



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA

**SALESIANA**

ECUADOR

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE MECATRÓNICA**

**SIMULADOR INMERSIVO EN REALIDAD VIRTUAL PARA LA  
CAPACITACIÓN SEGURA EN LA OPERACIÓN DE UNA  
CORTADORA LÁSER INDUSTRIAL**

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

AUTOR: Kevin Everaldo De La Cruz Suárez  
Oscar Isaac Bolaños Molina

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

Guayaquil - Ecuador  
2026

18/02/26

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Oscar Isaac Bolaños Molina** con documento de identificación N° **0924557036** y **Kevin Everaldo De La Cruz Suárez** con documento de identificación N° **2450062167**; 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, 18 de febrero del año 2026

Atentamente,



---

Oscar Isaac Bolaños Molina  
0924557036



---

Kevin Everaldo De La Cruz Suárez  
2450062167

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

Nosotros, **Oscar Isaac Bolaños Molina** con documento de identificación N° **0924557036** y **Kevin Everaldo De La Cruz Suárez** con documento de identificación N° **2450062167**, 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: SIMULADOR INMERSIVO EN REALIDAD VIRTUAL PARA LA CAPACITACIÓN SEGURA EN LA OPERACIÓN DE UNA CORTADORA LÁSER INDUSTRIAL**, 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, 18 de febrero del año 2026

Atentamente,



---

Oscar Isaac Bolaños Molina  
0924557036



---

Kevin Everaldo De La Cruz Suárez  
2450062167

## 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: **SIMULADOR INMERSIVO EN REALIDAD VIRTUAL PARA LA CAPACITACIÓN SEGURA EN LA OPERACIÓN DE UNA CORTADORA LÁSER INDUSTRIAL**, realizado por **Oscar Isaac Bolaños Molina** con documento de identificación N° **0924557036** y por **Kevin Everaldo De La Cruz Suárez** con documento de identificación N° **2450062167**, 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, 18 de febrero del año 2026

Atentamente,



---

Ing. Jonathan Salvador Paillacho Corredores M.Sc.

1718907874

## DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a mi padre, Oscar Efrain Bolaños Gurumendi, quien es el motor de mi vida y gracias a su esfuerzo y gran sacrificio lograré terminar mis estudios universitarios. A mi madre Sarita Margarita Molina Campoverde, quien me inspiró a estudiar esta carrera, me enseñó a trabajar arduamente para conseguir y lograr todos mis objetivos, quien en vida me enseñó lo importante que es la perseverancia y lo duro que puede ser la vida. Ambos me guiaron con su amor y perseverancia a lo largo de mi vida.

**Oscar Isaac Bolaños Molina**

Dedico esta investigación a toda mi familia, que me ha enseñado que el mejor regalo que se puede dar en la vida es la educación, la cual es un puente que nos permite aprender e innovar a nuevos mundos en donde los sueños son posibles.

Este trabajo de titulación está dedicado a mi padre Everaldo Francisco De La Cruz Suarez, por las enseñanzas sobre disciplina, responsabilidad y ética; a mi madre Nadia Ivonne Suarez Piguave, por su amor inmenso, su cuidado y apoyo sin igual para asegurar mi bienestar en el transcurso de todos estos años de estudios universitarios.

Finalmente, agradezco a mis hermanas Ivonne Lilibeth De La Cruz Suarez, Evelyn Solange Lopez Soriano y Genesis Fiorella De La Cruz Suarez por su confianza absoluta que me ha impulsado a seguir adelante y quienes siempre han cuidado de mí.

**Kevin Everaldo De La Cruz Suárez**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, a mi padre y madre por su amor incondicional y por inculcarme el valor de la perseverancia para afrontar los retos y dificultades de la vida.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana, a los docentes y a mis compañeros por formar parte importante del desarrollo y cumplimiento del presente trabajo de investigación.

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

**Oscar Isaac Bolaños Molina**

Agradezco a los docentes de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica que han formado parte de mi formación profesional, quienes con su conocimiento y su apoyo brindaron las herramientas para un futuro exitoso como un ingeniero mecatrónico.

Agradezco a todas esas amistades que me dio directa como indirectamente la universidad, porque me han demostrado ser grandes seres humanos que siempre me han brindado su apoyo aun cuando fue difícil avanzar, por acompañarme y hacer de este camino más agradable y enriquecedor.

**Kevin Everaldo De La Cruz Suárez**

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño y desarrollo de una estación de trabajo virtual inmersiva para la capacitación técnica en el manejo de la cortadora láser HITEC HJT1325. Este sistema se basa en un entorno de simulación de alta fidelidad, diseñado para suplir la falta de acceso a maquinaria real, la cual presenta una complejidad operativa elevada y costos de adquisición significativos que limitan las prácticas de ingeniería y formación técnica en entornos académicos convencionales.

Este simulador fue elaborado con Unreal Engine, específicamente la versión 5, herramienta con la que se pueden crear con precisión las dinámicas físicas del láser. Para generar una experiencia positiva, se integraron las gafas de realidad virtual Meta Quest 3S, capaces de imitar movimientos manuales y comandos del control. Los usuarios pueden observar procesos clave, visualizando la potencia y velocidad del mecanismo de corte y grabado, cómo reacciona el material ante estas variaciones. A diferencia del trabajo en talleres o laboratorios reales, esta aproximación virtual ofrece retroalimentación al instante, posibilitando que los estudiantes diferencien procesos sin consecuencias físicas adversas ni riesgos asociados.

En la etapa final, evaluó si realmente funciona este simulador como herramienta de enseñanza. Se ejecutó pruebas con 20 estudiantes y recogimos información cuantitativa para medir qué tanto aprenden las personas usando el entorno virtual y qué tan útil les parece comparado con practicar en un equipo real. Los resultados demuestran que la combinación de Unreal Engine 5 y realidad virtual no solo mantiene un alto nivel de interés en el aprendizaje, sino que consolida una alternativa viable y segura para la preparación de operarios en tecnología láser, garantizando una transición eficiente hacia el uso de la maquinaria real.

**Palabras clave:** Máquina láser, modelado 3D, realidad virtual, Unreal Engine, Meta Quest 3S.

## ABSTRACT

This project aims to design and develop an immersive virtual workstation for technical training in operating the HITEC HJT1325 laser cutter. The system is based on a high-fidelity simulation environment, designed to address the lack of access to real machinery, which presents elevated operational complexity and significant acquisition costs that limit engineering practices and technical training in conventional academic settings.

This simulator was built using Unreal Engine, specifically version 5, a tool that enables the precise recreation of laser physical dynamics. To generate a positive experience, Meta Quest 3S virtual reality headset was integrated, capable of mimicking hand movements and controller commands. Users can observe key processes, visualizing the power and speed of the cutting and engraving mechanism, and how materials react to these variations. Unlike work in real workshops or laboratories, this virtual approach offers instant feedback, enabling students to differentiate processes without adverse physical consequences or associated risks.

In the final stage, evaluate whether this simulator truly works as a teaching tool. Tests were conducted with 20 students and we collected quantitative data to measure how much people learn using the virtual environment and how useful they find it compared to practicing with real equipment. The results demonstrate that the combination of Unreal Engine 5 and virtual reality not only maintains a high level of interest in learning, but also consolidates a viable and safe alternative for training operators in laser technology, ensuring an efficient transition to the use of real machinery.

**Keywords:** Laser machine, 3D modeling, virtual reality, Unreal Engine, Meta Quest 3S.

## ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>Introducción</b>	1
<b>II.</b>	<b>Problema</b>	2
<b>III.</b>	<b>Justificación</b>	3
<b>IV.</b>	<b>Objetivos</b>	4
IV-A.	Objetivo general . . . . .	4
IV-B.	Objetivos específicos . . . . .	4
<b>V.</b>	<b>Marco Teórico</b>	5
V-A.	Realidad virtual . . . . .	5
V-A1.	Cascos de realidad virtual . . . . .	5
V-A2.	Experiencia Birdly . . . . .	5
V-A3.	Amphibian . . . . .	6
V-B.	Educación tecnológica utilizando realidad virtual . . . . .	7
V-C.	Software . . . . .	7
V-C1.	Unreal Engine 5 . . . . .	7
V-C2.	Unity 3D . . . . .	8
V-D.	Normas de seguridad en entornos de corte láser . . . . .	8
V-E.	Máquina cortadora láser . . . . .	10
V-E1.	Tecnología de corte láser . . . . .	10
V-E2.	Funcionamiento . . . . .	11
V-F.	Código G . . . . .	11
<b>VI.</b>	<b>Marco Metodológico</b>	12
VI-A.	Tipo y diseño de investigación . . . . .	12
VI-B.	Desarrollo . . . . .	12
VI-C.	Subsistema mecánico: Piezas principales de la cortadora Laser . . . . .	13
VI-D.	Programación en Unreal Engine 5 . . . . .	15
VI-E.	Modelado 3D del taller y aplicación de normas de seguridad . . . . .	17
VI-F.	Diseño e implementación del entorno 3D . . . . .	18
VI-G.	Simulación de un entorno virtual inmersivo . . . . .	19
VI-H.	Simulación del ensamble de la cortadora láser en Unreal Engine 5 . . . . .	19
VI-I.	Configuración de componentes y esquematizador . . . . .	21
VI-J.	Colisionadores y Ajuste Espacial . . . . .	22
VI-K.	Escena y modo de juego . . . . .	23
VI-L.	Programación blueprints . . . . .	24
VI-M.	Vinculación con las gafas Meta Quest 3S . . . . .	28
VI-N.	Evaluación técnica y educativa del entorno . . . . .	28
VI-Ñ.	Diagrama de flujo . . . . .	28
VI-O.	Formato de guía de práctica de laboratorio / Talleres / Centros de simulación . . . . .	30
VI-P.	Práctica guiada N.º 1: Reconocimiento del centro de corte láser en entorno virtual con evaluación del conocimiento mediante test de opción múltiple . . . . .	31
VI-Q.	Práctica guiada N.º 2: Proceso de corte láser, proceso CORTE . . . . .	32
VI-R.	Práctica guiada N.º 3: Proceso de corte láser, proceso GRABADO . . . . .	32

<b>VII. Resultados</b>	33
VII-A. Resultados de la encuesta . . . . .	33
VII-A1. Carreras de los participantes . . . . .	33
VII-A2. Preguntas de la encuesta . . . . .	34
VII-A3. Evaluación final de los estudiantes respecto a la simulación de la cortadura láser.	38
<b>VIII. Cronograma</b>	42
<b>IX. Presupuesto</b>	43
<b>X. Conclusiones</b>	44
<b>XI. Recomendaciones</b>	45
<b>Referencias</b>	46
<b>Anexo A: Planos</b>	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Oculus Quest 2. De izquierda a derecha: la pantalla montada en la cabeza, el controlador izquierdo (Controlador A) y el controlador derecho (Controlador B). [25]. . . . .	5
2.	Experiencia Birdly [27]. . . . .	6
3.	Amphibian [28]. . . . .	6
4.	Vista de plano de UE5 del material de modalidad de profundidad [32]. . . . .	7
5.	Interfaz de usuario de Unity3D [34]. . . . .	8
6.	Componentes del equipo de protección personal (EPP) [35]. . . . .	9
7.	Iluminación de salida y señalización de salida [36]. . . . .	9
8.	Señal de extintor de incendios en imagen y en palabras [38]. . . . .	10
9.	Imagen de HTJ1325 máquina de corte y grabado láser. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	10
10.	Láser de alta potencia fundiendo y vaporizando material de metal en línea de corte [42]. . . . .	11
11.	Cortadora láser HITEC HJT1325. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	13
12.	Base del eje. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	13
13.	Cabezal de corte y óptica. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	14
14.	Eje X del pórtico. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	14
15.	Mesa de trabajo (slats). Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	15
16.	Escena del laboratorio con la cortadora láser en Unreal Engine 5 (Meta XR Tools y Meta XR Simulator). Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	16
17.	Blueprints/C++. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	17
18.	Salida de emergencia. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	18
19.	Entorno de taller en 3D. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	19
20.	Interfaz Unreal Engine. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	20
21.	Ensamblaje de cortadora láser. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	21
22.	Ensamblaje de cortadora láser. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	22
23.	Ensamblaje de cortadora láser. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	23
24.	Escena. Fuente: por K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	24
25.	Interfaz Unreal Engine. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	25
26.	Interfaz Unreal Engine. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	26
27.	Interfaz Unreal Engine. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	27
28.	Interfaz Unreal Engine. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	27
29.	Diagrama de flujo. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	29
30.	Formato guía práctica. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	30
31.	Formato guía práctica. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	31
32.	Estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana. . . . .	33
33.	Carreras participantes. . . . .	34
34.	Pregunta 1. . . . .	34
35.	Pregunta 2. . . . .	35
36.	Pregunta 3. . . . .	36
37.	Pregunta 4. . . . .	36
38.	Pregunta 5. . . . .	37
39.	Pregunta 6. . . . .	37
40.	Evaluación 1. . . . .	38
41.	Evaluación 2. . . . .	39
42.	Evaluación 3. . . . .	40
43.	Evaluación 4. . . . .	41
44.	Cabezal de corte y óptica. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	50
45.	Banda. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	51
46.	Cortadora láser HITEC HJT1325. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	52
47.	Guía. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	53

48.	GH. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	54
49.	Chasis inferior. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	55
50.	Regleta dentada. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	56
51.	Puerta lateral. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	57
52.	Cama de trabajo. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	58
53.	Chasis superior. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños. . . . .	59

ÍNDICE DE TABLAS

I. Cronograma ..... 42

## I. INTRODUCCIÓN

La preparación y formación de profesionales en áreas de ingeniería requiere obligatoriamente del contacto directo con equipos especializados para desarrollar destrezas aplicadas, ya sean máquinas CNC, impresoras 3D, cortadoras láser, etc. Sin embargo, tecnologías como la cortadora láser, particularmente la HITEC HJT1325 presentan barreras significativas de acceso relacionadas con su elevado costo de adquisición, complejidad logística y los riesgos inherentes a su operación por personal sin experiencia, ya que representa una máquina ya para uso industrial, mas no personal. Las instituciones educativas enfrentan limitaciones presupuestarias importantes para incorporar estas máquinas, y adicionalmente deben considerar que su uso por estudiantes sin nada de conocimiento puede derivar en daños materiales o situaciones de peligro. Ante esta problemática, se hace evidente la necesidad de explorar alternativas tecnológicas que permitan una capacitación efectiva e independiente de la disponibilidad física del equipo.

Frente a esta situación, la realidad virtual se presenta como una alternativa particularmente prometedora, ya que posibilita elaborar espacios virtuales que reproducen fielmente las operaciones industriales. La propuesta de este trabajo consiste en desarrollar un simulador virtual mediante Unreal Engine 5, programa que proporciona la fidelidad visual y el comportamiento físico requeridos para fines educativos en contextos técnicos. La combinación de este motor gráfico con las gafas Meta Quest 3S busca que los estudiantes tengan conocimientos de forma intuitiva de los elementos de la cortadora HITEC HJT1325, logrando una experiencia envolvente que favorezca la asimilación de procesos fundamentales, tales como corte y grabado.

## II. PROBLEMA

En la actualidad, la formación de profesionales en áreas técnicas e industriales enfrenta importantes retos relacionados con la capacitación práctica en el uso de maquinaria avanzada, como las cortadoras láser industriales [1]. El acceso a este tipo de equipos está limitado por su alto costo de adquisición, los gastos recurrentes de mantenimiento y los riesgos inherentes a su operación, factores que restringen la disponibilidad de estas máquinas en ambientes educativos [2].

La exposición directa de los estudiantes a la maquinaria conlleva riesgos significativos de seguridad, lo que exige la presencia de supervisión constante y protocolos estrictos. Esto, a su vez, reduce el tiempo y las oportunidades reales de práctica, dejando una brecha considerable entre los conocimientos teóricos impartidos en el aula y las habilidades prácticas requeridas en el ámbito laboral actual [3].

Varios estudios han demostrado que la formación tradicional, basada predominantemente en exposiciones teóricas o demostraciones ocasionales, no es suficiente para preparar a los futuros operadores de equipos industriales complejos [4]. La falta de práctica efectiva incrementa la probabilidad de errores costosos, accidentes laborales y baja eficiencia durante la inserción profesional de los egresados [5].

Además, la rápida evolución tecnológica asociada a la Industria 4.0 demanda la incorporación de metodologías innovadoras y herramientas digitales, como la simulación y la realidad virtual, que permitan reproducir escenarios industriales de forma segura y controlada [6]. Sin embargo, muchas instituciones educativas presentan limitaciones económicas y tecnológicas para actualizar su equipamiento y recursos didácticos, profundizando así las desigualdades entre instituciones de diferentes regiones o niveles socioeconómicos [7].

La ausencia de experiencias prácticas innovadoras afecta no solo la adquisición de habilidades técnicas, sino también la motivación, el interés y la participación activa de los estudiantes, factores clave para un aprendizaje significativo [8]. Frente a este panorama, la implementación de simulaciones educativas en realidad virtual surge como una alternativa eficaz para cerrar la brecha existente entre la teoría y la práctica, permitiendo el desarrollo de competencias en entornos seguros, accesibles y acordes a los retos contemporáneos del sector industrial [9].

El 22 de octubre del 2018, en The Nest, estudiantes provocaron un pequeño incendio al usar una cortadora láser con material no autorizado y sin ajustar la configuración de la máquina. El fuego fue controlado por un estudiante presente, y sin heridos. El incidente destacó la importancia de la supervisión y la capacitación, ya que la mala interpretación de la densidad del material por el software del láser concentró demasiada energía en el cartón. La administración enfatizó que, siguiendo las normas de seguridad y recibiendo la formación adecuada, se puede usar el equipo de manera segura [10]. La incorporación de aprendizaje personalizado dentro de simulaciones permite ajustar la dificultad y los contenidos según el nivel de conocimiento, ritmo de aprendizaje y desempeño individual.

Por lo tanto, es imperativo investigar y promover soluciones tecnológicas innovadoras que respondan a las necesidades actuales de la educación técnica, faciliten la adquisición de competencias prácticas y contribuyan a una mejor inserción profesional de los futuros ingenieros y técnicos en la industria moderna [11].

### III. JUSTIFICACIÓN

La constante evolución tecnológica en la industria manufacturera demanda que los futuros profesionales adquieran competencias prácticas avanzadas, especialmente en el manejo de maquinaria industrial como las cortadoras láser [12]. Sin embargo, las limitaciones de acceso a estos equipos, junto con los altos costos y riesgos asociados, han generado una brecha significativa entre la formación teórica y la experiencia práctica en la educación técnica [13].

En este contexto, la implementación de simulaciones educativas mediante realidad virtual se perfila como una alternativa eficaz para fortalecer la calidad del aprendizaje y potenciar la formación de habilidades profesionales [14]. Diversos estudios recientes evidencian que la realidad virtual permite a los estudiantes interactuar con réplicas digitales de equipos industriales, lo que facilita la comprensión de conceptos complejos y promueve el desarrollo de competencias técnicas dentro de entornos controlados y seguros [15]. Además, estas simulaciones ofrecen la posibilidad de repetir prácticas sin restricciones físicas, reducir costos operativos y eliminar riesgos de accidentes durante el proceso de formación [16]. Por otra parte, el uso de herramientas inmersivas motiva a los estudiantes, aumenta su participación activa y favorece la retención del conocimiento, en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza [17]. Las experiencias interactivas contribuyen a fortalecer la autoconfianza de los futuros técnicos, facilitando su adaptación a entornos industriales cada vez más digitalizados [18].

La integración de la realidad virtual en la formación técnica también permite a las instituciones educativas superar barreras económicas y logísticas, optimizando el uso de recursos y promoviendo la equidad en el acceso a experiencias prácticas de calidad [19]. Además, la adopción de simulaciones en línea con la Industria 4.0 contribuiría a formar profesionales capaces de responder a los desafíos de la automatización, la digitalización y la innovación tecnológica en el sector productivo [20].

Finalmente, diversas investigaciones han resaltado la importancia de validar estas soluciones tecnológicas a través de pruebas con usuarios reales, recogiendo retroalimentación para mejorar continuamente la experiencia educativa y la usabilidad de los sistemas de simulación [21]. Por lo tanto, la presente propuesta no solo responde a las necesidades actuales de la formación técnica, sino que también contribuye a la transformación digital de la educación superior y a la preparación de profesionales altamente calificados para el mercado laboral contemporáneo [22].

## IV. OBJETIVOS

### *IV-A. Objetivo general*

Desarrollar un entorno virtual inmersivo de aprendizaje en realidad virtual que simule el proceso operativo de una máquina láser HITEC HJT1325, proporcionando a estudiantes de ingeniería prácticas seguras de laboratorio.

### *IV-B. Objetivos específicos*

- Construir un modelo tridimensional de la cortadora láser HITEC HJT1325 que incluya la representación geométrica e integración funcional de todos sus subsistemas principales.
- Implementar un simulador interactivo que reproduzca la secuencia operativa completa de la cortadora láser (preoperación, inicialización, calibración, alineación de material, ejecución de corte) mediante una interfaz gráfica con instrucciones contextuales.
- Validar el entorno virtual mediante tres sesiones prácticas de laboratorio con estudiantes de diferentes programas de ingeniería, recopilando datos cuantitativos y cualitativos para demostrar la efectividad del simulador.

## V. MARCO TEÓRICO

### V-A. Realidad virtual

La realidad virtual se presenta como una tecnología inmersiva que posee el potencial de reconfigurar múltiples aspectos de la experiencia humana contemporánea. Su principio operativo radica en la reproducción controlada de estímulos perceptivos, permitiendo que el cerebro procese entornos completamente sintéticos como si se tratara de realidades físicamente existentes. Esta experiencia inmersiva se asemeja a un sueño lúcido, capaz de llevarnos a mundos fantásticos, simulaciones animadas o incluso a lugares reales de nuestro planeta o del espacio. Representa la evolución natural de medios como la pintura, el cine y los videojuegos. Además, permite interactuar y convivir con otras personas dentro de estos entornos virtuales, ya sean recreaciones del mundo real o espacios completamente imaginarios. La RV ha enfrentado críticas por no cumplir todas las expectativas, sobre todo para quienes no podían acceder a equipos costosos. Sin embargo, gracias a los avances tecnológicos derivados de los teléfonos inteligentes, hoy existen visores más económicos. Seguidos de una nueva generación de innovadores, desde estudiantes universitarios y emprendedores, están impulsando el desarrollo de la VR con ideas frescas y proyectos que buscan mejorar la tecnología y crear experiencias más inmersivas [23].

*V-A1. Cascos de realidad virtual:* Los cascos de realidad virtual (RV) son dispositivos que se usan en la cabeza, diseñados para sumergir al usuario en aplicaciones virtuales. Permiten a las personas experimentar e interactuar con entornos simulados como si estuvieran allí, desde una perspectiva en primera persona [24].



Figura 1. Oculus Quest 2. De izquierda a derecha: la pantalla montada en la cabeza, el controlador izquierdo (Controlador A) y el controlador derecho (Controlador B). [25].

*V-A2. Experiencia Birdly:* Birdly es una instalación que permite experimentar cómo se siente volar como un ave. A diferencia de un simulador de vuelo tradicional, el usuario no pilota una máquina, sino que encarna a un milano real. El control se realiza con los brazos y manos, imitando el movimiento de las alas, lo que refleja en los movimientos del simulador. Mediante un visor de realidad virtual (Oculus Rift), el participante se sumerge en un paisaje virtual y percibe el entorno desde la perspectiva en primera persona de un ave en pleno vuelo [26].



Figura 2. Experiencia Birdly [27].

V-A3. *Amphibian*: Amphibian, un sistema de realidad virtual que ofrece una experiencia de buceo inmersiva desde tierra, similar a la experiencia Birdly. El usuario se acuesta sobre una plataforma móvil con brazos y piernas suspendidos, mientras recibe estímulos visuales y sonoros mediante un visor Oculus Rift y audífono. Además, se simulan la flotabilidad, la resistencia al agua y los cambios de temperatura con distintos sensores [28].

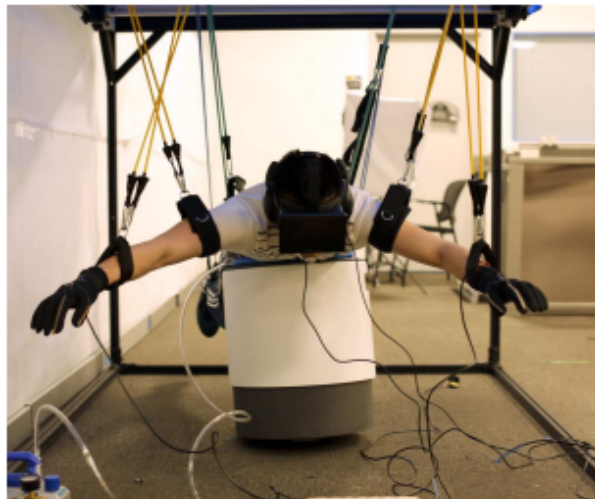


Figura 3. Amphibian [28].

Esta tecnología posee un gran potencial como recurso de aprendizaje activo y autónomo capaz de enriquecer la enseñanza; promueve la participación de los estudiantes gracias a su alto nivel de interactividad. Por ejemplo, en el ámbito de las biociencias, ingeniería, entretenimiento, psicología y formación laboral en general. Numerosos estudios han analizado el uso de programas de VR con fines educativos, destacando múltiples beneficios, entre ellos una mejor comprensión visual, mayor retención y repaso de conceptos a largo plazo, así como un incremento en la motivación y el disfrute durante el proceso de aprendizaje [29].

## V-B. Educación tecnológica utilizando realidad virtual

En el ámbito educativo, la realidad virtual (RV) se entiende como el uso de entornos digitales inmersivos y simulaciones diseñadas para potenciar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esta tecnología brinda a los estudiantes la posibilidad de interactuar con los contenidos de forma práctica y dinámica, superando las limitaciones de los métodos tradicionales. A diferencia de la realidad aumentada, la RV se desarrolla en un entorno completamente digital, en el que los usuarios pueden integrarse totalmente o participar de manera externa. Dentro de estos espacios virtuales, es posible manipular objetos creados por computadora mediante dispositivos hápticos, lo que favorece una experiencia de inmersión total [30].

Estas tecnologías ofrecen a los estudiantes experiencias únicas para interactuar con los contenidos, comprender temas complejos y participar en entornos digitales. Como resultado, ha surgido el concepto de metaverso dentro del ámbito educativo. La evolución de esta idea, que pasó de ser un elemento de la ciencia ficción a una realidad concreta, ha cambiado por completo la forma en que percibimos y nos relacionamos con el entorno digital [30].

## V-C. Software

*V-C1. Unreal Engine 5:* Unreal Engine, desarrollado por Epic Games, es un potente motor de juegos empleado para crear juegos 3D de alta calidad y aplicaciones de simulación. Su uso se extiende más allá del desarrollo de videojuegos, abarcando realidad virtual (RV), realidad aumentada (RA), producción cinematográfica. Y otras aplicaciones interactivas en tiempo real, siendo especialmente relevante en los campos de simulación y emulación [31].

Este motor combina tecnologías gráficas avanzadas con herramientas que simplifican el desarrollo de juegos, como el sistema Blueprint. Entre sus principales componentes se encuentran: el motor gráfico, que incluye técnicas de renderizado avanzadas como renderizado físico, iluminación global, sombras y reflejos en tiempo real, permitiendo crear efectos visuales impactantes; el sistema Blueprint, que utiliza programación visual para que usuarios sin experiencia en código puedan diseñar sistemas complejos de manera rápida mediante la conexión de nodos; y la escalabilidad, que permite a los desarrolladores ampliar y personalizar las funciones del motor mediante plugins para adaptarlo a necesidades específicas de cada proyecto [31].

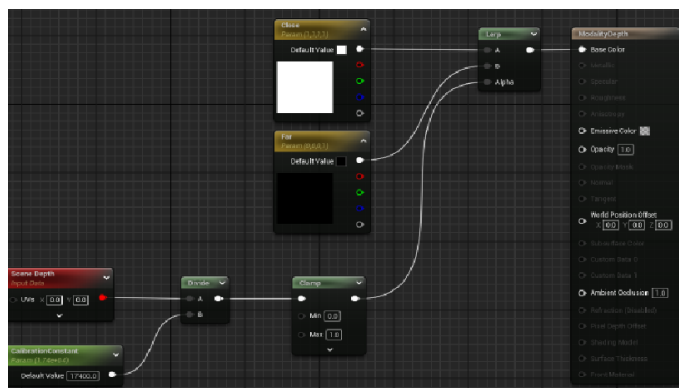


Figura 4. Vista de plano de UE5 del material de modalidad de profundidad [32].

V-C2. *Unity 3D*: Unity 3D es una de las herramientas más conocidas para el desarrollo de la realidad virtual. Se trata de un software de desarrollo de juegos multiplataforma que, además de ser compatible con Mac, también funciona plenamente en Windows. Unity 3D permite programar en tres lenguajes de scripting: C, JavaScript y Boo, un dialecto de Python. Todos ellos ofrecen un rendimiento similar, pueden interoperar entre sí y acceder a las librerías de .NET, lo que permite trabajar con bases de datos, expresiones regulares, XML, archivos, redes. La integración entre el motor de Unity y su entorno de desarrollo proporciona un editor visual potente y un manejo flexible de las distintas capas de programación y red [33].



Figura 5. Interfaz de usuario de Unity3D [34].

#### V-D. *Normas de seguridad en entornos de corte láser*

Las prácticas de seguridad en entornos industriales requieren el uso constante de equipo de protección (EPP), que incluye protección ocular con gafas, protección auditiva con orejeras, protección de manos con guantes anti-cortes, protección de los pies con botas punta de acero, protección de la cabeza con casco, protección respiratoria con respirador y protección del cuerpo con ropa industrial. Además, es fundamental realizar una inspección previa de las máquinas, confirmar que se cuente con las herramientas y materiales correctos, y asegurarse de que el área de trabajo esté libre de obstáculos antes de iniciar cualquier operación.

Cumplir con las medidas de seguridad resulta indispensable en cualquier ambiente de trabajo, más aún cuando se trata de operar tecnología compleja como los sistemas de corte láser. El propósito central de estas normativas es salvaguardar la vida y salud de quienes operan los equipos, más que todo porque son estudiantes que pueden cometer errores capaces de generar daños a maquinaria cuyo mantenimiento implica inversiones muy altas, además de asegurar espacios formativos seguros y productivos. Integrar las normas de seguridad dentro de plataformas virtuales de entrenamiento potencia considerablemente el aprendizaje. Esta práctica no únicamente refuerza el conocimiento técnico sobre operación láser, sino que simultáneamente desarrolla conciencia profesional y principios éticos que los estudiantes requerirán en su vida laboral.



Figura 6. Componentes del equipo de protección personal (EPP) [35].

La función principal de las luces de emergencia y las señales de salida en cualquier edificación no residencial es salvaguardar vidas y minimizar el riesgo de lesiones graves durante situaciones de peligro, como sismos o incendios. Estos elementos son esenciales en casi todos los espacios públicos e industriales, ya que su propósito es indicar de forma clara e inmediata las rutas de evacuación [36].



Figura 7. Iluminación de salida y señalización de salida [36].

Los extintores son equipos de seguridad esenciales para evitar pérdidas humanas y materiales a causa de incendios. Dos encuestas recientes realizadas en el Reino Unido y Europa revelaron que en cerca del 80 por ciento de los incendios, los extintores se utilizaron para controlar el fuego en sus etapas iniciales. En la mayoría de los casos no es necesario llamar al servicio de bomberos, ya que el uso de estos dispositivos permite contener los incendios menores antes de que se propagaran. Los tipos de extintores más comunes hoy en día son los de agua, polvo, espuma y dióxido de carbono, cada uno diseñado para combatir uno o más tipos de fuego [37].

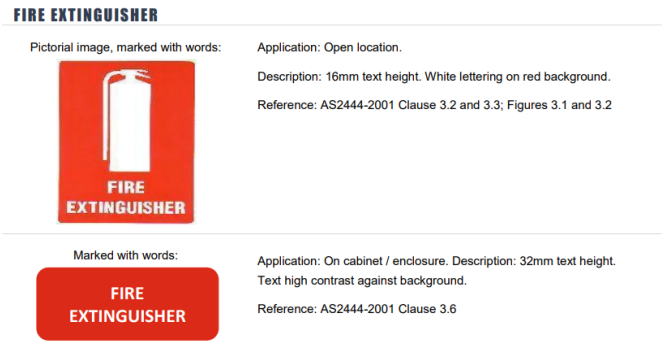


Figura 8. Señal de extintor de incendios en imagen y en palabras [38].

### V-E. Máquina cortadora láser

Las máquinas de corte por láser han sido fundamentales para satisfacer la creciente necesidad de automatizar los procesos de producción, contribuyendo así a mejoras significativas en la fiabilidad y la calidad. Desde un enfoque científico, estas máquinas han permitido resolver el reto de cortar y grabar formas complejas en distintos materiales, sin importar sus dimensiones, dentro de la industria manufacturera. Junto a los métodos tradicionales de corte, como el fresado y el torneado, la tecnología láser se aplica en sectores como la electrónica, la medicina, la aeronáutica y la industria automotriz. Gracias a su capacidad de ofrecer cortes precisos y acabados superficiales de alta calidad, sus usos más comunes se encuentran en el corte de metales variados, como tungsteno, aluminio, acero, latón y níquel. Además, los láseres se utilizan para trabajar con cerámica, silicio y otros recubrimientos metálicos [39].



Figura 9. Imagen de HTJ1325 máquina de corte y grabado láser. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

*V-E1. Tecnología de corte láser:* El equipo de corte por láser está compuesto por un sistema automatizado que integra un computador industrial, control de movimiento por servomotor, control eléctrico y tecnología de detección. En términos generales, se divide en partes mecánicas y control eléctrico. Los láseres se clasifican en cuatro tipos principales: de estado sólido, de gas, líquidos y semiconductores. Entre ellos, los de estado sólido destacan por ofrecer una longitud de onda corta, alta concentración de luz y buena estabilidad, lo que los hace adecuados para trabajos de precisión, especialmente en el mecanizado de orificios bajo condiciones de pulso. En contraste, los láseres de gas, particularmente los CO<sub>2</sub>, pueden alcanzar potencias de hasta 45 KW en modo continuo y 5 kW en modo pulsado, lo que explica su amplia aplicación en las industrias de manufactura y procesamiento de maquinaria.

Las fuentes láser más comunes en los equipos de corte por láser son los láseres de CO<sub>2</sub>, de fibra y YAG [40].

*V-E2. Funcionamiento:* A nivel de maquinaria, un sistema de corte por láser es una herramienta de control numérico por computadora (CNC) que utiliza un cabezal de corte como herramienta principal. La máquina mueve y, en algunos casos, orienta el cabezal en el espacio tridimensional, siguiendo las trayectorias definidas por el operador en un programa de pieza. La configuración de la máquina varía según el tipo de material a cortar: para chapas metálicas, generalmente cuenta con dos ejes ortogonales (X e Y) en el plano de la lámina y un eje Z, paralelo al haz láser, que ajusta la distancia entre la boquilla y la superficie del metal; para tubos o vigas, la máquina suele tener entre tres y cinco ejes, permitiendo realizar cortes complejos sobre superficies tridimensionales, incluso si el tubo no es recto. La fuente láser, al ser un componente pesado y delicado, normalmente se ubica en una caja fija separada y se conecta al cabezal de corte mediante un sistema óptico adecuado. En las máquinas modernas, tanto la fuente láser como el trayecto óptico se realizan a través de fibra óptica, mientras que las generaciones anteriores utilizaban láseres de CO<sub>2</sub> y espejos para guiar el haz [41].



Figura 10. Láser de alta potencia fundiendo y vaporizando material de metal en línea de corte [42].

#### *V-F. Código G*

El código G es un lenguaje de comandos de bajo nivel, sencillo de usar, que permite fabricar piezas complejas sin necesidad de experiencia previa en sistemas de Fabricación Asistida por Computadora (CAM). Mediante el uso del código G, un operador indica a una máquina cómo fabricar un objeto específico. Esto implica dar instrucciones sobre qué motores activar, hacia dónde moverlos y qué trayectoria seguir. Los casos de uso más frecuentes incluyen tareas de corte, como el fresado o el mecanizado, donde una herramienta o material de corte sigue un recorrido definido para eliminar el exceso de material y conservar únicamente la pieza deseada [43].

## VI. MARCO METODOLÓGICO

El estudio adopta un enfoque tecnológico-aplicado con orientación cuantitativa y carácter experimental. Es tecnológico-aplicado porque desarrolla y pone a prueba un entorno virtual que responde a una necesidad práctica en la formación técnica: entrenar el proceso de corte láser reduciendo costos y riesgos operativos que limitan la práctica con equipos reales. La orientación es cuantitativa-experimental: el simulador en Unreal Engine 5.5 registra automáticamente tiempos, errores y eventos durante las tareas, lo que permite analizar el desempeño de los estudiantes con métricas objetivas. Estas prácticas se estructuran en tres sesiones guiadas para validar el funcionamiento del sistema con estudiantes de distintas ingenierías.

### VI-A. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada, pues se orienta a resolver una necesidad concreta de enseñanza mediante una simulación inmersiva del proceso de corte láser y su validación en prácticas de laboratorio.

El diseño combina dos hilos complementarios: Diseño de desarrollo iterativo del prototipo (modelado 3D, HMI y lógica de control) integrado en UE5 mediante Blueprints/C++ y una máquina de estados, con integración por subsistemas (mecánico, control y trayectorias/evaluación).

Diseño de evaluación cuasi-experimental intragrupo (pretest–postest) en tres prácticas: se comparan indicadores como tiempo de preparación y ejecución, cantidad de errores y eventos de seguridad, y tasa de finalización, con estudiantes de diferentes carreras.

### VI-B. Desarrollo

Para la construcción del modelo virtual de la cortadora láser (HITEC HJT1325) se tomó como referencia el equipo físico disponible en el laboratorio. El modelado geométrico se realizó en herramientas SolidWorks y se integró en Unreal Engine para su despliegue en realidad virtual, siguiendo una metodología iterativa que permitió refinar el proyecto conforme avanzó el desarrollo. Como se aprecia en la Figura 11, la máquina se representa totalmente ensamblada, lo que posibilitó verificar la correcta integración entre sus componentes (puente y ejes X-Y, mesa de trabajo, cabezal y óptica, y carenados). Esta visualización integral facilitó la identificación temprana de posibles inconsistencias (dimensiones, colisiones y límites de carrera) y aseguró que la estructura final conservara la coherencia geométrica y la funcionalidad requeridas para los procesos de corte simulados.

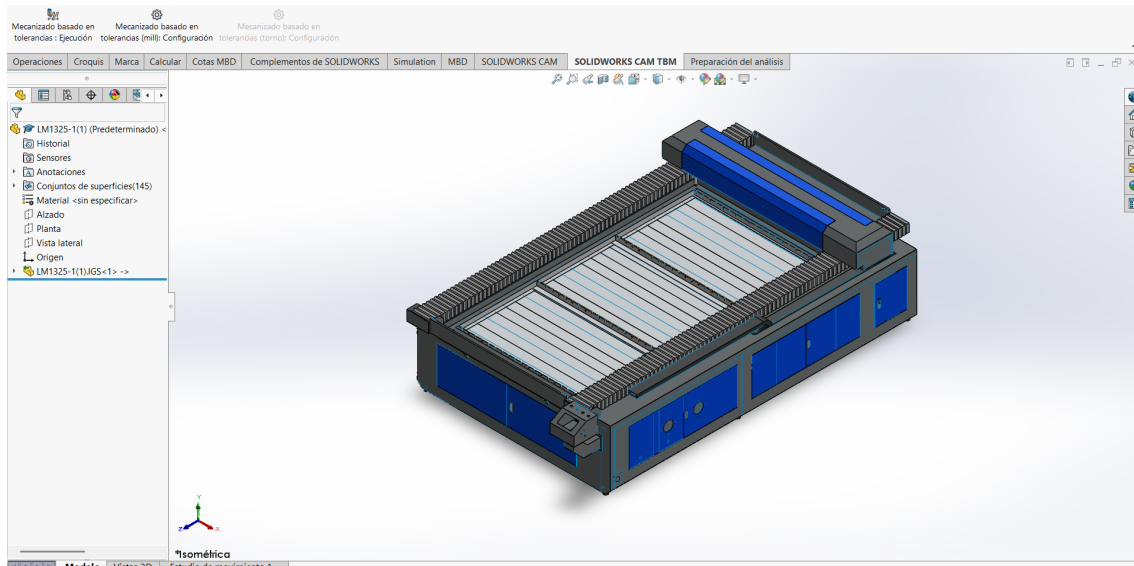


Figura 11. Cortadora láser HITEC HJT1325. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

### VI-C. Subsistema mecánico: Piezas principales de la cortadora Laser

La cortadora láser está conformada por diversos subsistemas que, en conjunto, garantizan su integridad estructural y su funcionamiento operativo. En la Figura 12 se muestran los principales componentes identificados, los cuales se describen a continuación.

La base del eje (bastidor) constituye el soporte principal sobre el cual se fijan las guías lineales y los mecanismos de transmisión (husillos de bolas o correas dentadas, según la configuración). Sobre esta estructura se monta la mesa de trabajo de la cortadora, que aporta rigidez global y asegura la correcta nivelación del equipo en el área de trabajo. En el entorno de realidad virtual, esta base establece los límites de carrera y de colisión del sistema, y sirve como referencia para la verificación de homing y condiciones de seguridad.

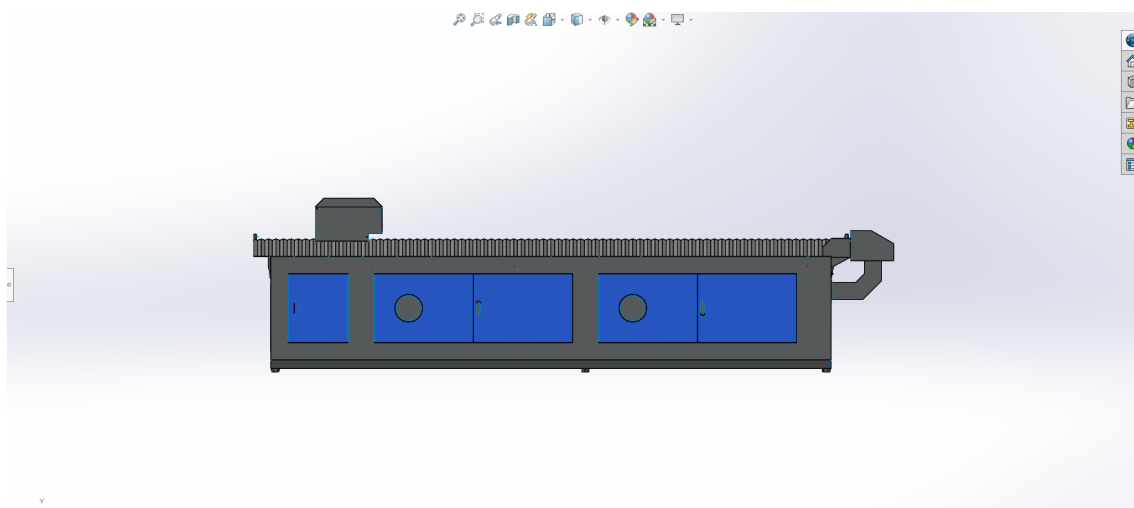


Figura 12. Base del eje. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

En cuanto a los elementos de corte, destacan el conjunto óptico y el cabezal, figura 13, responsables de conducir y concentrar el haz láser sobre el material, garantizando precisión en el desplazamiento y en la ejecución de las trayectorias. El corte se entiende como un **pincel de luz** que dibuja el diseño sobre la plancha. El rayo viaja por el interior de la máquina hasta el cabezal, que se mueve por la mesa siguiendo las trayectorias. En el punto de contacto, la luz se concentra en un punto diminuto que va “pintando” el contorno; al mismo tiempo, un soplo de aire despeja el material y deja el borde limpio. El pórtico avanza en el plano (X e Y) según el dibujo, y el cabezal sube o baja lo justo (Z) para mantener el foco. En la simulación se aprecia cómo el punto luminoso recorre acrílico, madera o MDF y va revelando la forma final.

→ **Cabezal y óptica de corte** figura 13 (punto de luz, boquilla de aire y lente de enfoque).

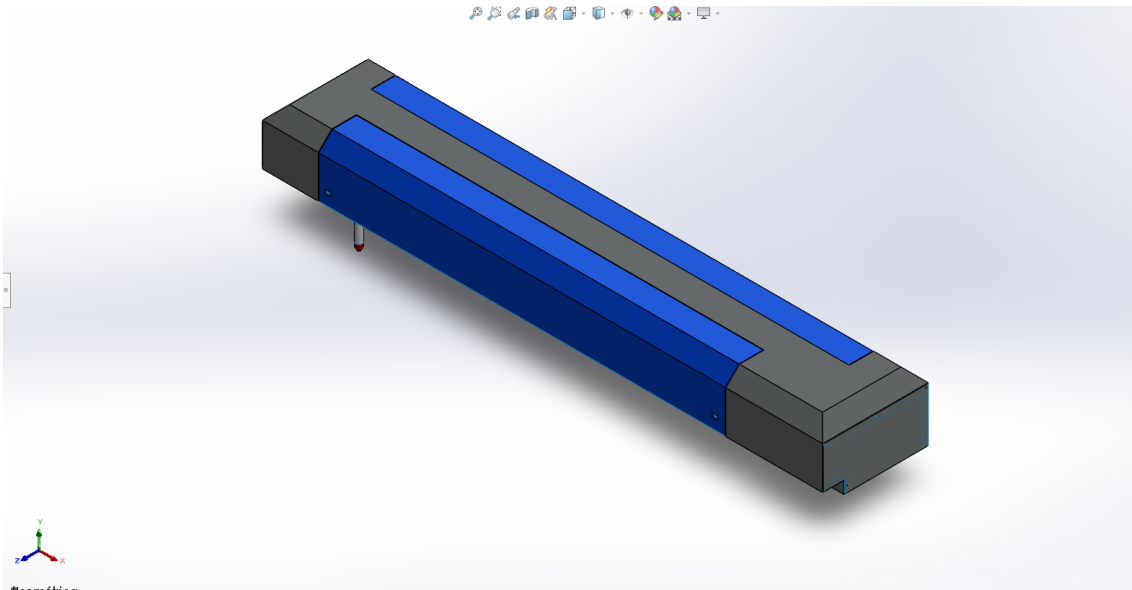


Figura 13. Cabezal de corte y óptica. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

→ **Movimientos de ejes** figura 14 (movimiento longitudinal del pórtico; guías lineales y transmisión por correa dentada o cremallera).

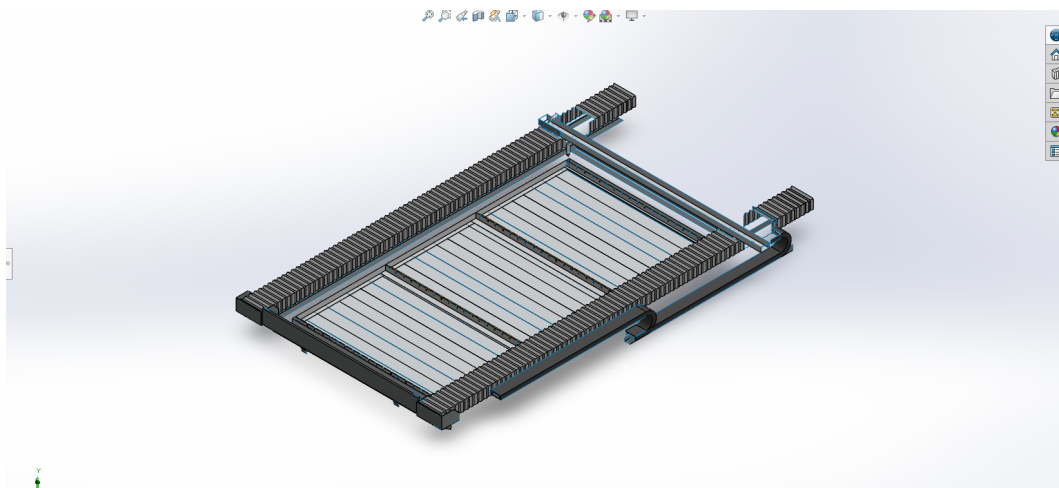


Figura 14. Eje X del pórtico. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

Finalmente, la mesa de trabajo (cama de listones/honeycomb), como se observa en la Figura 15, constituye un elemento esencial de la estructura, pues proporciona soporte y nivelación al material, facilita la evacuación de residuos y optimiza el flujo de extracción de humos por debajo de la zona de corte. Su diseño robusto y nivelado contribuye a mantener la precisión y la repetibilidad del proceso en el entorno simulado.

→ **Mesa de trabajo (cama de listones)** figura 15

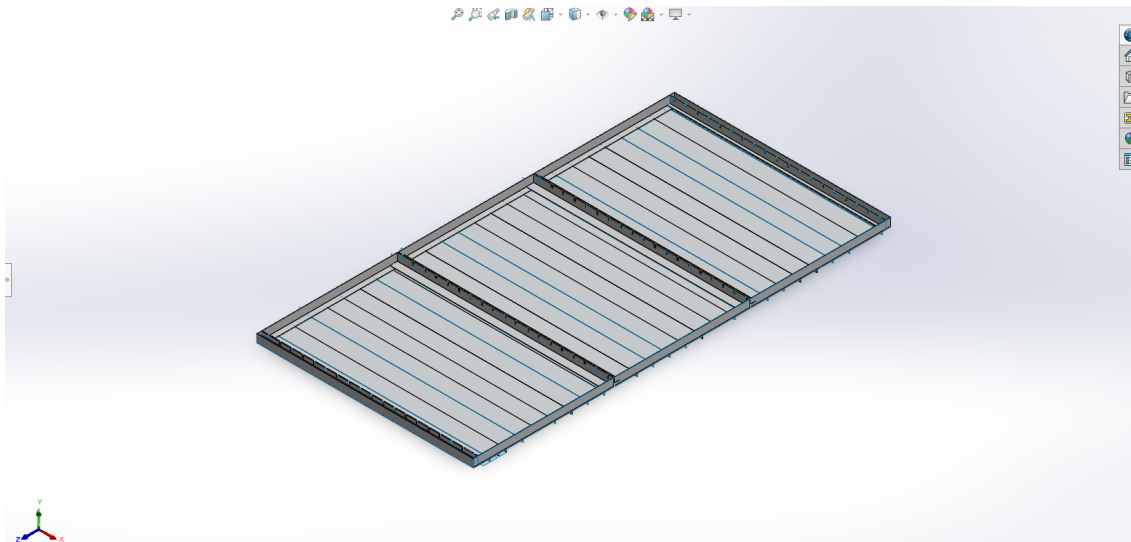


Figura 15. Mesa de trabajo (slats). Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

#### VI-D. Programación en Unreal Engine 5

El entorno inmersivo se implementó en *Unreal Engine 5* empleando *Meta XR Tools* y *Meta XR Simulator*. Se siguió una metodología de diseño iterativo con tres subsistemas: (i) **subsistema mecánico** (modelado 3D de la cortadora láser y del laboratorio), (ii) **subsistema de control** (simulación de HMI, enclavamientos, E-Stop) y (iii) **subsistema de trayectorias y evaluación** (G-code didáctico, generación de rutas y registro de métricas). Cada módulo se desarrolló de forma independiente y luego se integró mediante *Blueprints/C++* y una máquina de estados, como se ilustra en la Figura 16.

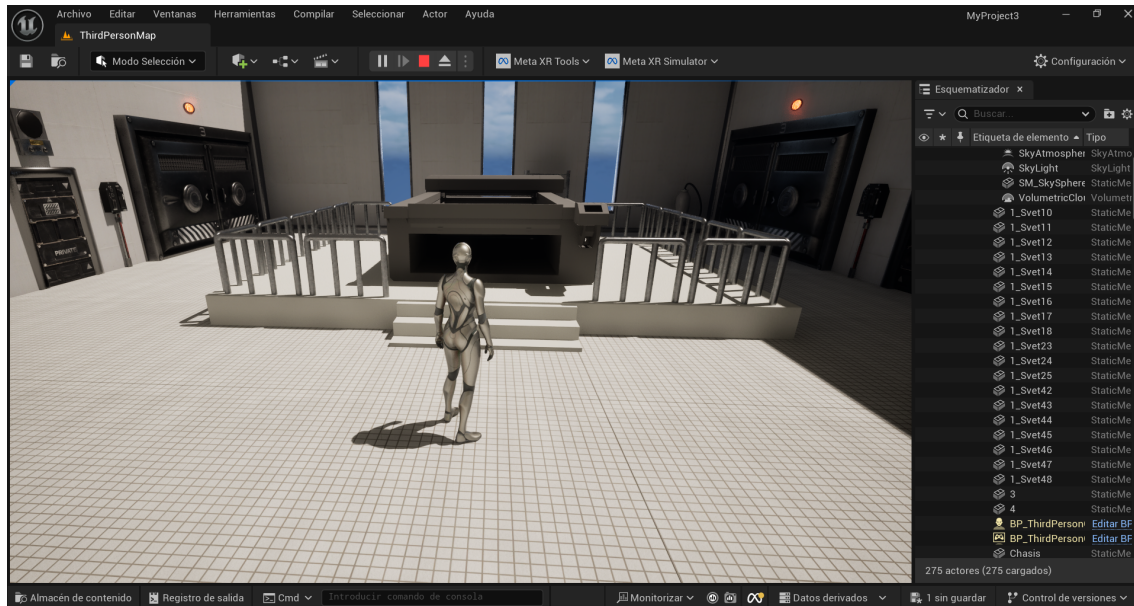


Figura 16. Escena del laboratorio con la cortadora láser en Unreal Engine 5 (Meta XR Tools y Meta XR Simulator). Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

La programación del simulador se implementó en Unreal Engine 5 mediante una arquitectura híbrida Blueprints/C++. Se definió un actor principal que orquesta componentes para la cinemática del láser (ejes X–Y y enfoque Z), E-Stop, el cabezal/órbita láser (habilitación de emisión) y el ejecutor de trayectorias (G-code didáctico y seguimiento sincronizado con el **gate** del láser). La operación se rige por una máquina de estados cuyas transiciones se disparan por sensores virtuales y acciones del usuario desde la HMI (UMG/Meta XR). Antes de iniciar el corte, el Blueprint principal valida interbloqueos; durante la ejecución, pausa ante eventos de seguridad y registra tiempos, errores y eventos para la evaluación posterior. En la Figura 17 se muestra el esquema del Blueprint principal y su interacción con la HMI y los componentes.

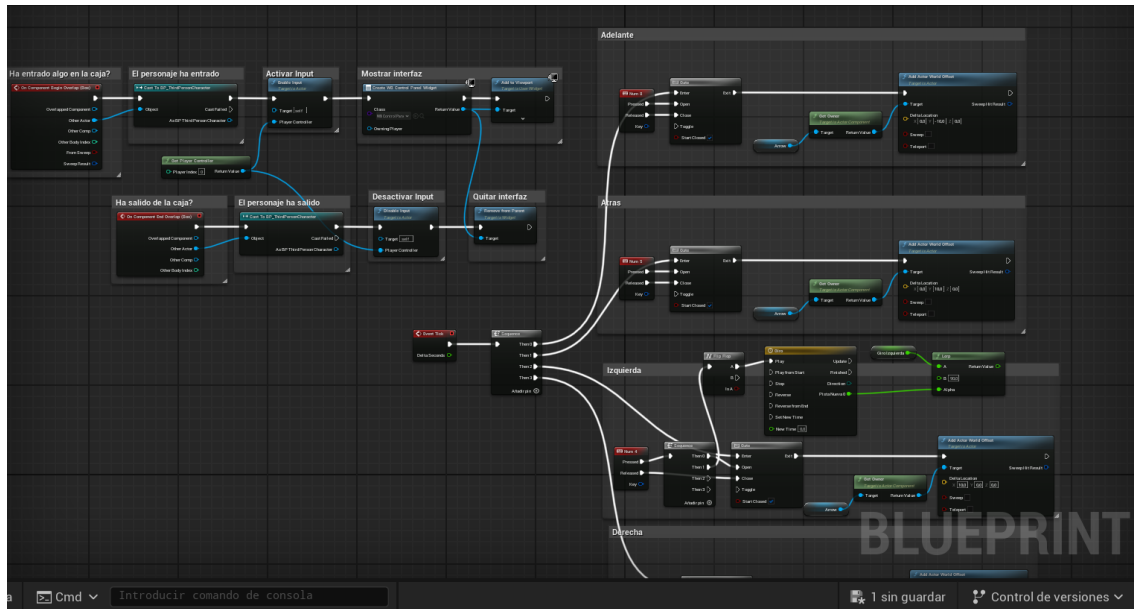


Figura 17. Blueprints/C++. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

#### VI-E. Modelado 3D del taller y aplicación de normas de seguridad

Con el fin de garantizar una recreación precisa y segura del entorno del taller destinado a la cortadora láser, como se presenta en la figura 18, se aplicaron normas vigentes de seguridad industrial, destacándose la NTE INEN-ISO 45001, referente a los Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, la cual establece los requisitos y directrices para su correcta implementación, de acuerdo con la norma ISO 45001:2018 (IDT).

Esta normativa define los requisitos necesarios para la implementación de un sistema de gestión enfocado en la prevención de accidentes laborales y en la mejora continua de las condiciones de trabajo, así como en la regulación de la señalización de seguridad dentro de los entornos laborales.



Figura 18. Salida de emergencia. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

#### VI-F. *Diseño e implementación del entorno 3D*

El desarrollo del entorno tridimensional se realizará mediante la incorporación de los distintos componentes de la cortadora láser en formato .FBX dentro del motor gráfico Unreal Engine 5, los cuales serán organizados en un espacio virtual diseñado para reproducir con precisión las características del taller real. Como se aprecia en la figura 19, durante este proceso se trabajarán diversos aspectos técnicos: desde cómo se distribuye la luz en la escena y cómo se generan las sombras, hasta la aplicación de texturas sobre las superficies y el diseño del ambiente en general. Todo esto apunta a hacer que el entorno se vea más realista y que el usuario sienta mayor inmersión gracias al motor gráfico.

Luego se incorporarán los elementos que permitirán al estudiante orientarse dentro de la simulación, incluyendo menús gráficos amigables, ventanas con información contextual y controles que faciliten la navegación y comprensión del entorno virtual y la maquinaria. También se agregarán animaciones que representen de manera clara los pasos operativos de la cortadora láser, lo cual contribuirá a que los usuarios entiendan correctamente cómo opera el equipo.

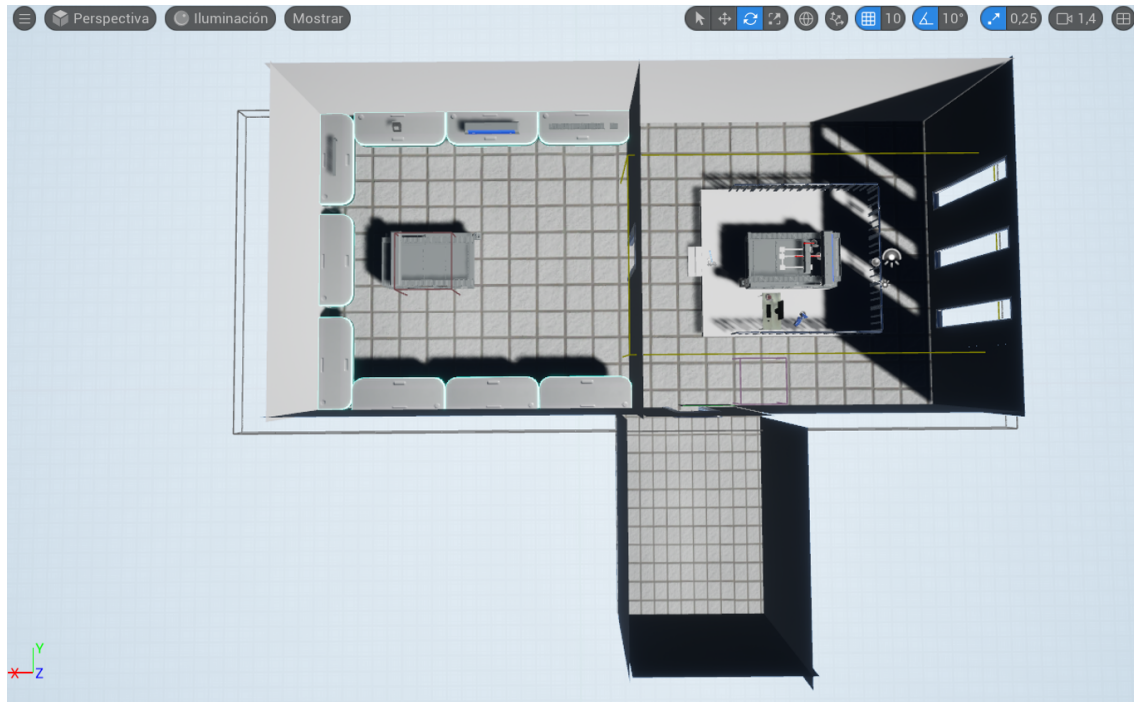


Figura 19. Entorno de taller en 3D. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

El resultado será un entorno de entrenamiento virtual que brinde una experiencia envolvente, de fácil acceso y entendimiento, con propósitos formativos claros: ayudar a los estudiantes a entender cómo funciona una cortadora láser y simultáneamente reforzar las prácticas seguras de operación en un ambiente donde pueden equivocarse sin consecuencias reales.

#### VI-G. Simulación de un entorno virtual inmersivo

Para crear el espacio virtual, como se expresó anteriormente, utilizará Unreal Engine 5, herramienta seleccionada porque acepta archivos CAD y se conecta fácilmente con dispositivos de realidad virtual, facilitando así simular con exactitud todos los componentes de la cortadora láser. El entorno virtual recrea con detalle un hipotético laboratorio de mecatrónica real: aparece la cortadora en una ubicación espaciosa, están presentes las señales de seguridad del espacio físico, se simula la iluminación característica, se incluyen los elementos de protección requeridos y existe un área para estudiar los diferentes elementos de la cortadora láser. Los estudiantes podrán moverse libremente por el entorno usando los controles de las gafas VR, apoyados en mensajes de orientación y confirmaciones visuales que responden al instante. Se incorporarán también animaciones que expliquen cómo funciona la cortadora, mostrando el movimiento del láser y la dinámica operativa de la máquina de forma clara.

#### VI-H. Simulación del ensamble de la cortadora láser en Unreal Engine 5

Como se aprecia en la figura 20, la ventana de trabajo de Unreal Engine 5 permite observar el progreso en la elaboración de la simulación que reproduce el ensamblaje de la cortadora láser. En esta vista se observa el esquemizador de la escena, donde se listan los distintos actores que conforman el entorno virtual, tales como la cortadora láser, elementos del escenario, sistemas de navegación, cámaras y componentes de iluminación. Esta

organización jerárquica permite gestionar y controlar cada elemento de la simulación, facilitando la integración de la cortadora láser dentro del entorno virtual y asegurando un correcto funcionamiento de la escena durante la ejecución de las prácticas.

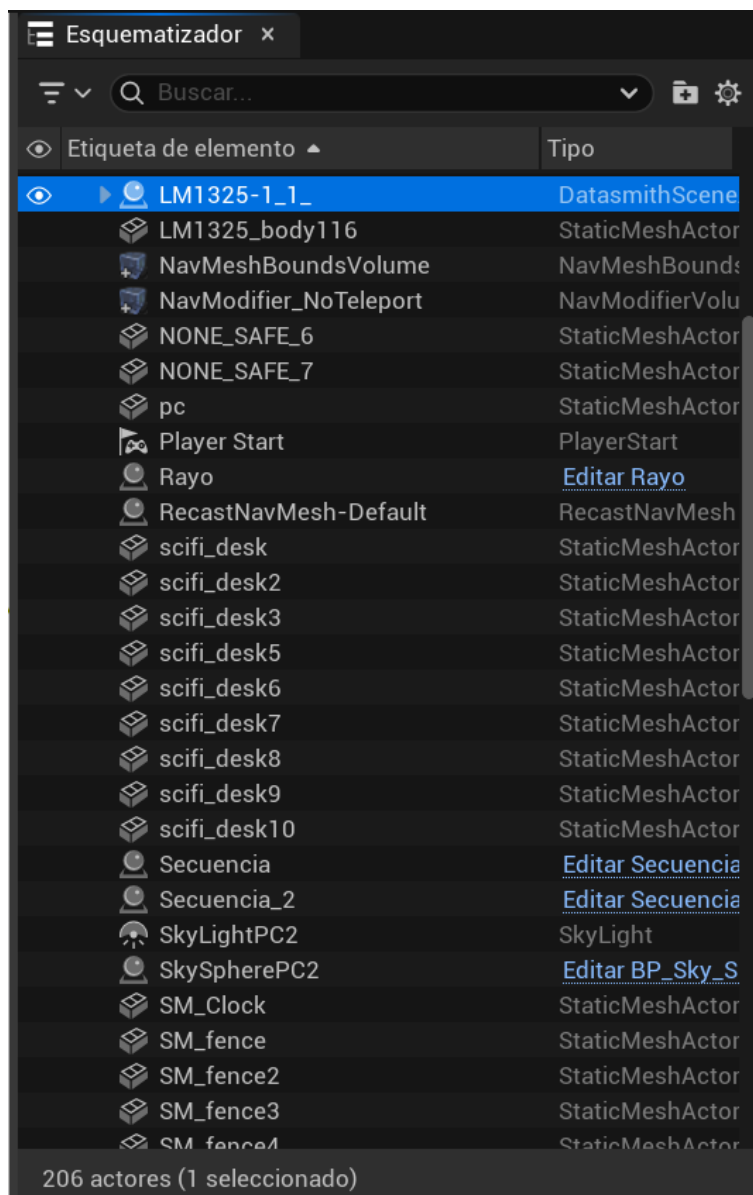


Figura 20. Interfaz Unreal Engine. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

Se detalla el ensamble de la cortadora láser en la figura 21, donde el modelo ha sido descompuesto en múltiples componentes individuales. Cada una de estas partes corresponde a elementos estructurales y funcionales del equipo, organizados dentro del esquematizador. Esta disposición permite una mejor gestión del modelo 3D, así como la interacción independiente con sus componentes durante la simulación, lo que resulta fundamental para las prácticas de reconocimiento y comprensión del funcionamiento general de la cortadora láser en el entorno de realidad virtual.

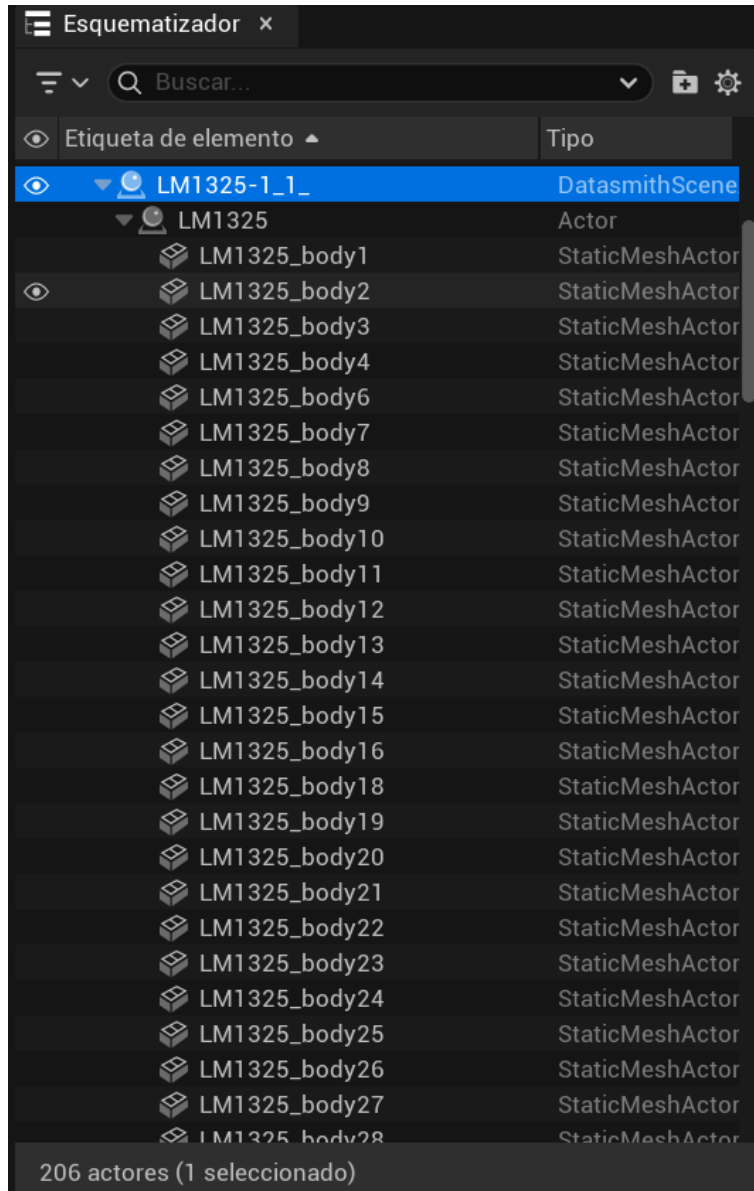


Figura 21. Ensamblaje de cortadora láser. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

#### VI-I. Configuración de componentes y esquemizador

Se presenta en la figura 22 el esquemizador de Unreal Engine utilizado para la configuración de los componentes que conforman el entorno del simulador inmersivo. En esta vista se observan los elementos que integran la escena virtual, incluyendo el modelo de la cortadora láser HITEC HJT1325, y los elementos necesarios para la interacción del usuario, como el punto de inicio (Player Start) y los actores de control. Esta estructura permitió una correcta integración y gestión de los subsistemas del simulador.

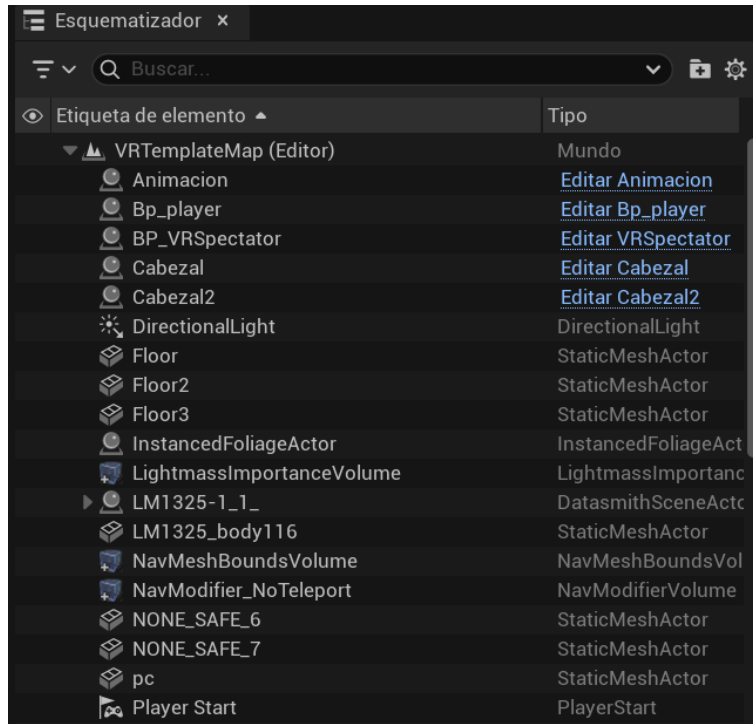


Figura 22. Ensamblaje de cortadora láser. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

#### VI-J. Colisionadores y Ajuste Espacial

Configurar correctamente los colisionadores y el espacio es importante para que el simulador tenga interacciones físicas reales y mantenga la precisión estructural en Unreal Engine 5. En la figura 23, en el apartado de Colisión, se aplicó el preset BlockAll, lo cual convierte los componentes de la cortadora láser en objetos sólidos que no pueden ser atravesados por las manos virtuales ni por herramientas del usuario. Además, en los ajustes de importación se activaron las funciones Generate Missing Collision y One Convex Hull Per UCX, asegurando así que cada parte del ensamblaje tenga un volumen de colisión apropiado que refleja fielmente la geometría de la HITEC HJT1325 real. Finalmente, la opción Transform Vertex to Absolute permite un ajuste espacial riguroso al posicionar los vértices respecto al origen del mundo virtual, asegurando que todos los subsistemas integrados mantengan su alineación funcional durante la secuencia operativa de capacitación.

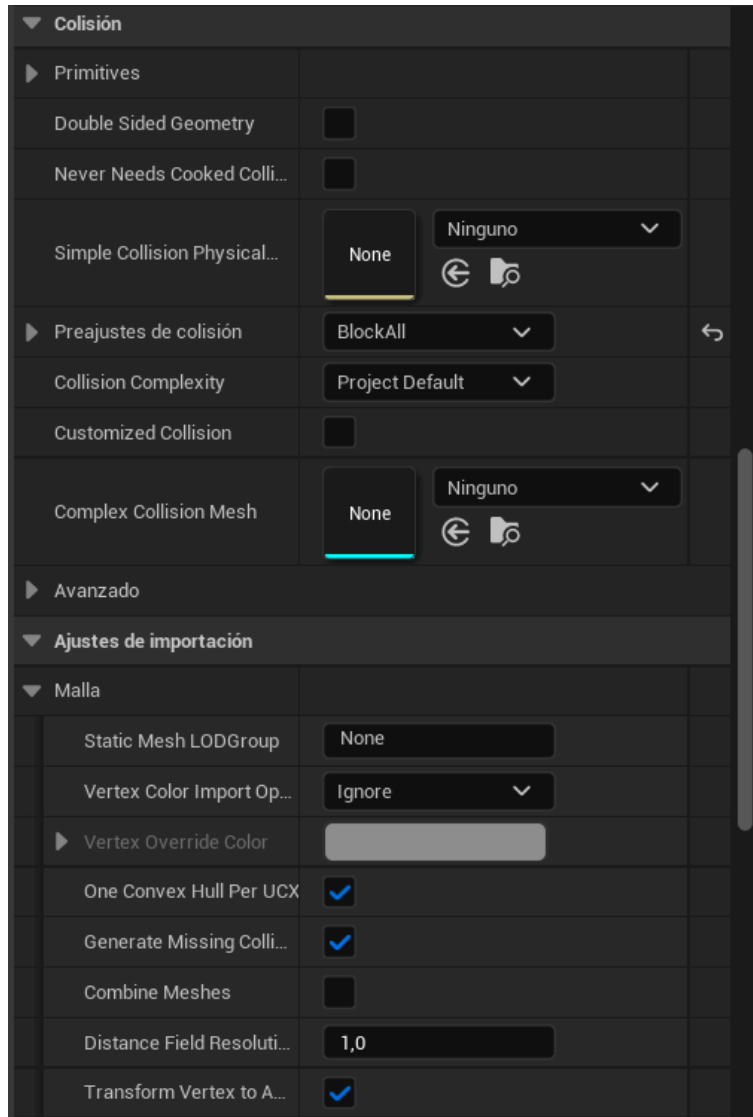


Figura 23. Ensamblaje de cortadora láser. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

#### VI-K. Escena y modo de juego

En esta etapa, el modelo tridimensional de la cortadora HITEC HJT1325 ha sido integrado en un espacio de trabajo diseñado para la capacitación, donde se observa en la figura 24 la disposición de la maquinaria, una mesa de control auxiliar y las barreras de seguridad perimetrales. En el panel lateral derecho (**Secuenciador** o Outliner), se evidencia la jerarquía de actores que componen el simulador, destacando elementos críticos como el **Cabezal**, el **Rayo** y los sistemas de colisión, los cuales han sido programados de forma independiente para permitir una interacción funcional.

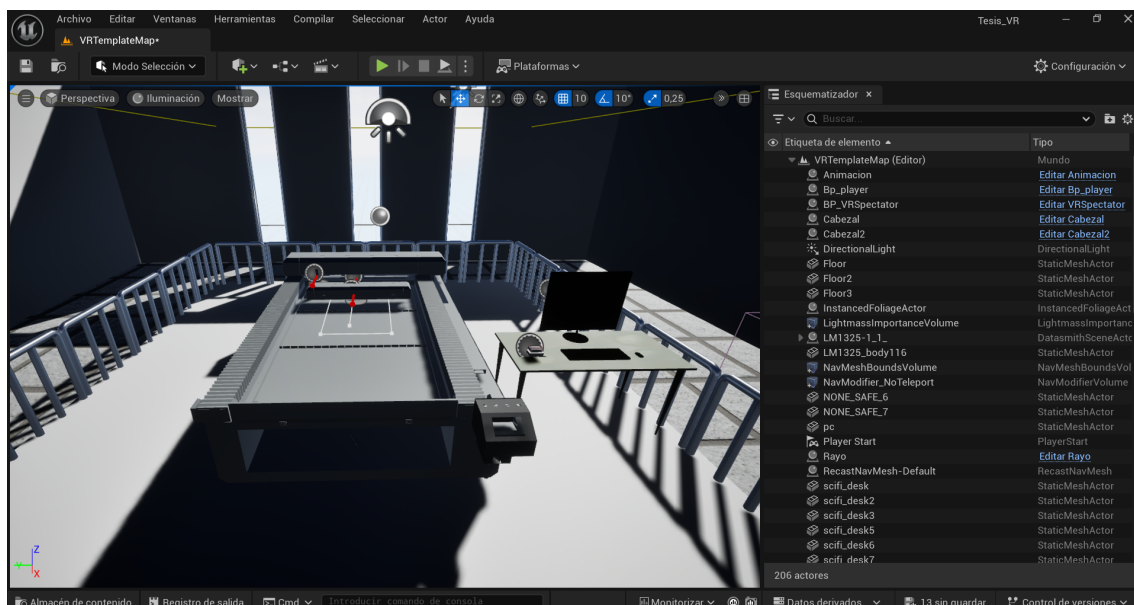


Figura 24. Escena. Fuente: por K. Cruz y O. Bolaños.

#### VI-L. Programación blueprints

El desarrollo del simulador requirió la implementación de múltiples blueprints especializados para gestionar diferentes aspectos de la interacción y funcionalidad del sistema. Cada blueprint cumple un rol específico en la arquitectura del simulador, desde el control del jugador hasta la gestión de componentes mecánicos de la cortadora láser.

La siguiente figura 25 muestra el Event Graph del blueprint **Bp-player**, que gestiona las interacciones del usuario en el entorno virtual. El nodo **On Component Begin Overlap** detecta cuando el usuario colisiona con elementos interactivos como botones o controles de la máquina. El nodo **On Component Begin Overlap Cast To Bp-player** verifica que el objeto sea el jugador, filtrando interacciones no deseadas. La secuencia continúa con **Move Component To**, que desplaza componentes a posiciones específicas simulando el movimiento de palancas o interruptores. Las conexiones amarillas transmiten información de ubicación relativa, mientras que **Button-Trigger** gestiona la activación y desactivación de los controles.

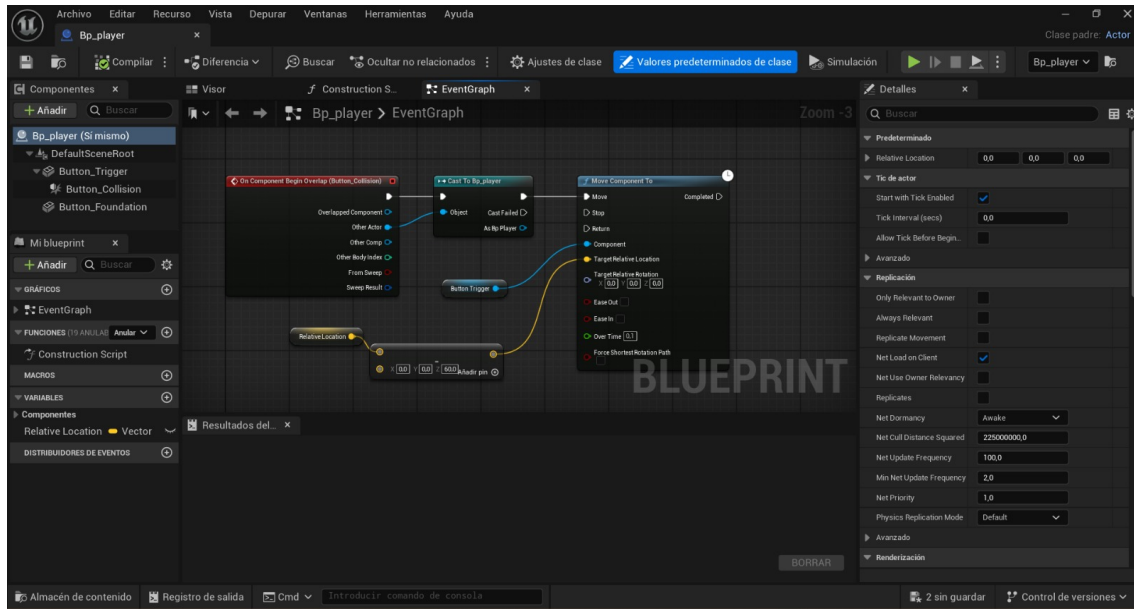


Figura 25. Interfaz Unreal Engine. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

La figura 26 muestra el Event Graph del blueprint **Cabezal**, que controla el comportamiento del cabezal láser de la cortadora HITEC HJT1325. El nodo Event BeginPlay inicia la secuencia cuando el objeto se instancia en la escena, seguido por múltiples nodos que gestionan las coordenadas de movimiento en los ejes X, Y y Z para el control preciso durante el corte. Las conexiones blancas representan la secuencia de ejecución lógica, mientras que las líneas verdes y naranjas transfieren datos de posición, velocidad y estados del sistema. El panel lateral derecho muestra las propiedades configurables del actor, incluyendo parámetros de replicación, frecuencia de actualización y física, esenciales para un comportamiento realista. Esta programación visual mediante blueprints permite implementar la interactividad sin código tradicional, facilitando ajustes iterativos durante el desarrollo.

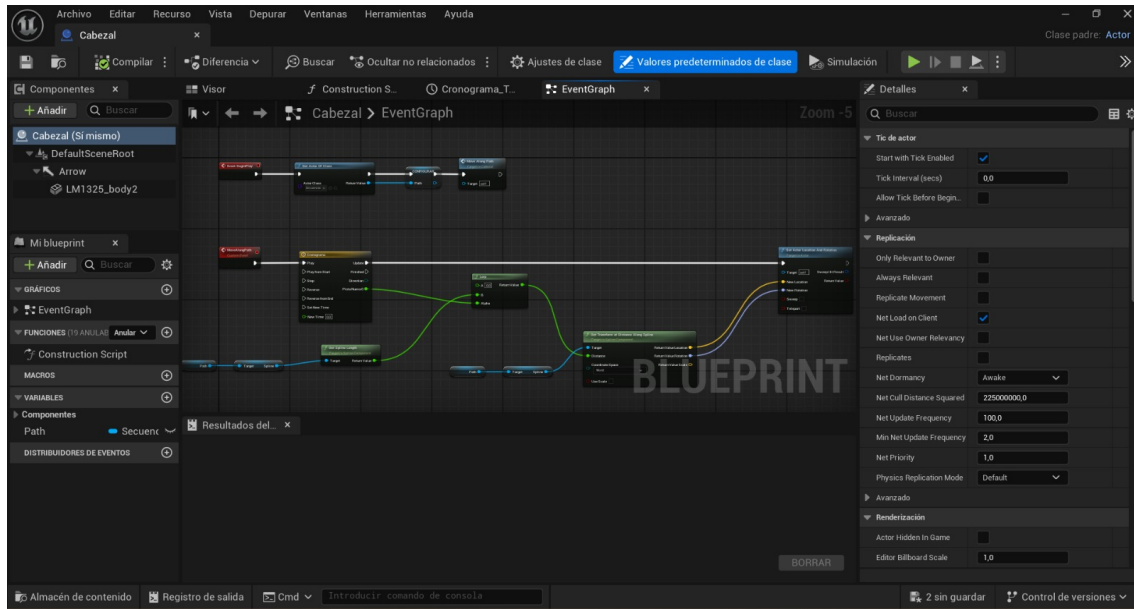


Figura 26. Interfaz Unreal Engine. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

El Event Graph del blueprint **Cabezal2** de la figura 27 muestra la lógica de control del cabezal láser con múltiples secuencias de eventos. El grafo inicia con el nodo **Aim Of Class** para la identificación de objetos en la escena, seguido por nodos de control de movimiento del cabezal. Se observa un nodo **Timeline** de color amarillo que controla animaciones temporales mediante curvas de interpolación, permitiendo movimientos suaves con aceleración y desaceleración progresivas. Este timeline se conecta mediante líneas verdes a parámetros de progreso, dirección y velocidad. En la parte inferior se identifica un nodo **Sphere** conectado a un sistema de detección espacial para verificar colisiones o delimitar el área de trabajo segura. A la derecha se encuentra un nodo complejo con funciones de transformación que incluyen parámetros como **New Location**, **New Rotation** y **Sweep**, esenciales para posicionar con precisión el cabezal durante la simulación del proceso de corte.

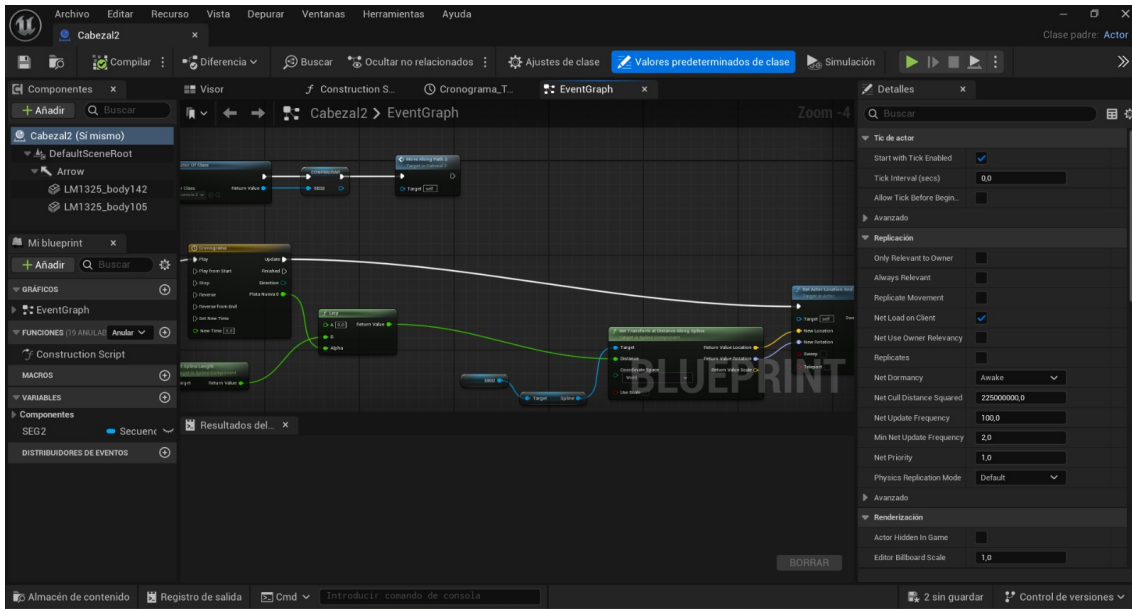


Figura 27. Interfaz Unreal Engine. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

La función **LineTraceForBridgeLenght** del blueprint **Rayo**, figura 28, se utiliza para detección de colisiones en el simulador. El nodo **Line Trace By Object** ejecuta el raycasting para detectar objetos en la trayectoria del rayo láser. Las conexiones naranjas representan el flujo de ejecución, mientras que las verdes transportan datos vectoriales de posición y dirección. En la parte central, el nodo Switch verifica múltiples condiciones y determina la ruta del flujo según lo que ha detectado. Hacia la derecha están los nodos que procesan la información del trazado: calculan la distancia recorrida, identifican dónde impacta el láser y determinan la dirección perpendicular de la superficie, información crucial para representar fielmente cómo reacciona el material ante el haz láser.

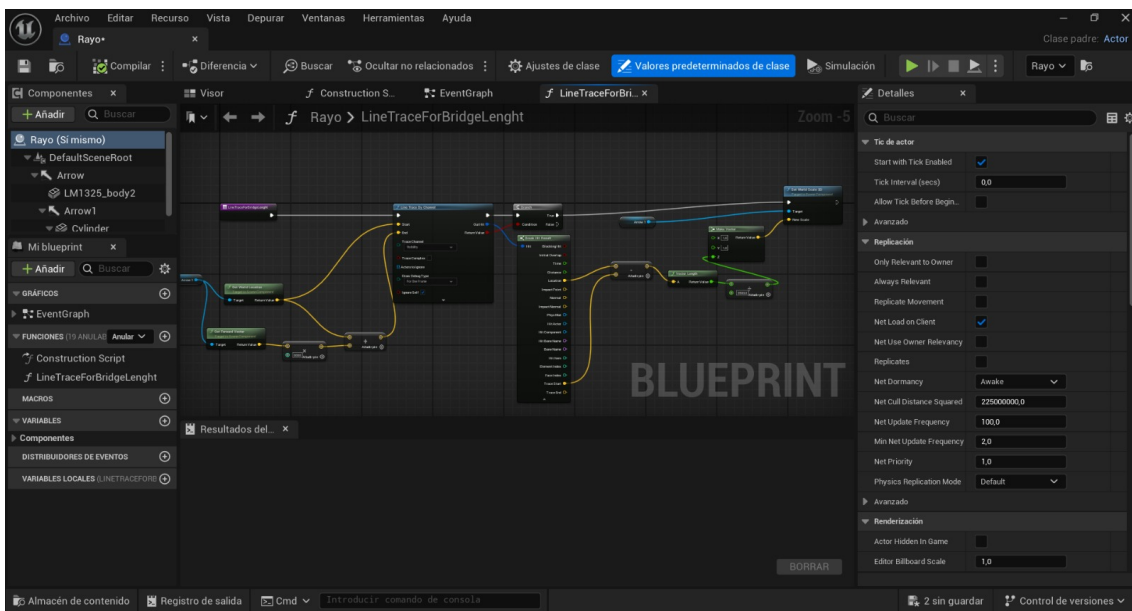


Figura 28. Interfaz Unreal Engine. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

#### *VI-M. Vinculación con las gafas Meta Quest 3S*

Esta etapa consiste en juntar todos los elementos del entorno virtual y hacerlos funcionar mediante las gafas Meta Quest 3S. Primero se armará el escenario completo, colocando los modelos 3D de la cortadora láser con sus respectivas animaciones. Después se programarán todas las interacciones y eventos, cuidando que cada acción sea funcional y sencilla de realizar. Antes de probar en realidad virtual, se harán verificaciones usando la pantalla del computador para comprobar cómo responde el sistema. Una vez validado esto, se exportará el proyecto para que funcione con las gafas de RV. Por último, se planificarán pruebas con 20 estudiantes donde se presentará una encuesta con preguntas y una evaluación del proyecto por ellos mismos. Esta información ayudará a optimizar detalles como el del espacio virtual, qué tan rápido se puede navegar y la calidad visual, asegurando que aprender con este simulador sea efectivo.

#### *VI-N. Evaluación técnica y educativa del entorno*

La evaluación del ambiente virtual se hará usando pruebas, empezando por revisiones internas para asegurar que todos los componentes operen como deben en Unreal Engine 5 y que la simulación de la cortadora láser trabaje correctamente.

Se espera que los resultados nos den un efecto positivo en cómo aprenden los estudiantes, lo cual se vería en que entienden mejor cómo funciona la cortadora láser, sienten menos nerviosismo al practicar y muestran más interés por aprender usando simuladores. Los profesores podrán reconocer que este ambiente virtual sirve como buen complemento de las prácticas reales, y probablemente lo recomienden sobre todo al inicio de los cursos, cuando los estudiantes necesitan conocer el equipo y aprender a manejarlo con seguridad. Esto garantiza que el simulador no solo cumpla los requisitos técnicos necesarios, sino que realmente ayude a enseñar, permitiendo que los estudiantes aprendan a operar la cortadora láser.

#### *VI-Ñ. Diagrama de flujo*

En la siguiente figura 29 se presenta el diagrama de flujo, que es una representación gráfica del proceso que se llevará a cabo.

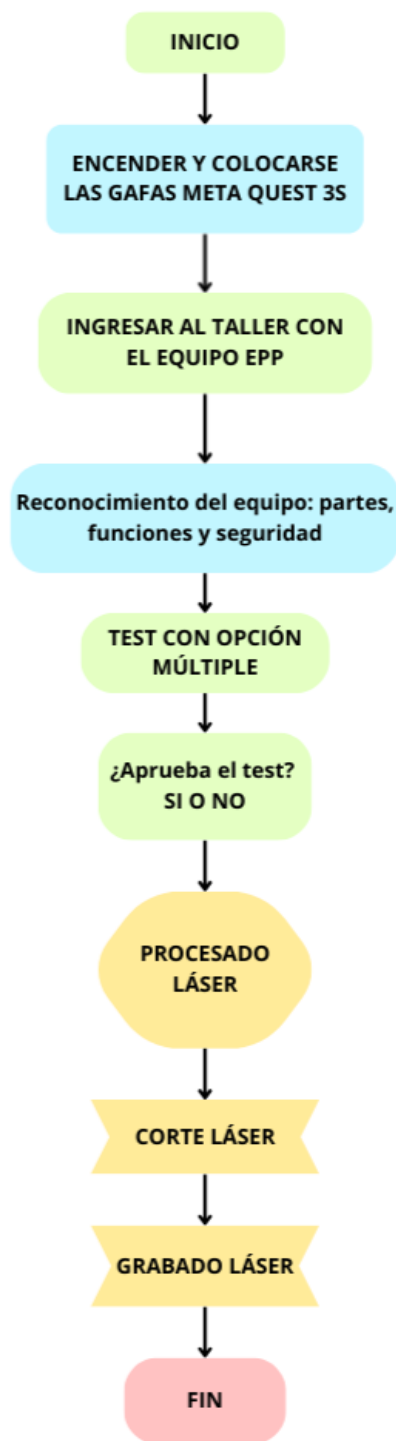



Figura 29. Diagrama de flujo. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

VI-O. Formato de guía de práctica de laboratorio / Talleres / Centros de simulación

Para un correcto procedimiento, antes de iniciar una práctica de cualquier tipo, ya sea presencial o virtual, se debe realizar una guía detallada. La presente guía de las figuras 30 y 31 describe un centro de simulación en realidad virtual para el entrenamiento en el uso de una cortadora láser HITEC HJT1325, desarrollado en Unreal Engine 5, ejecutado mediante visores Meta Quest 3S, permitiendo a los estudiantes adquirir conocimientos de forma segura e interactiva, sin riesgos asociados a la máquina real.

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2026/02/09
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		



		<b>FORMATO DE GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO / TALLERES / CENTROS DE SIMULACIÓN – PARA DOCENTES</b>	
<b>CARRERA:</b> Mecatrónica		<b>ASIGNATURA:</b> Integración curricular	
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	1	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Simulación en Realidad Virtual de la Operación de una Cortadora Láser HITEC HJT1325	
<b>OBJETIVO:</b>			
<p><b>OBJETIVO GENERAL.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Aplicar el uso de la realidad virtual como herramienta de aprendizaje para el reconocimiento, operación y simulación de los procesos de corte y grabado de una cortadora láser HITEC HJT1325, garantizando la comprensión del funcionamiento del equipo y el uso seguro del mismo.</li> </ul> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Identificar las partes y componentes principales de la cortadora láser HITEC HJT1325.</li> <li>● Comprender el funcionamiento general del equipo láser.</li> <li>● Simular correctamente el proceso de corte láser en un entorno virtual.</li> <li>● Simular correctamente el proceso de grabado láser diferenciándolo del proceso de corte.</li> <li>● Aplicar buenas prácticas de seguridad durante la operación del equipo, aun en entornos simulados.</li> </ul> <p><b>MATERIALES Y EQUIPOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cascos de realidad virtual Meta Quest 3S.</li> <li>● Simulación desarrollada en Unreal Engine 5.</li> <li>● Modelo virtual de la cortadora láser HITEC HJT1325.</li> <li>● Controladores de realidad virtual.</li> <li>● Laptop.</li> <li>● Equipo de protección industrial.</li> </ul>			
<b>INSTRUCCIONES:</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Práctica 1 – Reconocimiento del equipo <ul style="list-style-type: none"> <li>● Breve introducción teórica sobre el uso de máquinas de corte láser, Explicación del entorno virtual y del uso de los visores de realidad virtual.</li> </ul> </li> <li>2. Práctica 2 – Proceso de corte <ul style="list-style-type: none"> <li>● Explicación del proceso de corte láser, tipos de materiales y parámetros básicos.</li> <li>● Demostración virtual del ajuste de parámetros de corte y ejecución del proceso.</li> </ul> </li> <li>3. Práctica 2 – Proceso de Grabado <ul style="list-style-type: none"> <li>● Explicación del proceso de grabado láser y sus diferencias con el corte.</li> <li>● Demostración virtual del ajuste de parámetros de grabado y ejecución del proceso.</li> </ul> </li> </ol>	
Resolución CS N° 076-04-2016-04-20			

Figura 30. Formato guía práctica. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2026/02/09
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR
1. Ingresar al entorno de realidad virtual, identificar visualmente las partes de la cortadora láser HITEC HJT1325, interactuar con los componentes para conocer su función, responder un test de opción múltiple al finalizar la práctica.
2. Seleccionar el material virtual a cortar, configurar los parámetros básicos de corte (potencia, velocidad), ejecutar el proceso de corte láser en la simulación, verificar el resultado del corte.
3. Seleccionar el material y diseño a grabar, configurar los parámetros de grabado, ejecutar el proceso de grabado láser, analizar el resultado final del grabado.
<b>RESULTADO(S) OBTENIDO(S):</b>  Mejora en la comprensión de parámetros y seguridad del proceso láser sin riesgos reales. Comprensión del funcionamiento general del equipo con la simulación exitosa de corte y grabado láser.
<b>CONCLUSIONES:</b>  El uso de la realidad virtual permite a los estudiantes adquirir conocimientos prácticos sobre el manejo de una cortadora láser de forma segura, interactiva y eficiente. A través de las simulaciones de reconocimiento, corte y grabado, los estudiantes fortalecen su comprensión de los procesos industriales y el correcto uso del equipo.
<b>RECOMENDACIONES:</b>  Realizar la práctica siguiendo el orden establecido tomando en cuenta las normas de seguridad indicadas en la simulación.  Repetir las simulaciones para reforzar el aprendizaje.  Utilizar la práctica virtual como preparación previa al uso del equipo real.

**Docente:**   Oscar Bolaños y Kevin de la Cruz  

**Firma:** \_\_\_\_\_

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

Figura 31. Formato guía práctica. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

*VI-P. Práctica guiada N.º 1: Reconocimiento del centro de corte láser en entorno virtual con evaluación del conocimiento mediante test de opción múltiple*

Durante esta primera práctica, los estudiantes exploraron la cortadora láser HITEC HJT1325 mediante una experiencia en realidad virtual. La idea principal era que reconocieran las partes esenciales del equipo, comprendieran

su función, todo esto sin necesidad de manipular la máquina real. Un entorno virtual donde los componentes de la cortadora estaban dispuestos de forma ordenada y con etiquetas identificativas, permitiendo que los estudiantes los examinaran detalladamente. Mediante la interacción en realidad virtual, el estudiante puede examinar cada componente desde diferentes perspectivas, ya que esto es lo que genera la experiencia en realidad virtual, lo que favorece una comprensión más clara del funcionamiento general del equipo y refuerza el proceso de aprendizaje de manera segura.

#### *VI-Q. Práctica guiada N.º 2: Proceso de corte láser, proceso CORTE*

En la segunda práctica, los estudiantes simularon el proceso de corte láser con la cortadora HITEC HJT1325 dentro del ambiente virtual. Pudieron observar el equipo seleccionando el proceso mediante una computadora para ejecutar el corte. La simulación se desarrolló claramente de manera controlada y sin peligros. Esta experiencia ayudó a que comprendieran cómo trabaja la cortadora durante el corte y su aplicación práctica en contextos industriales, preparándolos para luego utilizar la maquinaria real en el laboratorio bajo supervisión.

#### *VI-R. Práctica guiada N.º 3: Proceso de corte láser, proceso GRABADO*

Durante la tercera práctica se simuló el grabado láser, también con la cortadora HITEC HJT1325 en el entorno virtual. Los estudiantes practicaron grabando sobre un material previamente definido, siguiendo los parámetros de operación que proporcionaba la simulación. La experiencia permitió observar cómo el láser actúa sobre la superficie del material para generar marcas y diseños sin atravesarlo completamente, diferenciándolo claramente del previo proceso que fue el corte láser. Esta práctica facilitó la comprensión del funcionamiento del grabado láser, además de entender que su principal diferencia con el corte láser es la potencia del mismo, reforzando el aprendizaje de manera segura e interactiva.

## VII. RESULTADOS

Se realizó una prueba piloto con 20 alumnos de diversas carreras universitarias pertenecientes a la Universidad Politécnica Salesiana, como se evidencia en la figura 32, esto para comprobar el correcto funcionamiento del entorno virtual; los estudiantes participaron en la simulación y al final llenaron un cuestionario de evaluación.



Figura 32. Estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana.

### VII-A. Resultados de la encuesta

*VII-A1. Carreras de los participantes:* La primera fue clara y directa para empezar la práctica. Se obtuvo la carrera que cursa cada estudiante para que la simulación no dependiera de una formación previa, como se muestra en la imagen, evitando que el desempeño estuviera condicionado por conocimientos específicos en el área.

### ¿Qué carrera está cursando actualmente en la universidad?

Copia

20 respuestas

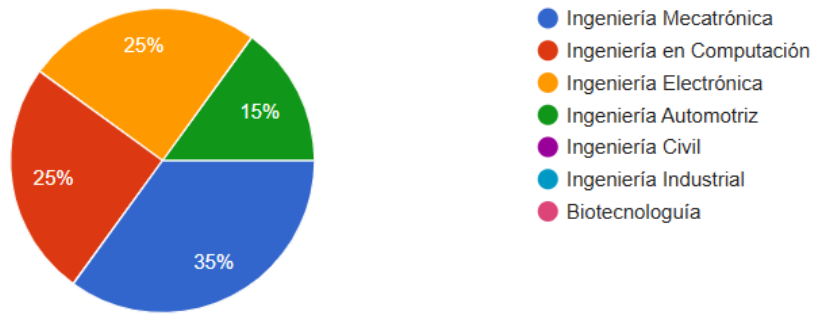


Figura 33. Carreras participantes.

Se evidenció la participación de los 20 estudiantes provenientes de distintas carreras de ingeniería, como se muestra en la figura 33, tales como Mecatrónica, Computación, Electrónica, Industrial, entre otras. Esta diversidad académica permitió constatar que el desempeño dentro del entorno de simulación no estuvo condicionado por una formación específica ni por conocimientos previos en el manejo de cortadoras láser o en el uso de tecnologías de realidad virtual. Se logra apreciar que las carreras de mecatrónica, computación y electrónica predominan en la participación de la práctica.

VII-A2. Preguntas de la encuesta: Con el objetivo de evaluar la comprensión de los estudiantes luego de realizar las prácticas en el entorno de realidad virtual, se aplicó una encuesta con preguntas y opinión personal con una calificación al finalizar las actividades.

### ¿Cuál es la función principal de la cortadora láser HITEC HJT1325?

Copiar gráfico

20 respuestas

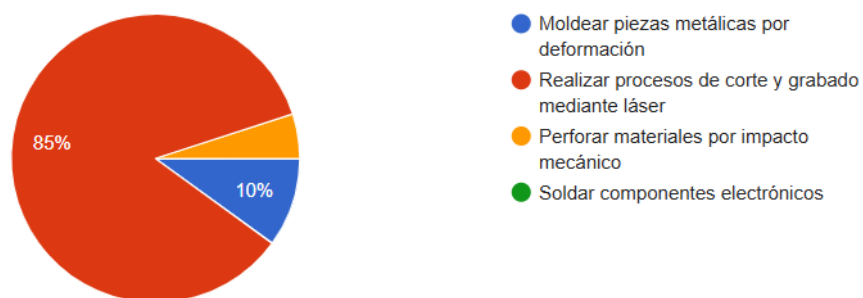


Figura 34. Pregunta 1.

En la pregunta referente a la función principal de la cortadora láser HITEC HJT1325, como consta en la figura 34, el 85 por ciento de los participantes identificó correctamente que el equipo se utiliza para llevar a cabo procesos

de corte y grabado mediante láser, lo que refleja una adecuada asimilación de los conceptos trabajados durante la simulación. Por otro lado, un 10 por ciento seleccionó una opción relacionada con el moldeo por deformación y un 5 por ciento eligió alternativas no vinculadas con el funcionamiento real del equipo. En conjunto, estos resultados indican que la mayoría de los estudiantes comprendió correctamente el propósito y uso de la cortadora láser, validando la efectividad del entorno virtual como herramienta de apoyo al aprendizaje.

¿Cuál de los siguientes componentes es responsable de dirigir el haz láser hacia el material?

 Copiar

20 respuestas

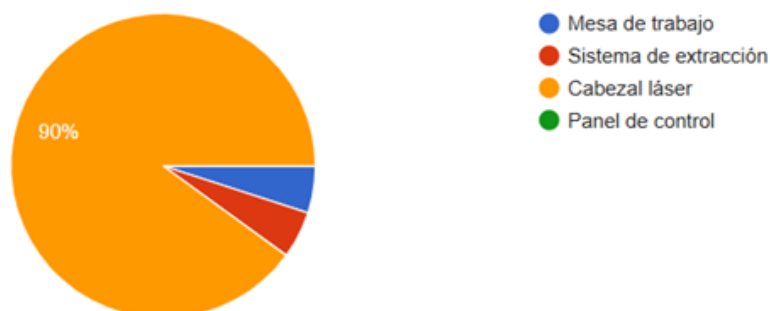


Figura 35. Pregunta 2.

Sobre los componentes de la cortadora láser, se preguntó cuál de ellos es responsable de dirigir el haz láser hacia el material. Los resultados de la figura 35 indicaron que la gran mayoría de los participantes, el 90 por ciento, identificó correctamente al cabezal láser como el componente encargado de esta función. Un 5 por ciento seleccionó el sistema de extracción, lo que refleja cierta confusión respecto a su función, que es la de remover humos y partículas generadas durante el corte. Otro 5 por ciento eligió la mesa de trabajo, probablemente asociándola con la colocación y soporte del material, mientras que ningún participante consideró el panel de control, componente que, aunque esencial para la operación de la máquina, no dirige el haz. Estos resultados sugieren que los estudiantes poseen un entendimiento adecuado sobre la función principal del cabezal láser, aunque existe un pequeño grupo que requiere reforzar el conocimiento sobre la función específica de los demás componentes.

### ¿Qué parámetro influye directamente en la profundidad y calidad del corte?

[Copiar](#)

20 respuestas

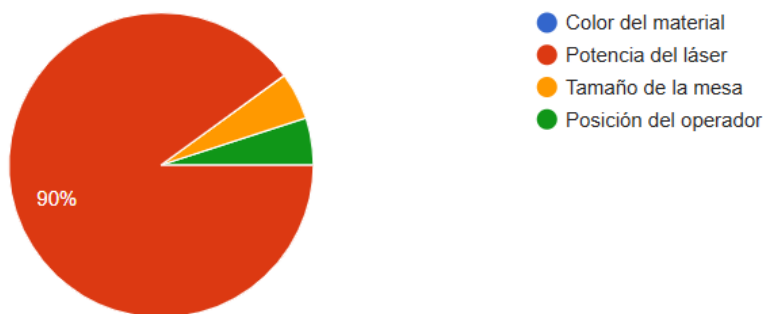


Figura 36. Pregunta 3.

En relación con la pregunta sobre el parámetro que influye directamente en la profundidad y calidad del corte láser, los resultados de la figura 36 demuestran que el 90 por ciento de los participantes identificó correctamente a la potencia del láser como el factor determinante en este proceso. Un 5 por ciento de los encuestados seleccionó el tamaño de la mesa y otro 5 por ciento asoció incorrectamente la calidad del corte con la posición del operador, mientras que ninguna respuesta señaló el color del material como un factor influyente. Se concluye que la gran mayoría de los estudiantes comprendió adecuadamente el principio básico del proceso de corte láser, lo que refleja una correcta asimilación de los contenidos abordados durante la práctica de simulación.

### ¿Qué sucede si la velocidad de corte es demasiado alta?

[Copiar gráfico](#)

20 respuestas

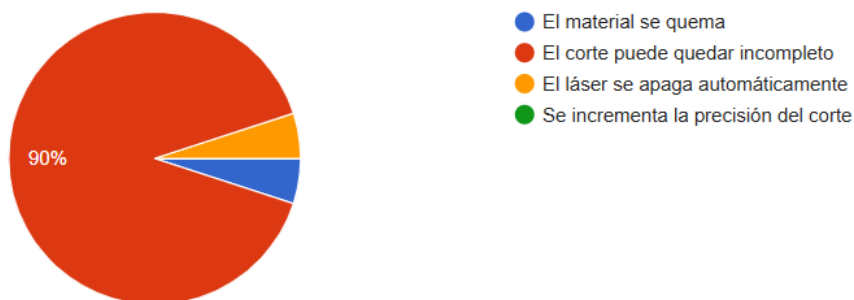


Figura 37. Pregunta 4.

Se muestra una tendencia clara hacia la identificación técnica de fallas por exceso de velocidad. El 90 por ciento de los estudiantes señaló que una velocidad de corte demasiado alta resulta en un corte incompleto, validando el principio físico de que el material requiere un tiempo de exposición mínimo al haz para lograr la penetración total. Por otro lado, un margen reducido del 5 por ciento atribuyó el error al quemado del material y otro 5 por ciento a una interrupción automática del sistema. Estos datos estadísticos de la figura 37 fundamentan la necesidad de

programar en el simulador un rango de operación óptimo, ya que la gran mayoría de los usuarios reconoce que el incumplimiento de la relación velocidad-potencia compromete directamente la integridad del proceso de corte láser.

¿Cuál es la principal diferencia entre el proceso de corte y el de grabado láser?

 Copiar gráfico

20 respuestas

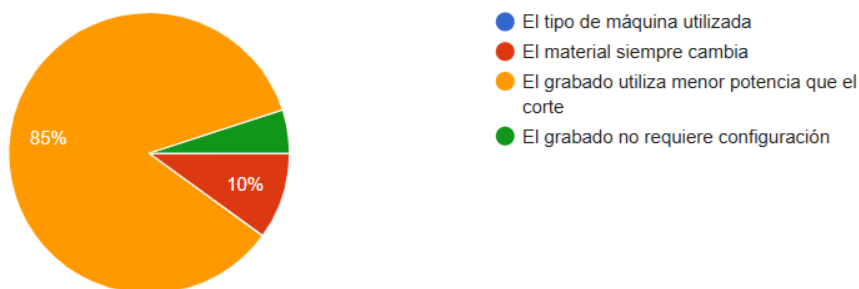


Figura 38. Pregunta 5.

Respecto a la distinción entre los procesos de corte y grabado con la pregunta de la figura 38, el 85 por ciento de los estudiantes encuestados identificó correctamente que la principal diferencia radica en que el grabado utiliza una potencia menor. Este alto porcentaje de acierto es fundamental para la validación del software, ya que asegura que los usuarios comprenden la lógica. Por su parte, un 10 por ciento de la muestra asoció la diferencia al tipo de material y un 5 por ciento consideró que el grabado no requiere configuración previa. Estos resultados demuestran que el entorno virtual comunica de manera efectiva la física del proceso, permitiendo que el estudiante identifique visualmente por qué el grabado solo afecta la superficie mientras que el corte atraviesa el material.

¿Qué parámetro suele ser menor en el proceso de grabado?

 Copiar gráfico

20 respuestas

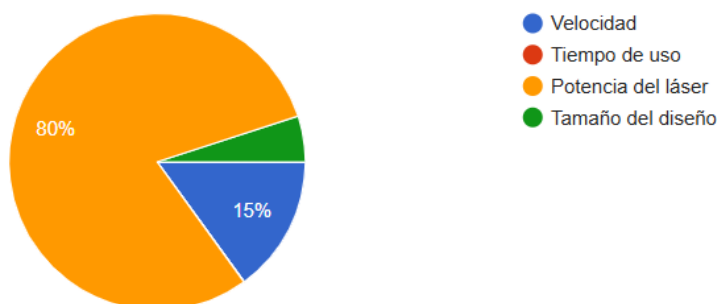


Figura 39. Pregunta 6.

En cuanto a la identificación de variables específicas de la figura 39 para el proceso de grabado, los datos muestran que un 80 por ciento de los usuarios comprende que la potencia del láser es el factor que suele reducirse

para evitar el traspaso del material. Por otro lado, un 15 por ciento de la muestra se inclinó por la velocidad como el parámetro menor, mientras que un 5 por ciento restante señaló el tamaño del diseño. Dado que el simulador opera con valores preestablecidos para garantizar resultados óptimos, estas respuestas confirman que la mayoría de los estudiantes posee la base teórica necesaria para interpretar el funcionamiento del sistema.

VII-A3. *Evaluación final de los estudiantes respecto a la simulación de la cortadura láser.*: Finalmente, la valoración del entorno virtual por parte de los 20 estudiantes arrojó resultados altamente positivos.

¿Cómo calificarías la experiencia general brindada al usuario en el entorno virtual (navegación, interacción con la cortadora láser, etc.)?

 Copiar gráfico

20 respuestas

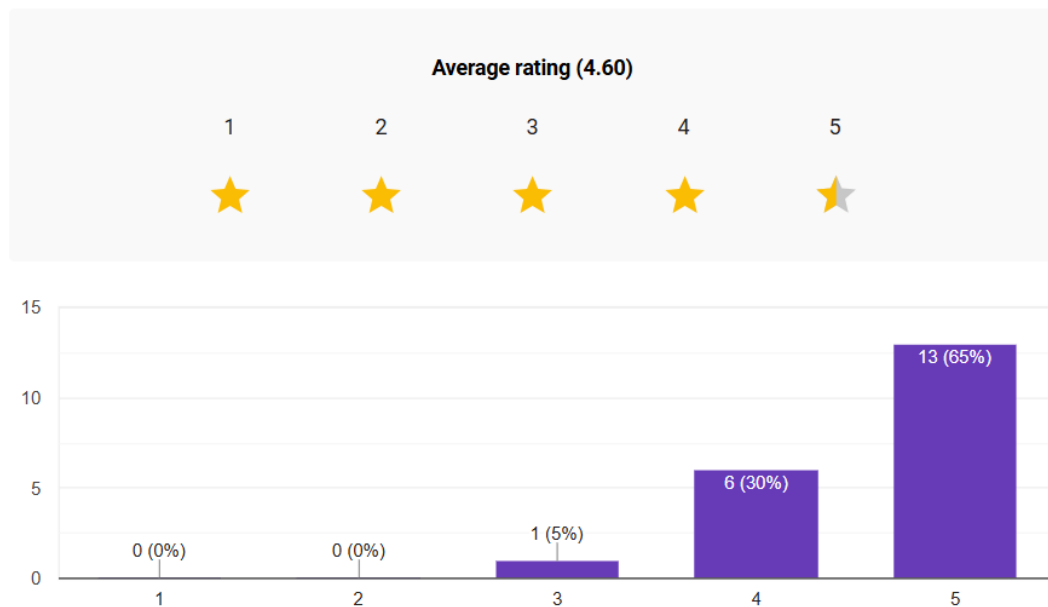


Figura 40. Evaluación 1.

Además, en la figura 40, muestra una calificación promedio de 4.60 sobre 5. La distribución de las respuestas muestra que el 65 por ciento de los usuarios otorgó la máxima puntuación (5 estrellas) y un 30 por ciento calificó la experiencia con 4 estrellas, lo que suma un 95 por ciento de aprobación satisfactoria respecto a la navegación e interacción con la cortadora láser. Solo un 5 por ciento de los estudiantes se mantuvo en una posición neutral. Estos niveles de aceptación evidencian que el simulador no solo es funcional desde el punto de vista técnico, sino que también ofrece una experiencia de usuario intuitiva y fluida, facilitando el proceso de aprendizaje práctico en un entorno digital seguro.

¿Qué tan útil consideras haber podido interactuar con la cortadora láser de manera virtual, en lugar de estar físicamente presente?

 Copiar gráfico

20 respuestas

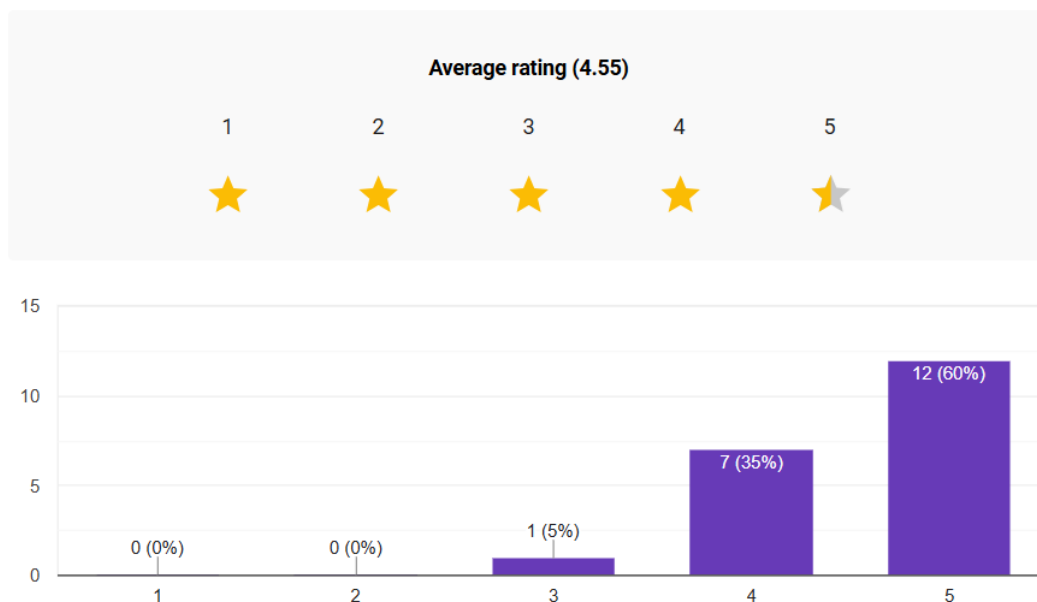


Figura 41. Evaluación 2.

Al consultar a los estudiantes sobre qué tan útil les resultó trabajar con la cortadora de manera virtual en comparación con una práctica física, los resultados fueron contundentes y respaldan la viabilidad del proyecto. En la figura 41 se observa una calificación promedio de 4.55 sobre 5; queda claro que la gran mayoría percibe un valor real en el entorno digital. Específicamente, el 60 por ciento de los encuestados calificó la utilidad con la puntuación máxima, mientras que un 35 por ciento optó por 4 estrellas, lo que significa que el 95 por ciento de la muestra valida la simulación como una herramienta efectiva de aprendizaje. Solo un 5 por ciento mostró una postura neutral con 3 estrellas, y es notable que ningún estudiante consideró la experiencia como poco útil o innecesaria. Estos números son fundamentales para la tesis, ya que demuestran que el simulador no es visto solo como un reemplazo temporal, sino como un recurso didáctico potente que logra transmitir las competencias necesarias sin las limitaciones o riesgos de un taller físico.

La simulación aumentó su interés por aprender sobre procesos de corte láser.

 Copiar gráfico

20 respuestas

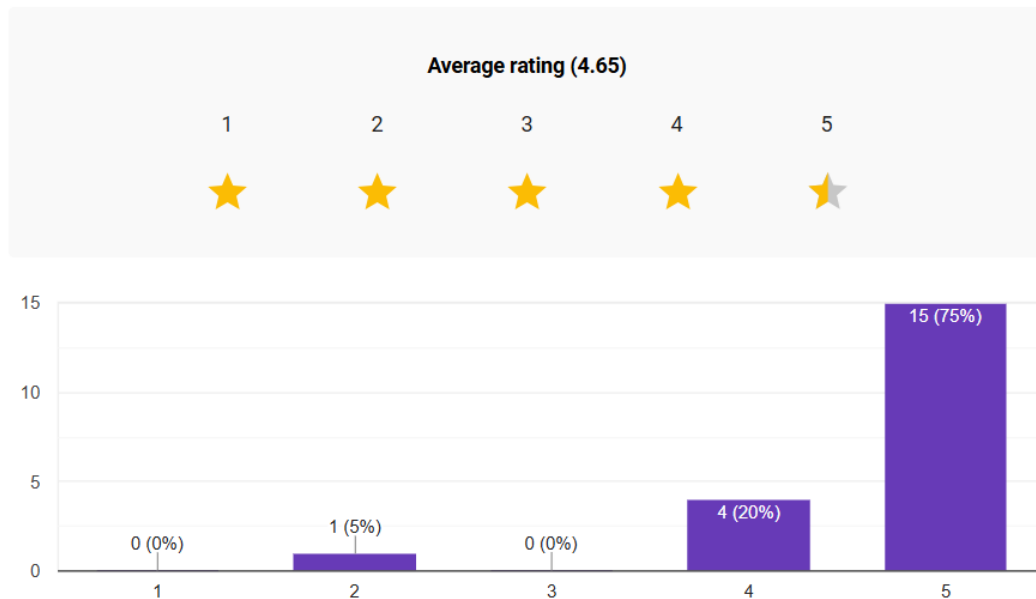


Figura 42. Evaluación 3.

Más allá de la utilidad técnica, nos interesaba saber si el simulador lograba motivar a los estudiantes, y los datos de la figura 42 son quizá los más entusiastas de toda la encuesta. Con una nota media de 4.65 sobre 5, el impacto en el interés académico es evidente.

Lo que salta a la vista es que el 75 por ciento de los alumnos marcó la puntuación máxima, confirmando que la experiencia virtual despertó en ellos un deseo real por profundizar en los procesos de corte láser. Si sumamos el 20 por ciento que calificó con 4 estrellas, tenemos a casi la totalidad del grupo (95 por ciento) con una actitud positiva y motivada tras usar la herramienta. Es curioso notar que solo un 5 por ciento (un solo estudiante) se situó en el nivel 2, lo que representa una excepción mínima en un mar de respuestas favorables.

¿Recomendarías esta práctica en realidad virtual a otras personas que están aprendiendo sobre máquinas de corte láser?

 Copiar gráfico

20 respuestas

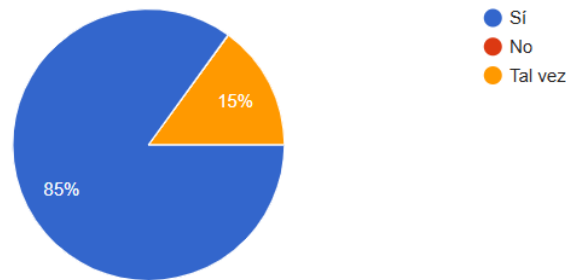


Figura 43. Evaluación 4.

Para cerrar la encuesta y la validación del proyecto, se les preguntó a los estudiantes si recomendarían esta práctica de realidad virtual a otras personas que estén aprendiendo sobre el manejo de cortadoras láser, tal como se muestra en la figura 43. Los resultados refuerzan la aceptación del simulador, ya que el 85 por ciento de los encuestados respondió con un **Sí** rotundo. Por otro lado, un 15 por ciento se mostró algo más cauteloso al elegir la opción **Tal vez**, mientras que es muy destacable que nadie optó por el **No**.

Este alto índice de recomendación es un indicador clave del éxito de la herramienta. No solo nos dice que el software funciona, sino que los propios alumnos lo consideran lo suficientemente valioso como para sugerirlo a sus pares. Para la tesis, esto significa que la experiencia de usuario es positiva y que el simulador tiene el potencial de convertirse en un estándar de apoyo pedagógico para quienes no tienen acceso inmediato a una máquina física.



IX. PRESUPUESTO

Nombre del elemento	Descripción	Cantidad	Valor total
Software Unreal Engine V5.5	Programa de diseño y simulación VR utilizado para construir el entorno inmersivo del taller de la cortadora laser. Licencia educativa.	1	0\$
Gafas Meta Quest 3S (256 GB)	Gafas autónomas de realidad virtual, con opción de conexión a PC, usadas para visualizar el entorno inmersivo.	1	600 \$
Laptop (alto rendimiento)	Laptop apta para RV (GPU dedicada, 16 GB RAM y SSD) para ejecutar Unreal Engine y vincularse con Meta Quest.	2	2000 \$
Baterías externas para Meta Quest 3S	Baterías/cargadores que prolongan la autonomía del visor en sesiones largas. 4	2	60 \$
Cinta de sujeción ergonómicas	Arnés o cinchas regulables que mejoran la comodidad del visor durante usos prolongados..	1	30\$
Cable Link (USB-C)	Cable para conectar Meta Quest a la laptop y habilitar 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 \$
<b>SUBTOTAL</b>			<b>2760\$</b>
Horas de trabajo		350 horas	400\$
<b>TOTAL (COSTOS LOGÍSTICOS)</b>			<b>3160\$</b>

## X. CONCLUSIONES

Se logró el diseño y desarrollo de una estación de trabajo virtual de alta fidelidad mediante el motor gráfico Unreal Engine 5 y el uso de gafas Meta Quest 3S, permitiendo la simulación inmersiva de la cortadora láser HITEC HJT1325. A través de este entorno, se demostró que es posible adquirir competencias técnicas críticas sin la necesidad inmediata de operar la maquinaria real, cuya adquisición y mantenimiento suponen una barrera logística y económica considerable para el aprendizaje práctico.

La efectividad del diseño se validó mediante la respuesta de los 20 estudiantes, donde un 95 por ciento confirmó la utilidad de la interacción virtual frente a la presencial y un 85 por ciento recomendaría esta práctica como un estándar formativo. Asimismo, la simulación probó ser una herramienta eficaz para la transferencia de conocimiento especializado, reflejado en el hecho de que el 85 por ciento de los estudiantes logró diferenciar correctamente los procesos de corte y grabado basándose en la potencia, mientras que el 90 por ciento identificó con precisión los efectos de una velocidad de corte excesiva.

Finalmente, como la realidad virtual es una herramienta novedosa, despertó el gran interés entre los estudiantes (4.65/5) confirma el valor de esta herramienta como recurso para enseñar. Si bien practicar con la cortadora HITEC HJT1325 física sigue siendo lo ideal para completar la capacitación, el simulador virtual ofrece una preparación técnica sólida, elimina los peligros de la operación real y permite que los estudiantes aprendan incluso cuando no tienen acceso al equipo físico.

## XI. RECOMENDACIONES

Proteger al estudiante y asegurar que todo funcione bien requiere realizar la práctica en un lugar amplio y libre de obstáculos. Como las Meta Quest 3S tapan la visión del entorno real, conviene establecer un área segura sin objetos cercanos para evitar golpes accidentales contra muebles o paredes al interactuar con la cortadora HITEC HJT1325 y siempre estar observando al estudiante ya que puede ser la primera vez que utilizan unas gafas de realidad virtual. Además, para que la experiencia sea fluida sin retrasos, el hardware y el programa de Unreal Engine 5 deben estar bien coordinados. Si el firmware no está actualizado o la conexión falla, pueden aparecer errores al ajustar parámetros, afectando la calidad del aprendizaje.

También se sugiere añadir módulos de evaluación más exigentes para mejorar la transferencia de conocimientos técnicos. Si bien el 85 por ciento de los estudiantes ya distingue correctamente entre corte y grabado, incorporar preguntas sobre mantenimiento o cómo resolver problemas durante la operación los prepararía mejor antes de enfrentarse a la máquina real. Finalmente, se recomienda asegurar una iluminación uniforme en el espacio físico de trabajo; al igual que en los sistemas de visión artificial, la variabilidad lumínica puede provocar que los sensores de las gafas pierdan referencia, causando un procesamiento erróneo de los movimientos que podría empañar el alto índice de recomendación que actualmente posee la herramienta.

## REFERENCIAS

- [1] J. E. T. Litardo, C. A. R. Wong y E. F. G. Suárez, «La formación de los docentes para la enseñanza de la industria 4.0 en la educación superior,» *RECIAMUC*, vol. 7, n.º 2, págs. 180-194, 2023. DOI: 10.26820/reciamuc/7.(2).abril.2023.180-194.
- [2] K. E. E. Castro, D. E. A. Buenaño, R. N. S. Barrera y B. F. B. Guzhñay, «Laboratorios digitales y plataformas de acceso abierto: retos y propuestas para la democratización del aprendizaje,» *Eduotec Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, n.º 87, págs. 90-100, 2024. DOI: 10.21556/edutec.2024.87.3069.
- [3] R. B. Martín, D. B. García, G. G. Calvo y D. H. Alcalá, «Evaluación formativa con los estudiantes en prácticas, para reducir la brecha teoría-práctica en la formación inicial del profesorado,» *Educación Física Y Deporte*, vol. 39, n.º 1, 2020. DOI: 10.17533/udea.efyd.v39n1a02.
- [4] D. A. Díaz-Guio y F. Ferrero, «Educación basada en simulación: polemizando bases teóricas de la formación docente,» *Revista Latinoamericana De Simulación Clínica*, vol. 3, n.º 1, págs. 35-39, 2021. DOI: 10.35366/99867.
- [5] G. Bustos y M. Ancizar, «Desarrollo de competencias en prácticas pre-profesionales y la inserción laboral de egresados universitarios en Ecuador,» *Revista De Ciencias Sociales*, 2022. DOI: 10.31876/rcs.v28i.38833.
- [6] D. Orive, A. López, E. E. Estévez, A. Orive y M. Marcos, «Desarrollo de gemelos digitales para la simulación e integración de activos de fabricación en la industria 4.0,» en *XLII Jornadas de Automática, Computadores y Control*, Castelló, Spain: Servizo de Publicacións da UDC, 2021, págs. 709-716, ISBN: 978-84-9749-804-3. DOI: 10.17979/spudc.9788497498043.709.
- [7] B. M. M. Naranjo, J. V. B. Cobeña, F. J. R. Macas, D. C. R. Rodriguez y M. A. C. Loor, «Recursos Didácticos en Centros Educativos de Ecuador,» *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, n.º 6, págs. 5600-5618, 2024. DOI: 10.37811/cl\_rcm.v7i6.9105.
- [8] K. M. C. Aldaz, M. A. Q. Moreira y J. M. Z. Acosta, «Prácticas innovadoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje de estudiantes de bachillerato,» *UNESUM - Ciencias Revista Científica Multidisciplinaria*, vol. 8, n.º 3, págs. 79-91, 2024. DOI: 10.47230/unesum-ciencias.v8.n3.2024.79-91.
- [9] E. M. Patraca, L. V. Reyes, Y. A. R. Osorio, T. R. Reyes y F. V. Álvarez, «Optimizando la enseñanza de seguridad industrial: el rol crucial de los simuladores de realidad virtual,» *IPSUMTEC*, vol. 6, n.º 5, págs. 194-201, 2023. DOI: 10.61117/ipsumtec.v6i5.239.
- [10] H. J. R. Samwer, «Fire in The Nest: Laser Cutter Sparks Flame,» 2018. DOI: <https://phillipian.net/2018/11/02/fire-nest-laser-cutter-sparks-flame/>.
- [11] L. Y. V. Rodriguez y L. E. B. Suaza, «Formación profesional inmersa en la transformación digital con el fin de mejorar la calidad en la educación,» *Cultura Educación Y Sociedad*, vol. 12, n.º 1, págs. 37-46, 2020. DOI: 10.17981/culteducoc.12.1.2021.03.
- [12] L. M. D. L. G. Rodríguez y J. A. T. Moctezuma, «El impacto de la Industria 4.0 en Recursos Humanos,» *Revista Torreón Universitario*, vol. 12, n.º 33, págs. 85-91, 2023. DOI: 10.5377/rtu.v12i33.15893.
- [13] Á. G. Otárola, M. G. R. Valverde y M. E. Soto, «Cambio paradigmático como plataforma para las oportunidades tecnológicas en la educación superior: un caso real a partir del uso de un simulador de gestión de negocios como técnica de enseñanza a nivel país,» *Revista RETOS XXI*, vol. 4, n.º 1, 2020. DOI: 10.33412/retosxxi.v4.1.2785.
- [14] D. L. Gutiérrez, «La Exploración de Tecnología de Realidad Virtual para Mejorar la Educación y la Capacitación,» *Biníriame*, vol. 3, n.º 4, págs. 23-33, 2022. DOI: 10.20983/biniriame.2022.2.3.

- [15] R. Sousa-Ferreira, R. A. Campanari-Xavier y A. S. Rodrigues-Ancioto, «La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional,» *Revista Científica General José María Córdova*, vol. 19, n.º 33, págs. 223-241, 2021. DOI: 10.21830/19006586.728.
- [16] S. L. F. Fiallos, «Simulación clínica en la formación de profesionales de la salud: explorando beneficios y desafíos,» *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, vol. 5, n.º 2, págs. 116-129, 2024. DOI: 10.61368/r.s.d.h.v5i2.124.
- [17] M. J. Villón-Briones, V. A. E. Romero, L. D. B. González y D. A. R. Estrella, «Sumergiéndose en el metatarso educativo: Revolucionando la enseñanza con mundos virtuales de aprendizaje interactivas,» *MQRInvestigar*, vol. 8, n.º 2, págs. 958-976, 2024. DOI: 10.56048/mqr20225.8.2.2024.958-976.
- [18] V. M. Cuchillac, «Simuladores virtuales: análisis de experiencias de aprendizaje,» *Realidad Y Reflexión*, n.º 59, págs. 159-177, 2024. DOI: 10.5377/ryr.v1i59.18714.
- [19] L. F. Retamozo-Saavedra, J. C. C.-Aguilar y E. Mamani-Vilca, «Realidad Aumentada o Realidad Virtual En la Educación del Siglo XXI,» *Micaela Revista De Investigación - UNAMBA*, vol. 5, n.º 1, págs. 74-81, 2024. DOI: 10.57166/micaela.v5.n1.2024.142.
- [20] J. Solano, I. Hernández, N. Duarte y J. M. Rey, «DISEÑO, DESARROLLO e IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA IIOT PARA FORMACIÓN DE PROFESIONALES EN TECNOLOGÍAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL,» en *Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería ACOFI 2017*, 2021, págs. 1-11. DOI: 10.26507/ponencia.1940.
- [21] A. B. González, L. M. Molías, M. U. Rodríguez, L. Bazo-Hernández y M. J. Herrera, «Creación y validación de una guía de diseño de Simulaciones Virtuales Gamificadas,» *Revista Interuniversitaria De Investigación En Tecnología Educativa*, págs. 123-139, 2024. DOI: 10.6018/riite.607361.
- [22] B. P. López, «Un futuro abierto a nuevas oportunidades de aprendizaje: iniciativas de educación y formación ante los retos actuales de digitalización y sostenibilidad,» *Revista Senderos Pedagógicos*, vol. 13, n.º 13, 2022. DOI: 10.53995/rsp.v13i13.1181.
- [23] S. M. LaValle, *Virtual Reality*. Cambridge University Press, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781108182874>.
- [24] P. A. R. Marc Herz, «Understanding the diffusion of virtual reality glasses: The role of media, fashion and technology,» *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 138, págs. 228-242, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.09.008>.
- [25] A. Carnevale et al., «Virtual Reality for Shoulder Rehabilitation: Accuracy Evaluation of Oculus Quest 2,» *Sensors*, vol. 22, n.º 15, 2022, ISSN: 1424-8220. DOI: 10.3390/s22155511. dirección: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/15/5511>.
- [26] M. Rheiner, «Birdly an attempt to fly,» *Association for Computing Machinery*, n.º 3, pág. 1, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1145/2614066.2614101>.
- [27] FanManDan, «Birdly - Making the Dream of Flying a Virtual Reality,» *DesignSpark*, 2018. DOI: <https://www.rs-online.com/designspark/birdly-making-a-flying-virtual-reality-experience-truly-immersive>.
- [28] D. Jain et al., «Immersive Terrestrial Scuba Diving Using Virtual Reality,» en *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, ép. CHI EA '16, San Jose, California, USA: Association for Computing Machinery, 2016, 1563–1569, ISBN: 9781450340823. DOI: 10.1145/2851581.2892503. dirección: <https://doi.org/10.1145/2851581.2892503>.

- [29] A. Y. F. Christian P Fabrisa Joseph A. Rathnera y C. P. Sevigny, «Virtual Reality in Higher Education,» *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 2019. DOI: <https://doi.org/10.30722/IJISME.27.08.006>.
- [30] M. O. Mohammed A. M. AlGerafi Yueliang Zhou y T. T. Wijaya, «Unlocking the Potential: A Comprehensive Evaluation of Augmented Reality and Virtual Reality in Education,» *Electronics*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics12183953>.
- [31] W. D. H. W. Yi-Lin Xin Gui-Ping Ge e Y. Zhao, «Design of an Optical Physics Virtual Simulation System Based on Unreal Engine 5,» *Applied Sciences*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14030955>.
- [32] J. McMillen e Y. Yilmaz, «SegGen: An Unreal Engine 5 Pipeline for Generating Multimodal Semantic Segmentation Datasets,» *Sensors*, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/s25175569>.
- [33] S. Wang, Z. Mao, C. Zeng, H. Gong, S. Li y B. Chen, «A new method of virtual reality based on Unity3D,» en *2010 18th International Conference on Geoinformatics*, 2010, págs. 1-5. DOI: 10.1109/GEOINFORMATICS.2010.5567608.
- [34] X. Zhu, «Behavior tree design of intelligent behavior of non-player character (NPC) based on Unity3D,» *Journal of Intelligent Fuzzy Systems: Applications in Engineering and Technology*, vol. 37, n.º 5, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3233/JIFS-179190>.
- [35] S. K. E. C. S. M. Syed Uzair Mahmood Faine Crimbly, «Strategies for Rational Use of Personal Protective Equipment (PPE) Among Healthcare Providers During the COVID-19 Crisis,» *Cureus*, 2020. DOI: 10.7759/cureus.8248.
- [36] J. Jung, J. Kwon, S. Jung, M. Lee, V. Mariappan y J. Cha, «Real-time Intelligent Exit Path Indicator Using BLE Beacon Enabled Emergency Exit Sign Controller,» *International journal of advanced smart convergence*, vol. 6, págs. 82-88, mar. de 2017. DOI: 10.7236/IJASC.2017.6.1.82.
- [37] D. C. Zhigang Liu Andrew K. Kim, «A study of portable water mist fire extinguishers used for extinguishment of multiple fire types,» *Fire Safety Journal*, vol. 42, n.º 1, págs. 25-42, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2006.06.008>.
- [38] G. B. SURVEYORS, «FIRE SERVICES SIGNAGE REQUIREMENTS,» *Fire Extinguisher Signage: Australian Standards for Construction and Heavy Industries*, 2025. DOI: [https://grimbos.com.au/v1/wp-content/uploads/2018/08/Grimbos\\_-\\_Fire-Services-Signage-RequirementsGBSfinal2.pdf](https://grimbos.com.au/v1/wp-content/uploads/2018/08/Grimbos_-_Fire-Services-Signage-RequirementsGBSfinal2.pdf).
- [39] T. T. Tung, T. M. Tan y T. V. Minh, «A Laser Cutting Machine Prototype,» *Engineering, Technology amp; Applied Science Research*, vol. 14, n.º 1, 12944–12949, 2024. DOI: 10.48084/etasr.6733. dirección: <https://etasr.com/index.php/ETASR/article/view/6733>.
- [40] Y. He et al., «Laser Cutting Technologies and Corresponding Pollution Control Strategy,» *Processes*, vol. 10, n.º 4, 2022, ISSN: 2227-9717. DOI: 10.3390/pr10040732. dirección: <https://www.mdpi.com/2227-9717/10/4/732>.
- [41] G. Santolini, P. Rota, D. Gandolfi y P. Bosetti, «Cut Quality Estimation in Industrial Laser Cutting Machines: A Machine Learning Approach,» en *2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, 2019, págs. 389-397. DOI: 10.1109/CVPRW.2019.00052.
- [42] E. Staff, «Laser Cutting Services,» *Dec*, 2022. DOI: <https://ptlaser.com/top-reasons-to-use-laser-cutting-for-sheet-metal/>.

- [43] G. Daskalogrigorakis et al., «G-Code Machina: A Serious Game for G-code and CNC Machine Operation Training,» en *2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2021, págs. 1434-1442. DOI: 10.1109/EDUCON46332.2021.9453982.

ANEXO A  
PLANOS

Planos de las piezas acotadas:

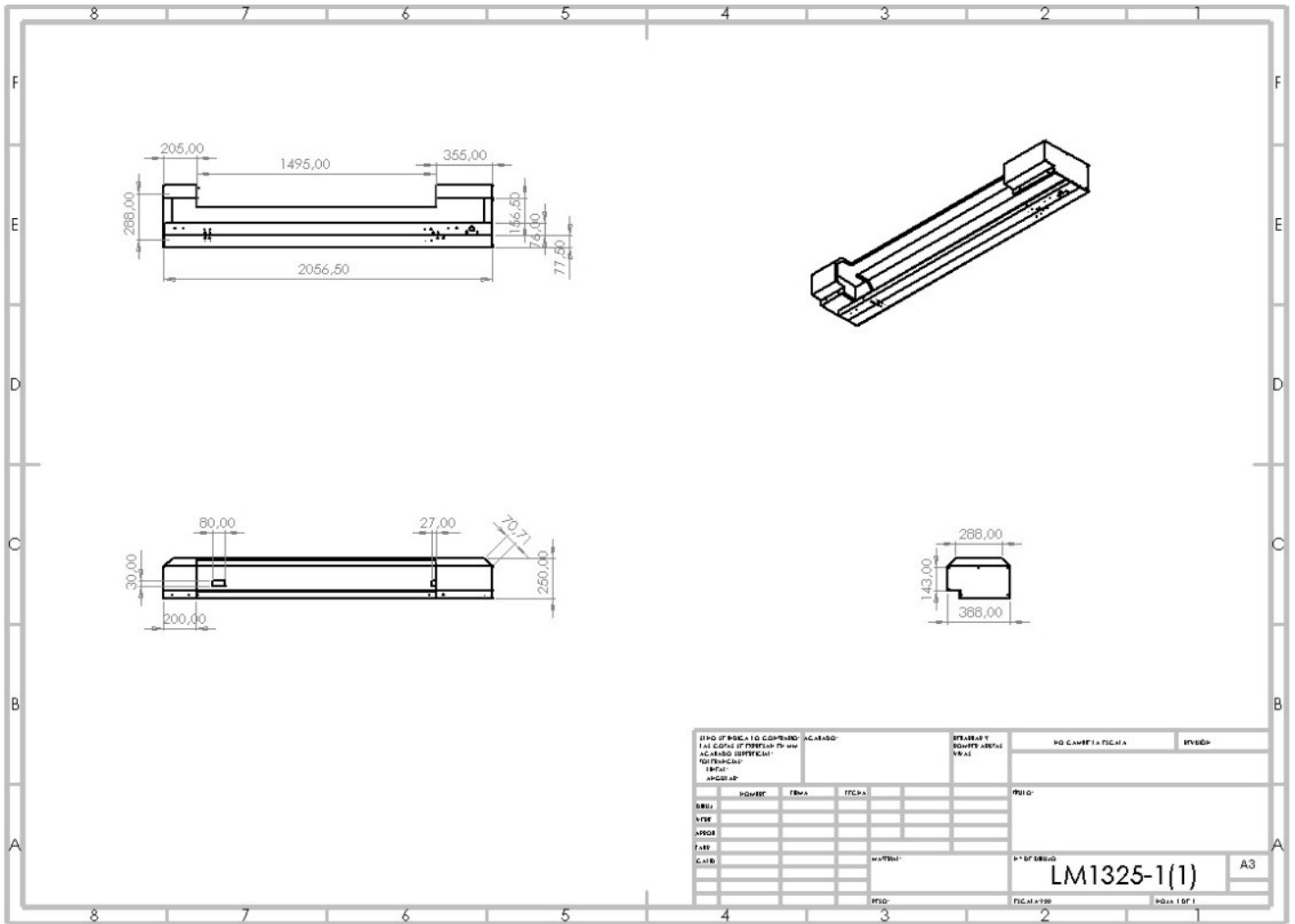


Figura 44. Cabezal de corte y óptica. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.



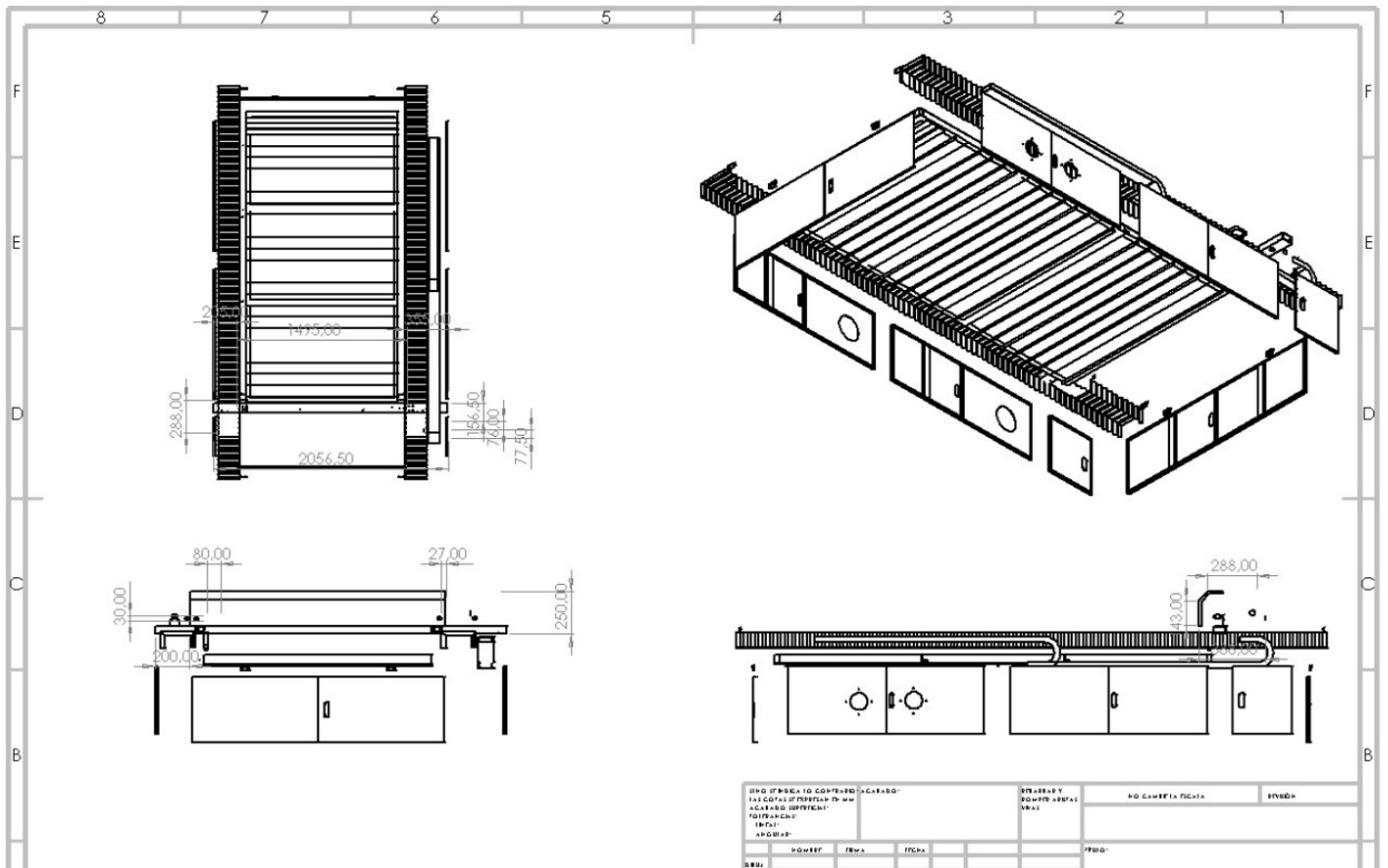


Figura 46. Cortadora láser HITEC HJT1325. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.

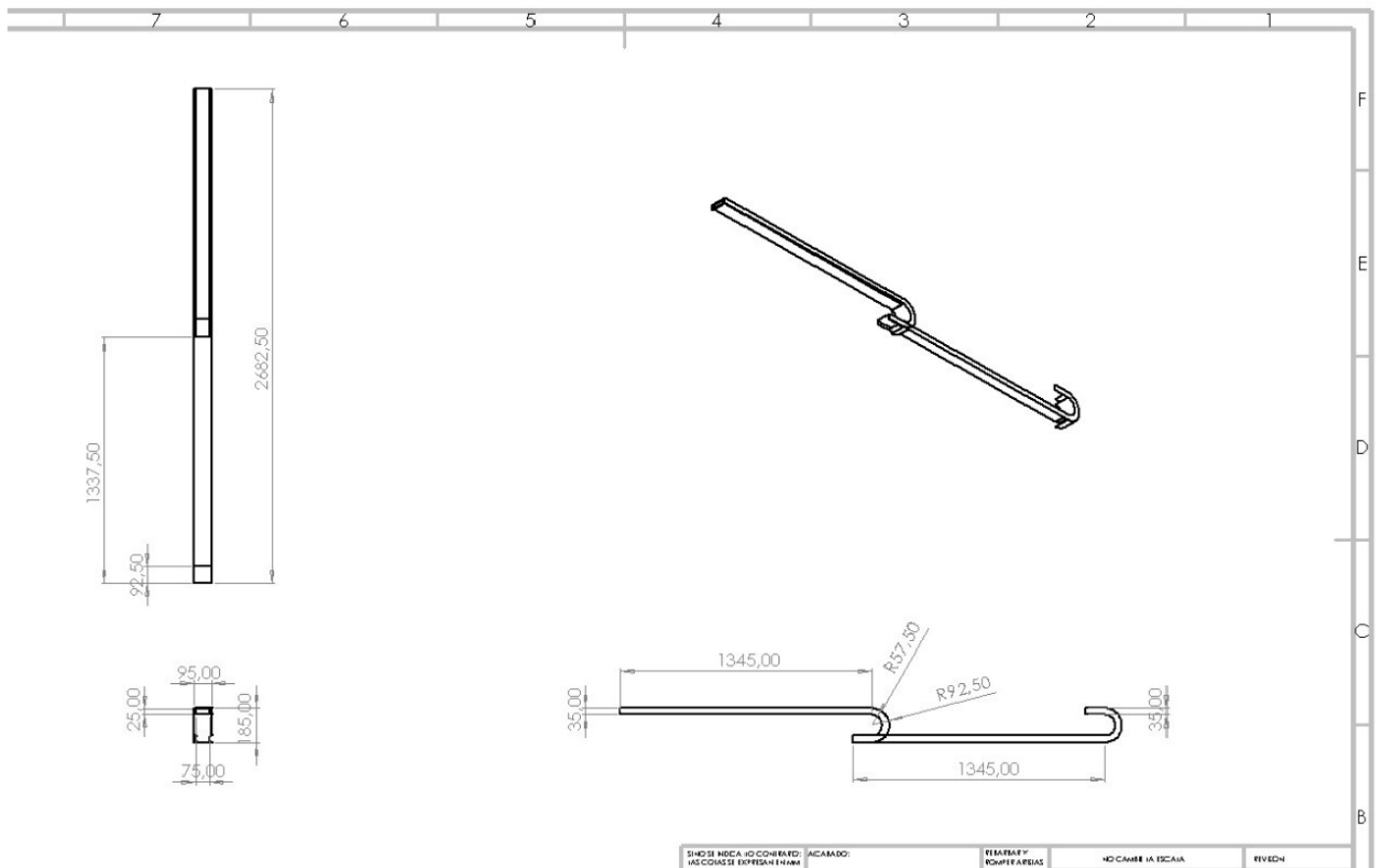


Figura 47. Guía. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.







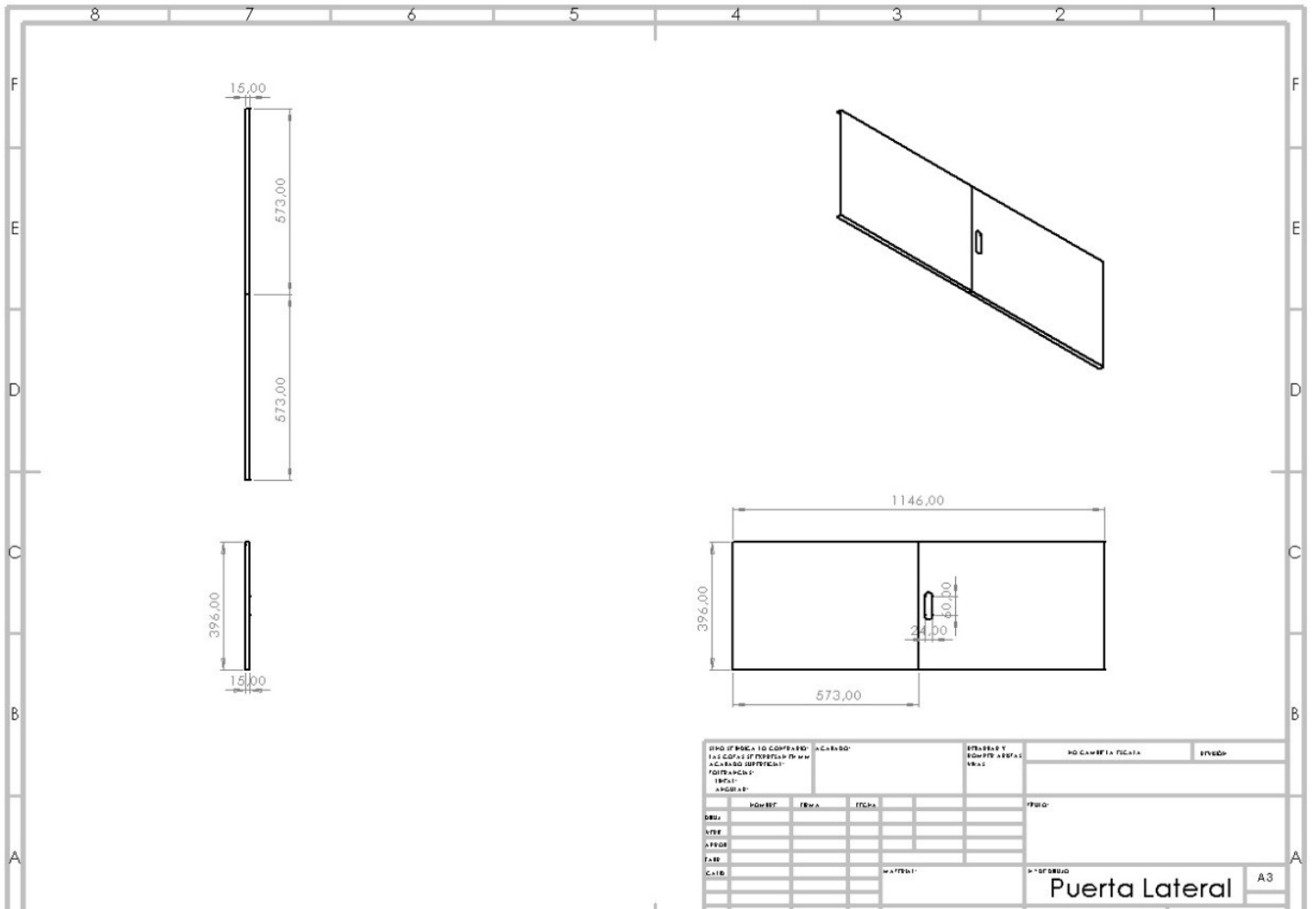


Figura 51. Puerta lateral. Fuente: K. Cruz y O. Bolaños.



