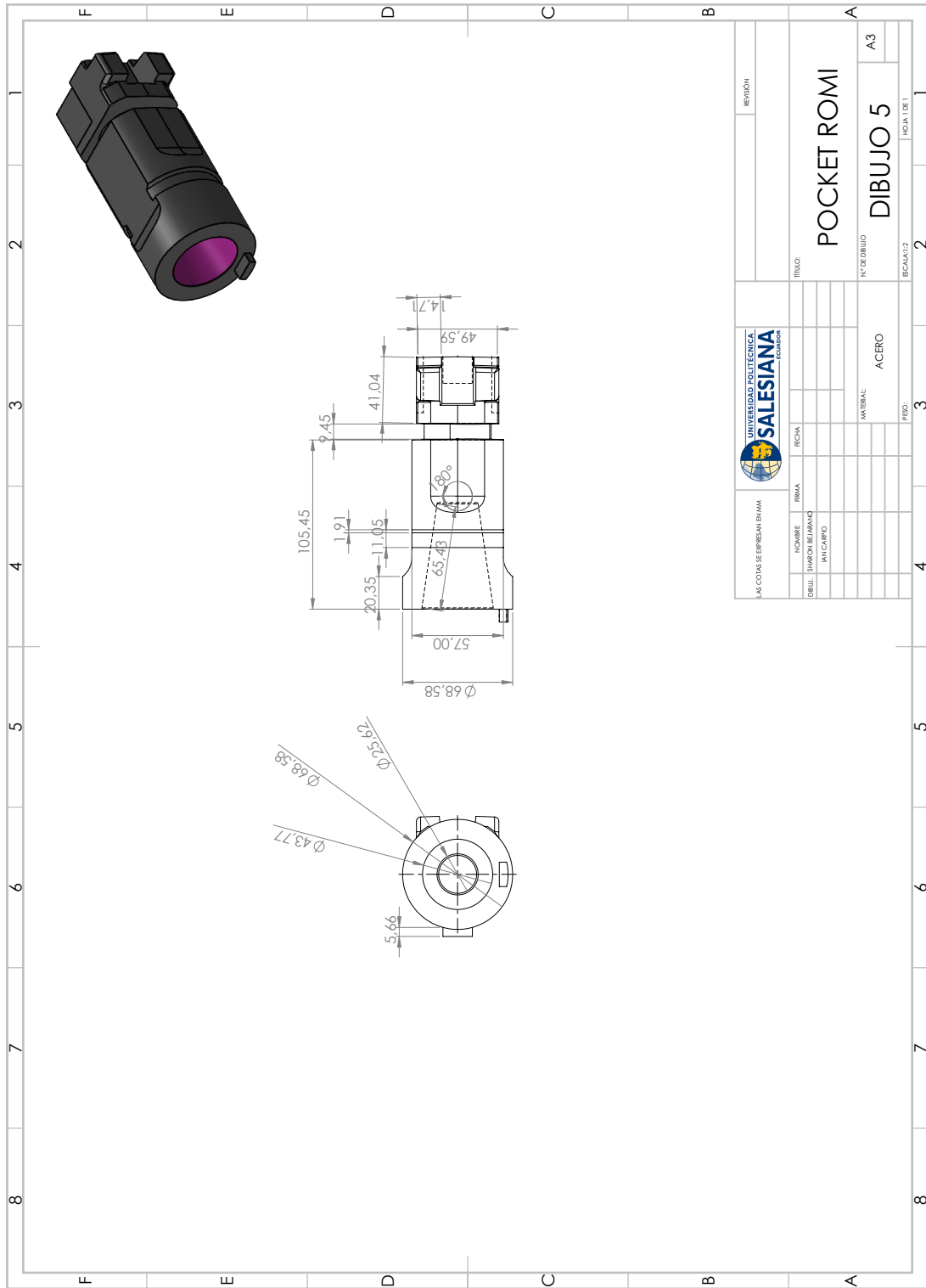
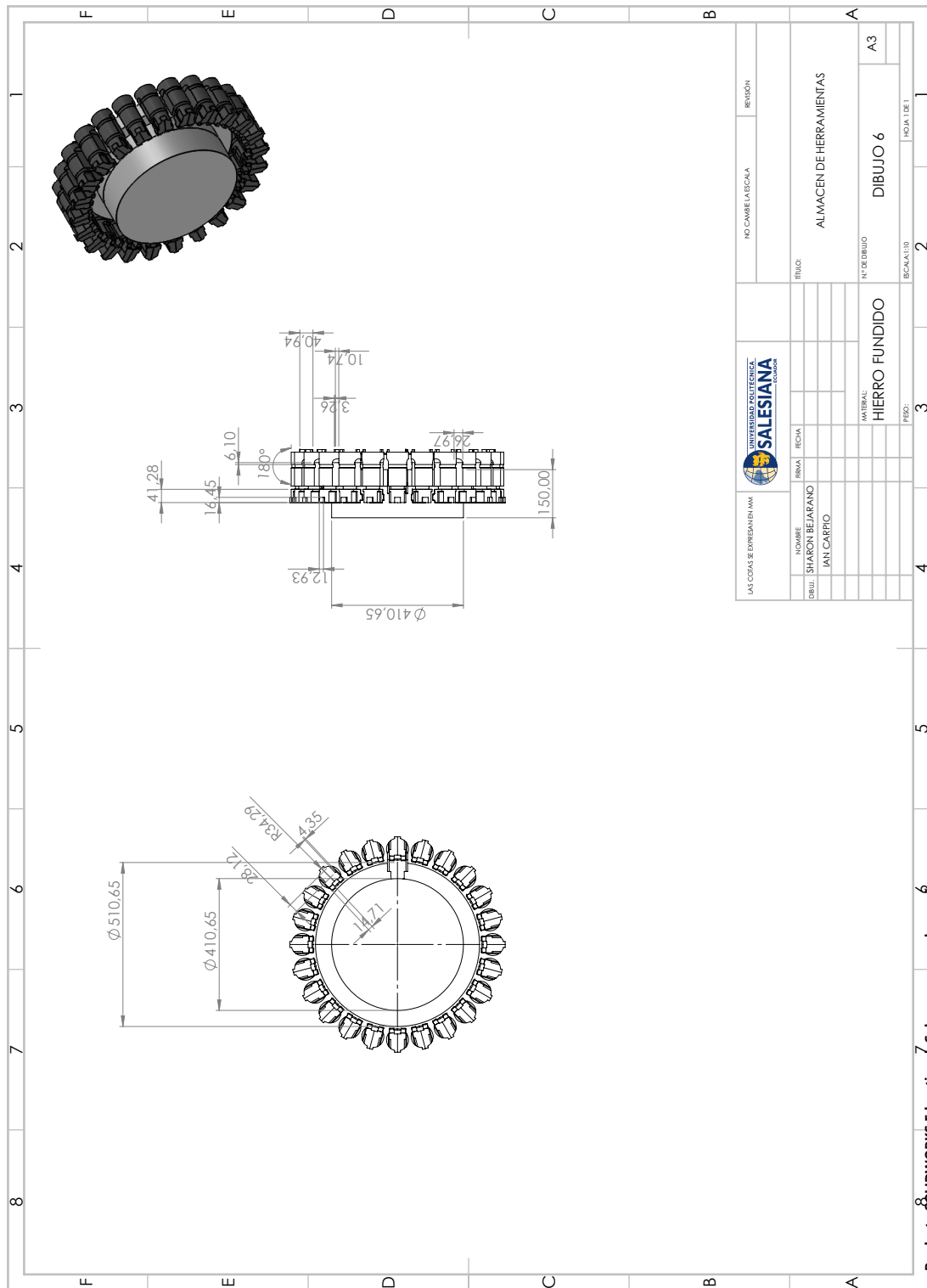
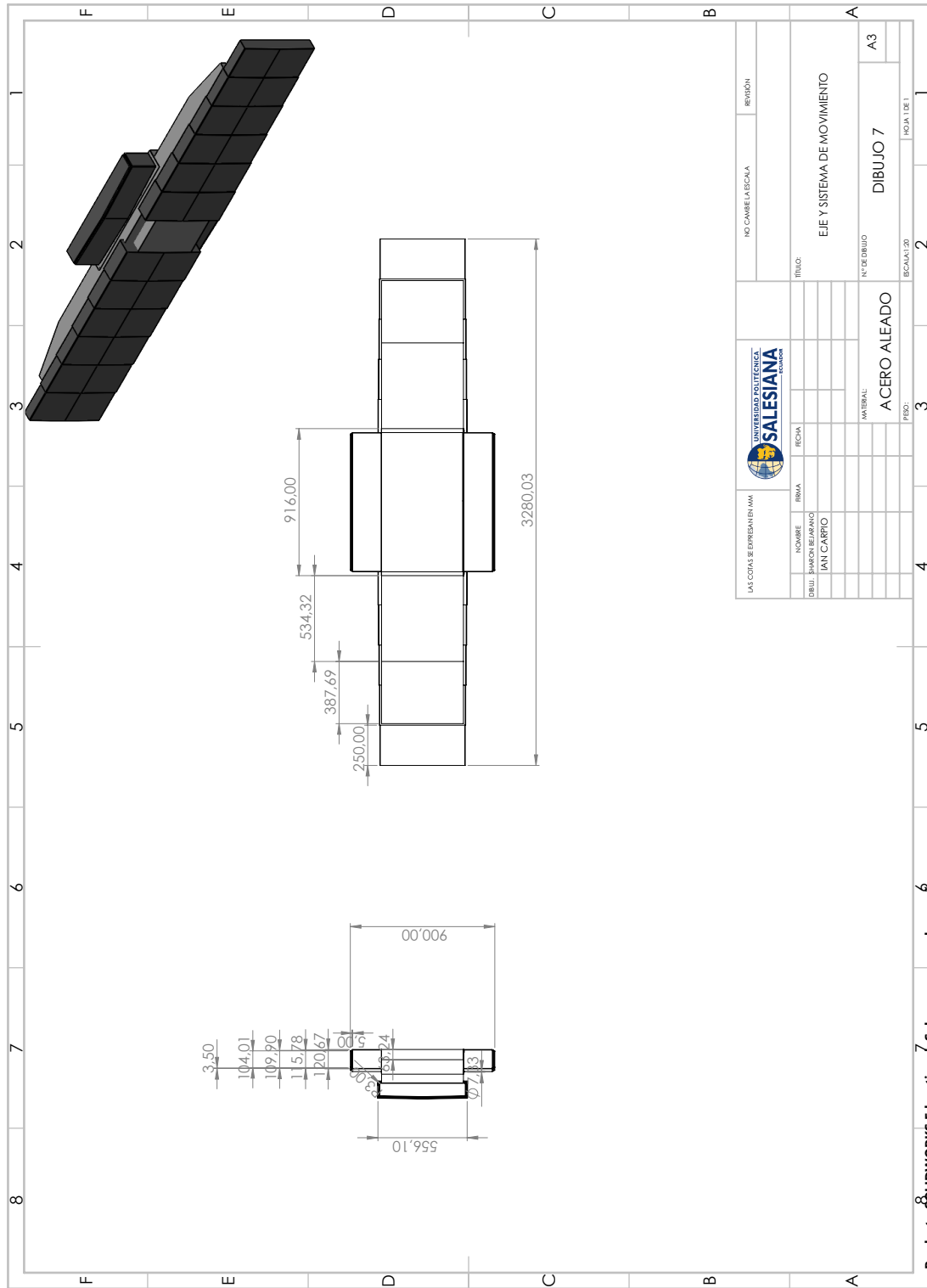


Figura 54. Lámina acotada del Conveyor, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliworddks



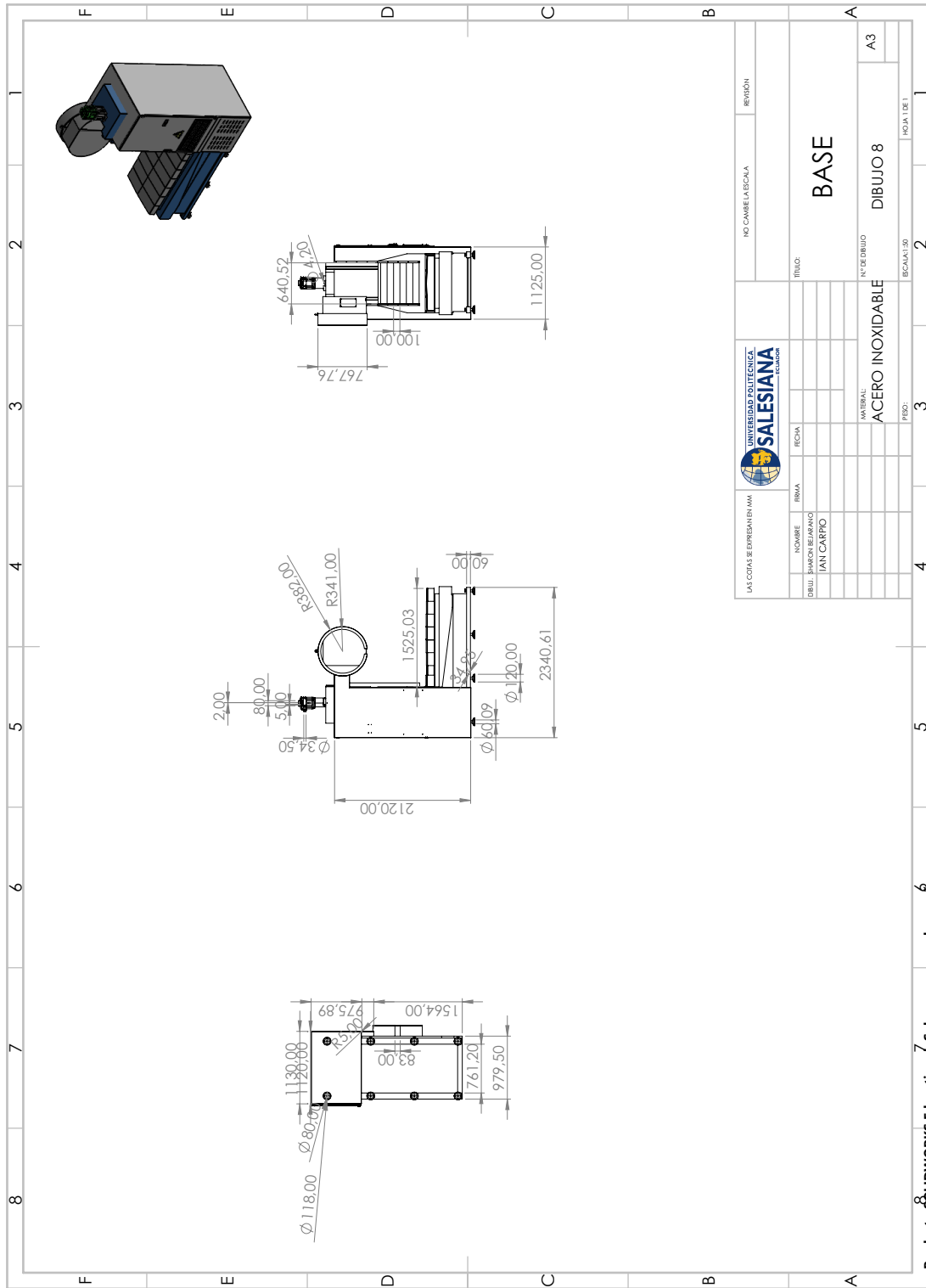
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 55. Lámina acotada del almacen de herramientas, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks



Producto SOLIDWORKS Educativo. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 56. Lámina acotada del eje Y sistema de movimiento, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks



Producto **SOLIDWORKS** Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 57. Lámina acotada de la base ROMI, por S. Bejarano e I. Carpio, Autodesk Soliwordks

