

Diseño de un entorno interactivo para el entrenamiento en procedimientos seguros en los talleres
de maderas de la escuela de diseño industrial

José Alejandro Guerrero Delgado, Carmen Elena Plata Espinosa

Trabajo de grado para optar al título de Diseñador Industrial

Director

Luis Eduardo Bautista Rojas

MSc. En Ingeniería de Sistemas e Informática

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas

Escuela de Diseño industrial

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

Quiero agradecer a mi familia, especialmente a mis padres y a mi hermana, por su amor incondicional y por estar siempre a mi lado, brindándome su apoyo en cada momento. Gracias también a mis amigos por su compañía y por ser una fuente constante de motivación.

A todos mis profesores que avivaron mi espíritu de curiosidad e impulsaron para nunca dejar de aprender, y por de mostrarme lo bello, apasionante y emocionante que es el diseño industrial.

Esta tesis es el resultado de un arduo esfuerzo y dedicación, y no podría haber sido posible sin el apoyo y amor de todos ustedes. Gracias por estar aquí, formar parte de mi vida y de este logro.

José A. G.

A mi madre, por ser mi pilar y fuente de motivación en cada momento, el cimiento principal para la construcción de mi vida profesional, por nunca dejar de creer en mi y en mis sueños.

Por ella y para ella todos mis esfuerzos y dedicación.

Carmen Plata.

Agradecimientos

Finalizado el proyecto, solo queda agradecer a todas las personas que estuvieron involucradas directa o indirectamente en el desarrollo de este. Gran parte de los resultados obtenidos en este proyecto se deben a la incansable labor de la escuela de Diseño Industrial, y en particular al grupo de investigación Interfaz de la Universidad Industrial de Santander por brindar espacio al desarrollo de nuevas herramientas para el aprendizaje de sus estudiantes, este compromiso vislumbra un futuro exitoso donde las necesidades de los usuarios son el eje de construcción de cada propuesta. Por otro lado, nuestro profundo agradecimiento al profesor Luis Eduardo Bautista que nos abrió un camino cargado de experiencias enriquecedoras y de aprendizaje constante de conceptos, habilidades y herramientas nuevas para nuestra formación profesional, así como, su motivación para mostrar los resultados del trabajo en ponencias de distintos eventos a nivel nacional e internacional.

Ahora bien, agradecer también al acompañamiento de profesionales y técnicos de distintas disciplinas, Mauricio Jaraba, técnico encargado de los talleres de la escuela de diseño industrial, al profesor Jorge Sarmiento, docente de la asignatura Materiales y procesos I: Madera, y al equipo de talento humano de la Universidad Industrial de Santander, por su acompañamiento y disposición para la construcción de este proyecto. También, a Mario González y Leonardo Soto por su asesoría durante la conceptualización y diseño del entorno de aprendizaje inmersivo.

Finalmente, agradecer a nuestros compañeros, familia y amigos por su apoyo durante cada etapa del proceso de diseño del entorno y a los participantes de las pruebas por su disponibilidad y buena voluntad para llevar a cabo el estudio con éxito.

TABLA DE CONTENIDOS

Introducción	13
1. Planteamiento del problema	14
1.1. Descripción del problema	14
1.2. Contextos que originan la situación de estudio	15
2. Justificación	16
3. Objetivos	18
3.1. Objetivo general	18
3.2. Objetivos específicos	18
4. Marco contextual	18
4.1. Revisión de normativa de seguridad industrial	18
4.2. Riesgos asociados a los talleres de carpintería	19
4.2.1. Actos inseguros	20
4.2.2. Condiciones peligrosas	21
4.2.3. Rótulos y señales de advertencia.	21
4.3. Sierra de banco	22
4.3.1. Componentes de la sierra de banco	23
4.3.2. Riesgos asociados a la sierra circular de banco.	24
4.3.2.1. Guía técnica colombiana para la identificación de riesgos	25
4.3.2.2. La comunicación en la prevención de riesgos.	26
4.3.2.3. Equipo de protección personal recomendados.	26
4.3.3. Factores ergonómicos	27
4.3.3.1. Dimensiones de la máquina	28
4.3.3.2. Postura de trabajo y esfuerzos	28
4.3.3.3. Condiciones ambientales	28
4.3.3.4. Iluminación	29
4.3.3.5. Polvo de madera	29
5. Metodología para el Diseño del entorno de aprendizaje inmersivo	30

5.1. Fase 1. Diseño instruccional	30
5.1.1. Análisis cognitivo de tareas.	32
5.1.2. Aplicación del Four Components Instructional Design model 4C/ID.....	36
5.1.2.1. Objetivo general del aprendizaje inmersivo	36
5.1.2.2. Diseño de niveles de dificultad.....	37
5.1.2.3. Nivel de dificultad 1.	37
5.1.3. Identificación de principios para el diseño multimedia aplicables al 4C/ID.....	38
5.1.3.1. Principio de señalización	38
5.1.3.2. Principio de contigüidad espacial	39
5.1.3.3. Principio de contigüidad temporal.....	39
5.1.3.4. Principio de modalidad.....	40
5.1.4. Glosario	40
5.2. Fase 2. Diseño del Entorno de Aprendizaje Inmersivo.	41
5.2.1. Identificación de necesidades de los usuarios.....	41
5.2.1.1. User persona	42
5.2.1.2. Escenario	45
5.2.2. Definición de requerimientos del entorno de aprendizaje inmersivo	46
5.2.2.1. Ideación del entorno.	47
5.2.2.2. Storyboard	48
5.2.2.3. User-flow	49
5.2.2.4. Listado de funciones.....	49
5.2.3. Prototipado.....	51
5.2.3.1. Prototipo de baja fidelidad.....	53
5.2.3.2. Prototipo de fidelidad media-baja.....	55
5.2.3.3. Prototipo de alta fidelidad.....	57
5.2.3.4. Prototipo de validación.....	58
5.2.3.5. Prototipo final	59
5.2.3.5.1. Contenido del prototipo final	60
5.2.3.5.2. Sistema de Diseño.....	62
5.3. Fase 3. Evaluación.....	65
5.3.1. Heurísticas.....	65

5.3.2.	Pruebas con usuarios.....	68
5.3.2.1.	Protocolo de validación.....	69
5.3.2.1.1.	Objetivo general:.....	69
5.3.2.1.2.	Materiales y métodos:.....	69
5.3.2.1.3.	Consideraciones éticas:.....	69
5.3.2.1.4.	Diseño de estudio.....	69
5.3.2.1.5.	Descripción de la muestra de participantes.....	71
5.3.2.1.6.	Procedimiento de la prueba para el tratamiento 1.....	72
5.3.2.1.7.	Procedimiento de la prueba para el tratamiento 2.....	73
5.3.3.	Análisis de datos.....	74
5.3.3.1.	Retención de aprendizaje.....	76
5.3.3.2.	Transferencia de aprendizaje.....	78
5.3.3.3.	Conclusión de resultados.....	79
5.3.4.	Prueba de experiencia de usuario.....	80
5.3.4.1.	Resultados.....	80
6.	Conclusiones.....	82
	Referencias.....	85

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Marco normativo de seguridad industrial en Colombia.....	19
Tabla 2. Riesgos identificados en el taller de carpintería.	24
Tabla 3. Clasificación de los daños según su impacto.....	25
Tabla 4. Dificultad nivel 1.	37
Tabla 5. Requerimientos de producto del entorno de realidad virtual.	46
Tabla 6. Listado de funciones y el principio multimedia con el que se relacionan.	50
Tabla 7. Código de colores empleados para la construcción del wireframe.....	55
Tabla 8. Componentes iterados en el prototipo de baja fidelidad.....	56
Tabla 9. Contenido del prototipo final.	60
Tabla 10. Assets empleados en el proyecto.	63
Tabla 11. Calificaciones a cada criterio por parte de los expertos.....	67
Tabla 12. Hipótesis protocolo de validación.....	70
Tabla 13. Variables independientes	70
Tabla 14. Variables dependientes	71
Tabla 15. Equipos y herramientas protocolo de validación.....	71
Tabla 16. Tabla de frecuencias de participantes para cada tratamiento. Sin aplicación (SA) Con aplicación (CA).....	72
Tabla 17. Tabla de frecuencia de sexo y edad de los participantes.	72
Tabla 18. Rangos de puntajes para cada nivel de desempeño de los participantes.....	74
Tabla 19. Porcentaje de retención de aprendizaje antes y después del tratamiento.....	76
Tabla 20. P-valor obtenido para cada tratamiento.	77
Tabla 21. Porcentaje de transferencia de aprendizaje antes y después del tratamiento	78

Tabla 22. P-valor obtenido para cada tratamiento.	79
Tabla 23. Promedio y varianza por escala.	80
Tabla 24. Comparación con el benchmarking de la herramienta.	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sierra de banco talleres de Diseño Industrial UIS.....	15
Figura 2. Sierra de banco del taller de maderas.....	22
Figura 3. Representación sierra de banco y señalización de sus componentes principales.	23
Figura 4. Equipo de protección personal recomendado.....	27
Figura 5. Fases metodológicas para el diseño del entorno de realidad virtual	30
Figura 6. Visita de profesionales de seguridad y salud en el trabajo de la Universidad Industrial de Santander.....	31
Figura 7. Secuencia de actividades de la fase 1. Identificación de las necesidades de usuarios.	32
Figura 8. CTA del procedimiento recomendado por expertos para realizar cortes de madera con la sierra de banco.	33
Figura 9. Procedimiento para brindar primeros auxilios a heridas cortantes.....	35
Figura 10. Etapas de la Fase 2. Diseño del entorno.....	41
Figura 11. Herramientas empleadas en la identificación de las necesidades de usuario.	42
Figura 12. Arquetipos identificados.....	43
Figura 13. User Persona.....	44
Figura 14. Escenario.	45
Figura 15. Herramientas empleadas para la ideación del entorno de realidad virtual.	48
Figura 16. Storyboard en papel 1.....	48
Figura 17. Storyboard en papel 2.....	49
Figura 18. Secuencia de prototipos.....	52
Figura 19. Imágenes del prototipo de baja fidelidad.	53

Figura 20. Imágenes del wireframe.	56
Figura 21. Imagen del prototipo de validación.	59
Figura 22. Prototipo final en unity.....	59
Figura 23. Prototipo final en Unity.....	60
Figura 24. Logo aplicación Safe.LabVR	60
Figura 25. Fases de evaluación del entorno de realidad virtual.	65
Figura 26. Fotografía tomada en la validación del tratamiento 1	68
Figura 27. Fotografías tomadas en la validación del tratamiento 2	68
Figura 28. Esquema experimental.	70
Figura 29. Resultados de la prueba de conocimiento inicial.	75
Figura 30. Resultados del test de transferencia previo.	76
Figura 31. Retención de aprendizaje antes y después de las pruebas.	77
Figura 32. Transferencia de aprendizaje antes y después de las pruebas.	78
Figura 33. Diagrama de barras del Benchmark UEQ	81

Resumen

El proyecto en cuestión presenta el diseño de un entorno de aprendizaje inmersivo basado en simulación enfocado en la enseñanza en procedimientos seguros para el uso de la sierra circular de tablero. Para la construcción del documento, se llevaron a cabo estudios con los estudiantes de la escuela de diseño industrial de la Universidad Industrial de Santander, sesiones con expertos en áreas de seguridad industrial, primeros auxilios y técnicos de carpintería. Esta información se sintetizó por medio de herramientas como el análisis cognitivo de tareas (ACT) y modelo instruccional de cuatro componentes (4C/ID) para extraer el procedimiento recomendado para el uso seguro de la sierra y primeros auxilios en caso de presentarse un accidente. Con la información procedimental recopilada se procedió a diseñar un entorno en realidad virtual, en el que se aplicaron cuatro principios de diseño multimedia relacionados con componentes del 4C/ID; posteriormente, se desarrolló la entorno de realidad virtual en Unity con la cual se llevaron a cabo pruebas con estudiantes de la Universidad Industrial de Santander para evaluar el impacto de la herramienta en el aprendizaje de los conceptos impartidos, estos resultados se contrastaron con las herramientas actuales como charlas y diapositivas.

Palabras clave

Entorno interactivo, Realidad virtual, Procedimientos seguros, Sierra de banco.

Abstract

This project presents the design of a simulation-based training environment focused on learning safe procedures for using a circular panel saw. In order to create this document, sessions were held with experts in industrial safety, first aid, and carpentry technicians. This information was synthesized using tools such as cognitive task analysis (CTA) and the four-component instructional model (4C/ID) to extract the recommended procedures for the safe use of the saw and first aid in the event of an accident. Using the procedural information gathered, a virtual reality environment was designed, in which four multimedia design principles related to the 4C/ID components were applied. Subsequently, a virtual reality application was developed in Unity, with which tests were conducted with students from the Industrial University of Santander to evaluate the impact of the tool on the learning of the concepts taught. These results were then compared to those of current tools such as talks and slides.

Keywords

Interactive environment, Virtual reality, Safe procedures, Table saw.

Introducción

La realidad virtual (RV) es una tecnología que se ha convertido en un punto de inflexión para transformar modelos educativos, aportando mejoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Sousa, Campanari y Rodrigues, 2021), por esto ha sido empleada en áreas como la industria aeroespacial, el pilotaje de aviones, la medicina y la seguridad y salud ocupacional (Nemer, Ramirez, Frohmut & Bérnago 2020), en un caso de estudio relacionado con el último tema se desarrolló un simulador de RV en búsqueda de aumentar la conciencia de los estudiantes sobre la importancia de hacer uso de equipos de protección personal en actividades que puedan representar un riesgo para la salud del trabajador, según Nemer et al. (2020) los informes y actuaciones de los participantes confirman la pertinencia y eficacia del uso de la gamificación y la RV como facilitadoras del proceso de enseñanza y aprendizaje en la formación profesional.

En el presente trabajo, se plantea el diseño de un entorno de practica de realidad virtual para el aprendizaje inmersivo de procedimientos seguros al hacer uso de la sierra de banco dispuesta en los talleres de maderas para los estudiantes del programa de diseño industrial de la Universidad Industrial de Santander. El propósito de esta herramienta es brindar a los estudiantes un entorno en el que puedan aprender estos procedimientos sin hacer uso de la máquina real, sirviendo como una herramienta de apoyo educativo para el docente de la asignatura de Materiales y procesos I: Madera. El proyecto se dividió en tres etapas, inicialmente, (1) un proceso de identificación de tareas y procedimientos seguro, (2) diseño del entorno de aprendizaje inmersivo y, finalmente, (3) la evaluación del prototipo en términos de la retención y transferencia de aprendizaje. Los resultados obtenidos permiten visualizar la diferencia significativa de la muestra de participantes que empleó la herramienta en una prueba antes y después de usar el entorno de simulación.

1. Planteamiento del problema

1.1. Descripción del problema

La escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander cuenta con 412 estudiantes activos en el primer periodo de 2022, de los cuales 157 estudiantes se ubican en los cuatro primeros niveles de la carrera y aún no han recibido orientaciones formales en el uso seguro de la sierra de banco del taller de maderas de la escuela. Por ello, se realizó una encuesta a 25 estudiantes (Anexo A), entre el primer y cuarto nivel de la carrera, donde se encontró que el 96% de los encuestados desconoce el procedimiento seguro para usar la sierra circular de banco y el 40% de la muestra no está familiarizado con el equipo de protección personal necesario para trabajar en el taller de maderas. Esto sumado a que, el 52% de los estudiantes que está familiarizado no emplea el equipo de protección personal siempre que trabaja con las máquinas del taller de maderas y que el 76.3% de 40 estudiantes del programa de diseño no poseen formación en primeros auxilios que les permita actuar de manera oportuna en caso de presentarse un accidente, el 37.5% corresponde a estudiantes entre primer y cuarto nivel, también se destaca que del total de la muestra, el 90% de los estudiantes desconoce los contactos de emergencia dentro de la Universidad (Anexo B). Con base a lo anterior, se infiere que los estudiantes no son conscientes del riesgo, este tipo de conductas puede representar un riesgo para su integridad propia y para la de sus compañeros de trabajo (Confederación de Empresarios de Pontevedra –CEP, 2019). Por otro lado, de acuerdo con un estudio llevado a cabo por el *National Electronic Injury Surveillance System (NEISS)* entre los años 1990 y 2007 en Estados Unidos, se concluyó que una de cada 25 sierras de banco presenta al menos un accidente durante su período de vida útil, y el 10% de dichos accidentes corresponden a amputaciones en extremidades superiores (Graham & Chang, 2015). En ese sentido, el trabajo

con la sierra de banco presenta riesgos mecánicos que pueden reflejarse en lesiones como aplastamientos, cortes, atrapamientos, impactos, entre otras. (Ibarra Zubía, 2007).

1.2. Contextos que originan la situación de estudio

El taller de Maderas hace parte de la escuela de Diseño y está ubicado en los talleres de Diseño Industrial de la Universidad; este taller cuenta con un área aproximada de 77 metros cuadrados, y es el lugar donde los estudiantes de pregrado elaboran proyectos para las asignaturas de Diseño y Materiales y procesos I: Maderas. Con respecto a la sierra circular de banco del taller, es una máquina que ha caído en el desuso debido al desconocimiento del uso seguro de la misma por parte de los estudiantes. Durante el semestre que los estudiantes cursan Materiales y procesos I: Maderas pueden asistir semanalmente los sábados a sesiones con el técnico encargado de los talleres, donde reciben formación en el uso de las máquinas. La asistencia a estos espacios es opcional para el estudiante y de él depende la cantidad de horas de asesoría que recibe en esta área.



Figura 1. Sierra de banco talleres de Diseño Industrial UIS

Ahora bien, la sierra de tablero que se encuentra actualmente en los talleres de la escuela de diseño industrial carece de algunos componentes de seguridad como la cuchilla divisoria de las

fibras de la madera una vez atraviesen el disco y la carcasa para proteger el disco y evitar que el usuario entre en contacto con el mismo. Este modelo de sierra tampoco posee indicadores de medición para el ángulo ni para medida de la distancia entre la guía y la sierra circular. Para modificar el ángulo de corte del disco, el modelo permite la rotación de la mesa en ángulos de hasta 45°, este mecanismo difiere del estandarizado comercialmente donde la rotación se da en el ángulo del disco.

2. Justificación

La sierra de banco es una máquina que puede representar riesgos a accidentarse, por ende, requiere que su usuario conozca su procedimiento de uso seguro. En el taller de maderas de la escuela de Diseño Industrial, la sierra de banco desenvuelve un papel fundamental en el procesamiento de la materia prima (principalmente madera sólida), en ella se pueden desarrollar cortes longitudinales y transversales a las fibras de la misma, es una máquina que actualmente se usa de forma cotidiana bajo la supervisión del técnico encargado del taller, esto debido a los riesgos que se asocian a esta máquina, entre ellos, cortes, atrapamientos, proyección de piezas, riesgos biomecánicos, entre otros (Ibarra Zubía, 2007).

Ahora bien, la probabilidad de accidentarse con una de estas máquinas es de 0.39%, esta probabilidad se ve influenciada por otras variables como los componentes de seguridad que trae el producto por defecto y la experticia del usuario, en consecuencia, la práctica de comportamientos inseguros durante el uso de esta máquina puede incrementar en un 33% la probabilidad de que ocurra un eventual accidente (Graham & Chang, 2015). En ese sentido, se requiere diseñar una herramienta que permita entrenar a los usuarios en el procedimiento seguro de uso de la máquina, para ello, se construirá un modelo genérico de la sierra circular de tablero, en el que se empleen

sus componentes y funcionalidades más comunes a nivel comercial. Actualmente, los entornos simulados en realidad virtual representan un complemento para la formación brindada en estudios de pregrado en las universidades, es así como áreas como la medicina, se han visto positivamente impactadas por el uso de estas tecnologías, ya que permiten a los estudiantes hacer uso de recursos y entrenar procedimientos sin involucrar la interacción con el objeto real representado (Nemer et al., 2014)

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Diseñar la interfaz de usuario de un entorno de realidad virtual para el entrenamiento en el procedimiento seguro para el uso de la sierra de banco en el taller de maderas de la escuela de diseño industrial.

3.2. Objetivos específicos

2.2.1. Identificar las tareas y riesgos asociados a la sierra circular de banco presente en los talleres de maderas de la escuela de diseño industrial y su procedimiento seguro de uso.

2.2.2. Diseñar un entorno de realidad virtual para la práctica de procedimientos seguros durante el manejo de la sierra de banco.

2.2.3. Evaluar el desempeño del usuario en términos de aprendizaje en el conocimiento del procedimiento seguro para el uso de la sierra circular de banco, comparando los resultados con un grupo de control que no usara la herramienta sino métodos tradicionales como manuales, videos y charlas.

4. Marco contextual

4.1. Revisión de normativa de seguridad industrial

El trabajo en talleres industriales está condicionado a una serie de parámetros que minimizan el riesgo al que se exponen los trabajadores, a nivel local, en Colombia, el Ministerio del Trabajo se encarga de regular las condiciones de trabajo de los empleados en el ámbito

industrial. A continuación, se presentan algunos artículos del reglamento técnico expuestos en el decreto del sistema de gestión de seguridad y salud, Decreto 1443 de 2014.

Tabla 1. Marco normativo de seguridad industrial en Colombia.

Artículo	Contenido
Artículo 2°.	Directrices y definiciones de conceptos relacionados con la ejecución de acciones de mejora, mitigación y prevención de accidentes. En este artículo se plantea un glosario general de términos empleados en esta área.
Artículo 5°	El espacio en el que se desarrollen las actividades debe tener una descripción de la política de seguridad y salud del trabajo.
Artículo 6°	Requisitos que deben cumplirse por parte de la política de prevención de riesgos en las empresas.
Artículo 7°	Objetivos mínimos de la política de prevención de riesgos de una empresa. Identificación, evaluación y valoración de los riesgos, además de sus respectivos controles.
Artículo 11°	Capacitación en seguridad y salud laboral de los usuarios de la maquinaria. Desarrollo de los programas de capacitación y control de riesgos.
Artículo 23°	Medidas para la identificación, prevención, evaluación y valoración de riesgos en la empresa.
Artículo 32°	Investigación de accidentes, incidentes y enfermedades laborales.

Nota. Adaptado de Ministerio de trabajo (2014).

4.2. Riesgos asociados a los talleres de carpintería

Los riesgos son condiciones o cualidades de un objeto, espacio o actividad que pueden generar lesiones o enfermedades en el usuario o trabajador que se encuentra en dicho contexto. El sector de la carpintería presenta uno de los índices más elevados de accidentalidad, en estos talleres existen riesgos que pueden ocasionar lesiones muy graves, incluso la muerte. Aunque la mayoría de dichos riesgos se relacionan con el contacto con cuchillas a altas velocidades, existen otros factores de riesgo como el ruido, tropiezos, proyección de material particulado, atrapamientos, entre otros, que, a pesar de que son menos comunes y conocidos, también pueden generar lesiones

y enfermedades en los usuarios de estos espacios (Ibarra Zubía, 2007). De acuerdo con la organización internacional del trabajo, la mayor cantidad de accidentes en los talleres de carpintería se presentan en tres máquinas, la sierra circular de banco, la cepilladora (canteadora o planeadora), y el tupí (fresadora), la ausencia de la protección reglamentaria en la máquina puede conducir a que el usuario entre en contacto con las cuchillas de la máquina y sufra una lesión (Organización Internacional del trabajo, 2015).

Los talleres de carpintería son entornos en los que se pueden identificar distintos riesgos a los que se ven expuestos los trabajadores de estos espacios, en términos generales, estos son, riesgos físicos, químicos, mecánicos, locativos y biomecánicos, y responden a distintas máquinas o procesos dentro del taller (Córdoba, G; Gutierrez, O; Solorzano, R; 2020).

4.2.1. Actos inseguros

En el análisis de riesgos asociados a una máquina, se debe discernir entre “condiciones peligrosas” que son atributos propios de la máquina y “actos inseguros” que son consecuencia de decisiones tomadas por los operarios de las máquinas. En ese sentido, un acto inseguro se define como violaciones de procedimiento de trabajo seguro aceptado para un contexto específico (Ibarra Zubía, 2007). Dentro de esta definición, encajan acciones como las presentadas a continuación.

- Anular dispositivos de seguridad (carcasa protectora, cuchillo divisor, entre otros).
- Dispositivos de seguridad descalibrados.
- Calibración y mantenimiento de las máquinas mientras está encendida.
- Falta de experiencia.
 - Errores en la conducción de la pieza.
 - Mala ubicación de la pieza a mecanizar.

- Trabajar a favor del movimiento de la cuchilla.
- No comprobar la existencia de condiciones peligrosas como falta de filo de la sierra, velocidad del disco, entre otras.
- Ausencia del equipo de protección recomendado para el uso de la máquina.

4.2.2. Condiciones peligrosas

Las condiciones peligrosas son aquellas que se atribuyen a características propias de la máquina o materiales usados para durante la realización de una tarea determinada, por lo tanto, una condición peligrosa puede responder a distintos riesgos, siendo los riesgos mecánicos los más comunes en los talleres de carpintería (Ibarra Zubía, 2007). A continuación, se listan algunas condiciones que pueden considerarse peligrosas durante el trabajo con madera.

- Trabajo con piezas inestables.
- Sobrecalentamiento de la máquina.
- Madera con imperfecciones.
- Falta de filo en el disco.
- Fijación inadecuada de componentes de la sierra.
- Atrapamientos de cuerpos extraños en el mecanismo.

4.2.3. Rótulos y señales de advertencia.

Cada máquina debe disponer de rótulos y fichas que resuman los riesgos asociados a cada máquina, estas fichas deben ser visibles y resistentes a las condiciones de trabajo a las que estará expuesto en el taller. Adicionalmente, estos formatos deben contener información sobre la potencia nominal, expresada en kilovatios (kW), masa en de la máquina (kg) y, en caso de ser necesario,

esfuerzo máximo de tracción y esfuerzo vertical en (N) (Universidad Miguel Hernández de Elche, 2010).

4.3. Sierra de banco

La sierra de banco es una máquina cuyo propósito es el corte de madera maciza, aglomerado, contrachapados y demás tableros derivados de la madera como tableros de fibra o aglomerados cubiertos por melaminas (recubrimientos plásticos) (Ibarra Zubía, 2007). En esta máquina se desarrollan dos operaciones principales, el canteado que es el corte en el sentido de las fibras de la madera, también llamado corte longitudinal y el tronzado, que es el corte en sentido perpendicular a las fibras de la madera, este último se conoce como corte transversal.

En términos generales, la sierra consta de una hoja de sierra circular que rota sobre un eje y permite el corte de la pieza en alturas y ángulos controlados por el usuario. Dependiendo de la cantidad de dientes que posea el disco, varía el material indicado para ser procesado por la máquina, discos con menos dientes (24-40 dientes) son ideales para piezas de madera sólida, mientras que discos con más de 60 dientes son recomendados para aglomerados; el uso incorrecto del mismo puede generar un desgaste adicional en la pieza y aumentar la exigencia que realiza el motor de la máquina durante el corte (Ibarra Zubía, 2007).



Figura 2. Sierra de banco del taller de maderas

4.3.1. Componentes de la sierra de banco.

En la imagen a continuación se presentan las partes principales que componen la sierra de banco, se aclara que las piezas señaladas son aquellas con las que el usuario interactúa durante el uso de la máquina y no se detallan componentes del mecanismo que integran el producto. ver figura 3.

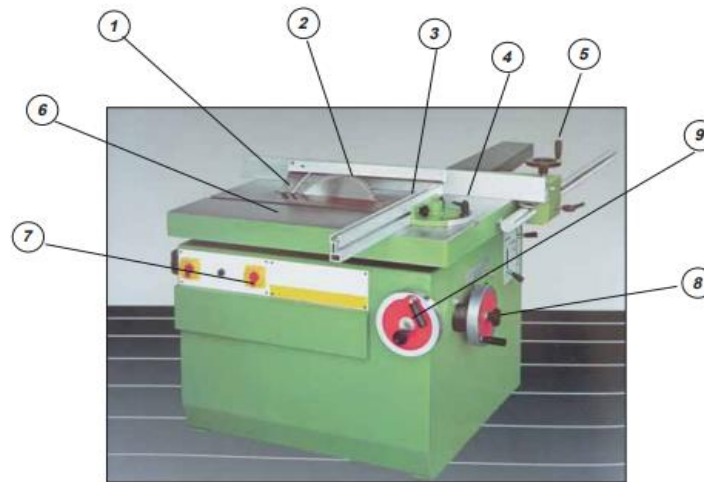


Figura 3. Representación sierra de banco y señalización de sus componentes principales.

Nota. Tomado de Guía de seguridad para máquinas sector maderas. (2015).

1. Cuchillo divisor o guía divisoria.
2. Protector del disco de corte.
3. Guía transversal.
 - a. Nota: Esta guía suele reemplazarse por elementos como carros deslizantes para aumentar la precisión de corte en la pieza.
4. Guía longitudinal.
5. Mando y seguro de la guía.
6. Mesa.
7. Mandos de encendido.

8. Ajuste de la altura de corte.
9. Ajuste del ángulo de corte del disco
 - a. Nota: En algunos modelos de la sierra de banco se inclina el eje del disco, mientras que en otras versiones se inclina todo el tablero de corte del disco.

4.3.2. Riesgos asociados a la sierra circular de banco.

De acuerdo con la Guía Técnica Colombiana GTC- 45 del 2012, en el trabajo de grado titulado “Propuesta de medidas preventivas de los riesgos y peligros en un taller de carpintería de la ciudad de Neiva” (Córdoba et al., 2020), se aplicó la metodología dispuesta en la guía para poder identificar los riesgos presentes en los talleres de carpintería de la región. Los riesgos obtenidos respecto al corte de piezas de madera son los siguientes. Ver tabla 2.

Tabla 2. *Riesgos identificados en el taller de carpintería.*

Riesgo		Posibles efectos
Descripción	Clasificación	
Ruido generado por la sierra.	Físico	Hipoacusia, fatiga auditiva.
Vibración por máquina encendida.		Artrosis, Síndrome túnel carpiano.
Vibración por manipulación de láminas de madera.		Artrosis, Síndrome túnel carpiano.
Corte de láminas de madera.	Mecánico	Mutilación, cortaduras.
Proyección de partículas.		Lesión ocular, laceraciones en piel.
Contacto con mecanismos móviles.		Laceraciones, punzonamiento, atrapamiento.
Manipulación de láminas de madera.		Punzonamiento.
Uso de herramientas manuales de corte.		Mutilación, cortaduras.
Máquina no aterrizada, cables sueltos.	Eléctrico	Electrocución.
Material particulado por corte de madera	Químico	Aspirar aserrín, enfermedades respiratorias.

Almacenamiento de Materia Prima.		Caídas de objetos.
Falta de orden y aseo.	Locativo	Caídas de objetos, obstáculos en el área de trabajo.
Superficies de trabajo defectuosas.		Caídas, fracturas, contusiones.
Obstáculos en el piso.		Caídas, fracturas, contusiones.
Cargar las láminas.	Biomecánico	Fatiga muscular.
Posiciones inadecuadas en el banco de trabajo.		Lumbalgias.

Nota. Adaptado de Propuesta de medidas preventivas de los riesgos y peligros en un taller de carpintería de la ciudad de Neiva.

4.3.2.1. Guía técnica colombiana para la identificación de riesgos.

La guía técnica colombiana GTC – 45, “Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional” (Icontec Internacional, 2012), presenta un procedimiento a seguir en la valoración de riesgos presentes a nivel laboral. y los clasifica en tres niveles según la categoría del daño y el impacto en la salud de la persona. Ver tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de los daños según su impacto.

Categoría del daño	Daño leve	Daño moderado	Daño extremo
Salud	Molestias e irritación (ejemplo: Dolor de cabeza); enfermedad temporal que produce malestar (Ejemplo: Diarrea)	Enfermedades que causan incapacidad temporal. Ejemplo: perdida parcial de la audición; dermatitis; asma; desordenes de las extremidades superiores.	Enfermedades agudas o crónicas; que generan incapacidad permanente parcial, invalidez o muerte.
Seguridad	Lesiones superficiales; heridas de poca profundidad, contusiones; irritaciones del ojo por material particulado.	Laceraciones; heridas profundas; quemaduras de primer grado; conmoción cerebral; esguinces graves; fracturas de huesos cortos	Lesiones que generen amputaciones; fracturas de huesos largos; trauma cráneo encefálico; quemaduras de segundo y tercer grado; alteraciones severas de mano, de columna vertebral con compromiso de la medula espinal, oculares que comprometan

el campo visual; disminuyan la capacidad auditiva.

Nota. Adaptado de GTC-45 2012.

Posteriormente, recomienda la evaluación de la posibilidad de ocurrencia o frecuencia del proceso, de forma que, al contrastarlo con la magnitud del daño, se diseñe una matriz de riesgos que pueda ayudar a la organización en la toma de medidas respecto a la prevención de un riesgo determinado.

4.3.2.2. La comunicación en la prevención de riesgos.

El papel de la comunicación en la prevención de riesgos es fundamental para lograr una retroalimentación constante entre los usuarios de las máquinas y los profesionales de seguridad y salud en el trabajo. Actualmente, existen diversos medios como videos, talleres, charlas, experiencias prácticas, teatralizaciones, advertencias de seguridad, entre otros mecanismos de comunicación activos y pasivos que permiten establecer un canal con los receptores y otorgar un mensaje claro en el reconocimiento de la importancia del equipo de protección personal y de los riesgos asociados a las máquinas en los talleres (Confederación de Empresarios de Pontevedra, 2019).

4.3.2.3. Equipo de protección personal recomendados.

En el contexto de la prevención de riesgos, el equipo recomendado para el uso de máquinas destinadas a la carpintería no suele diferir de forma significativa entre cada máquina. De esta forma, en el taller de maderas de la escuela de diseño industrial, tal como se mencionó previamente, existen una serie de fichas elaboradas por profesionales de seguridad y salud en el trabajo (SST) que resumen toda la información referente al equipo de protección asociados a cada máquina. ver figura 4. (Ibarra Zubía, 2007).

En el caso de la sierra circular de banco el equipo de protección individual que se recomienda es el siguiente.



Figura 4. Equipo de protección personal recomendado.

Nota. Tomado de Guía de seguridad para máquinas sector maderas. (2015).

Adicionalmente, se recomienda el uso de dispositivos que puedan facilitar el trabajo de la persona mientras hace uso de la máquina, estos se detallan a continuación.

- Dispositivos para estacas.
- Carro deslizante para avanzar piezas en cortes transversales.
- Regla o guía para cortes paralelos y perpendiculares.
- Regla graduada para el corte en ángulo.
- Empujadores.
- Mesa auxiliar.

4.3.3. Factores ergonómicos

4.3.3.1. Dimensiones de la máquina

El tablero sobre el que se desarrolla el corte de las piezas, en promedio, se ubica a 80 cm del suelo, por ello, se recomienda emplear soportes graduables que permitan modificar la altura de la mesa y eviten posturas inadecuadas que puedan afectar la salud de los usuarios. Ahora bien, el trabajo se realiza con el usuario de pie durante la totalidad del tiempo que dura el proceso de corte, esto le permite mayor firmeza al desplazar la pieza (Fundación Estatal para la prevención de riesgos laborales. s.f.).

El trabajo en la sierra de banco se considera “trabajo pesado”, debido a que se requiere de la aplicación constante de fuerza por parte del usuario para poder efectuar la actividad.

4.3.3.2. Postura de trabajo y esfuerzos

De acuerdo con el estudio efectuado por el Ministerio de trabajo, migraciones y seguridad social, el trabajo en la sierra de banco involucra posturas pronunciadas del tronco y cuello de los trabajadores, sumado a posturas forzadas en los brazos al desplazar las piezas sobre el tablero de corte (distancia que oscila entre 40 y 67 cm) y movimientos repetitivos de los brazos durante el corte de las piezas (Fundación Estatal para la prevención de riesgos laborales. s.f.).

4.3.3.3. Condiciones ambientales

Mientras se haga uso de la sierra, se recomienda el uso de equipo de protección personal adecuado, de forma que se proteja al usuario de vibraciones, esquirlas y objetos adheridos a las piezas a cortar. Emplear gafas de protección debido al desprendimiento de virutas durante el proceso de corte. También se recomienda el uso de protectores para los oídos debido al nivel de ruido que se suelen presentar al emplear estas máquinas (los niveles promedio de estas máquinas superan los 80 decibelios, por lo que la falta de uso de equipo de protección para los oídos durante

períodos de tiempo prolongados puede afectar de forma crónica la salud del usuario) (Fundación Estatal para la prevención de riesgos laborales. s.f.).

4.3.3.4. Iluminación

De acuerdo con los reglamentos técnicos del ministerio de comercio, industria y turismo, Las instalaciones de los talleres deben contar con una iluminación mínima de 500 lux, para la verificación de esta condición, se deben considerar los siguientes parámetros para su medición (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2012)

- Mediciones realizadas a una altura de 85 cm del suelo.
- La medición no se debe influenciar por la persona involucrada en la misma ni por objetos en el espacio.
- El área del taller debe seccionarse en rectángulos de igual área en con una relación de sus lados no superior a 2:1.

4.3.3.5. Polvo de madera

El polvo de madera, también denominado aserrín, la exposición a estas partículas puede desencadenar dermatitis, cáncer y asma. Adicionalmente, puede desencadenar incendios debido a sus cualidades inflamables, para evitar la acumulación de polvo se recomienda aspirar el taller con una aspiradora industrial y evitar mangueras de aire comprimido para soplar el mismo (Organización Internacional del Trabajo, 2015).

5. Metodología para el Diseño del entorno de aprendizaje inmersivo

Para el diseño del entorno se empleó una metodología de tres etapas, identificación del procedimiento seguro de uso de la sierra banco, diseño del entorno de aprendizaje inmersivo y la evaluación del entorno en la retención de aprendizaje y transferencia de aprendizaje de los usuarios. En la figura a continuación, se presenta el resumen de las etapas de diseño del proyecto.

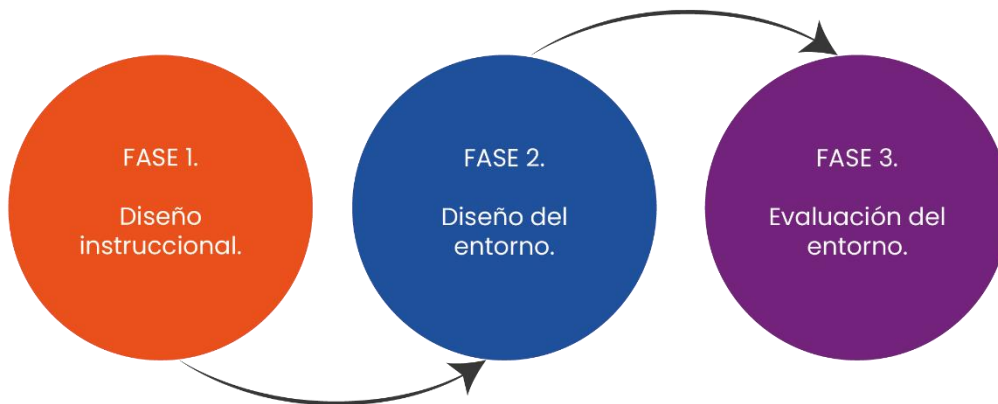


Figura 5. Fases metodológicas para el diseño del entorno de realidad virtual

En adición a las etapas de diseño, se trabajó una etapa adicional dentro de la sección de prototipado destinada al desarrollo de la aplicación en Unity, se seleccionó este software para el desarrollo del entorno porque no requiere tener un modelo matemático del sistema para su recreación. Esto permite configurar dimensiones y posiciones de los elementos de manera precisa y fácil, en comparación a otros motores de videojuegos existentes (Suárez-Santillán et al; 2019). El desarrollo se llevó a cabo con el lenguaje C#.

5.1. Fase 1. Diseño instruccional

Inicialmente, se realizó una visita con la asesoría de una profesional de seguridad y salud en el trabajo de Talento Humano de la Universidad Industrial de Santander, en esta visita se realizó

un estudio de los riesgos asociados a cada máquina del taller de maderas de la escuela de diseño industrial, como resultado, con ayuda de la profesional, se construyeron fichas técnicas de riesgos asociados a cada máquina. Ver anexo S. Estas fichas permitieron identificar la máquina con mayor cantidad de riesgos asociados, la sierra de banco. En adición a esta visita inicial, se organizaron sesiones de capacitación en primeros auxilios, en las que la profesional de seguridad y salud en el trabajo dio orientaciones generales para la atención de heridas y respuesta accidentes en los talleres de la escuela de diseño industrial. Ver figura 6.



Figura 6. Visita de profesionales de seguridad y salud en el trabajo de la Universidad Industrial de Santander.

Ahora bien, a continuación, se presentan las herramientas utilizadas en la fase de diseño instruccional, en la que se construyó el flujo del procedimiento de uso seguro de la máquina de mano de expertos, técnicos en carpintería. Ver figura 7.

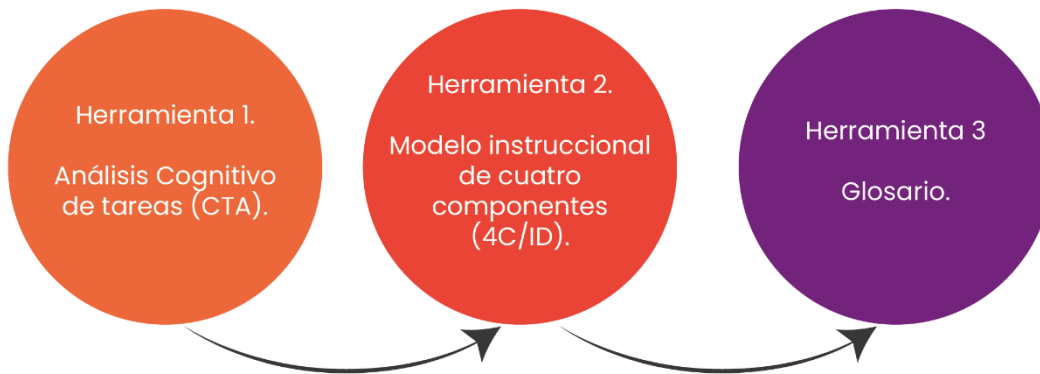


Figura 7. Secuencia de actividades de la fase 1. Identificación de las necesidades de usuarios.

5.1.1. Análisis cognitivo de tareas.

El análisis cognitivo de tareas (CTA, cognitive task-analysis), es una herramienta que recopila datos a partir de entrevistas realizadas a expertos con el propósito de construir un diagrama de flujo que represente la secuencia de tareas necesaria para cumplir un objetivo dado (Irene M. Tijiam et al; 2012). Se realizó un primer acercamiento con tres expertos en el que se dio respuesta a cinco (5) preguntas para identificar el procedimiento seguro de uso recomendado para la sierra de banco. Para la selección de estos expertos, se tuvo en cuenta su formación técnica y certificación en el trabajo en la carpintería. Ver anexos C-E. Las preguntas a las que se dio respuesta de acuerdo al análisis cognitivo de tareas (CTA) se listan a continuación.

1. Identifique todos los pasos para el procedimiento de uso de la sierra.
2. ¿Qué tareas de las mencionadas no son automáticas?
3. ¿Qué complicaciones suelen presentarse durante el proceso?
4. ¿Cómo previene dichas complicaciones?
5. Mencione cinco (5) casos con distintos niveles de dificultad.

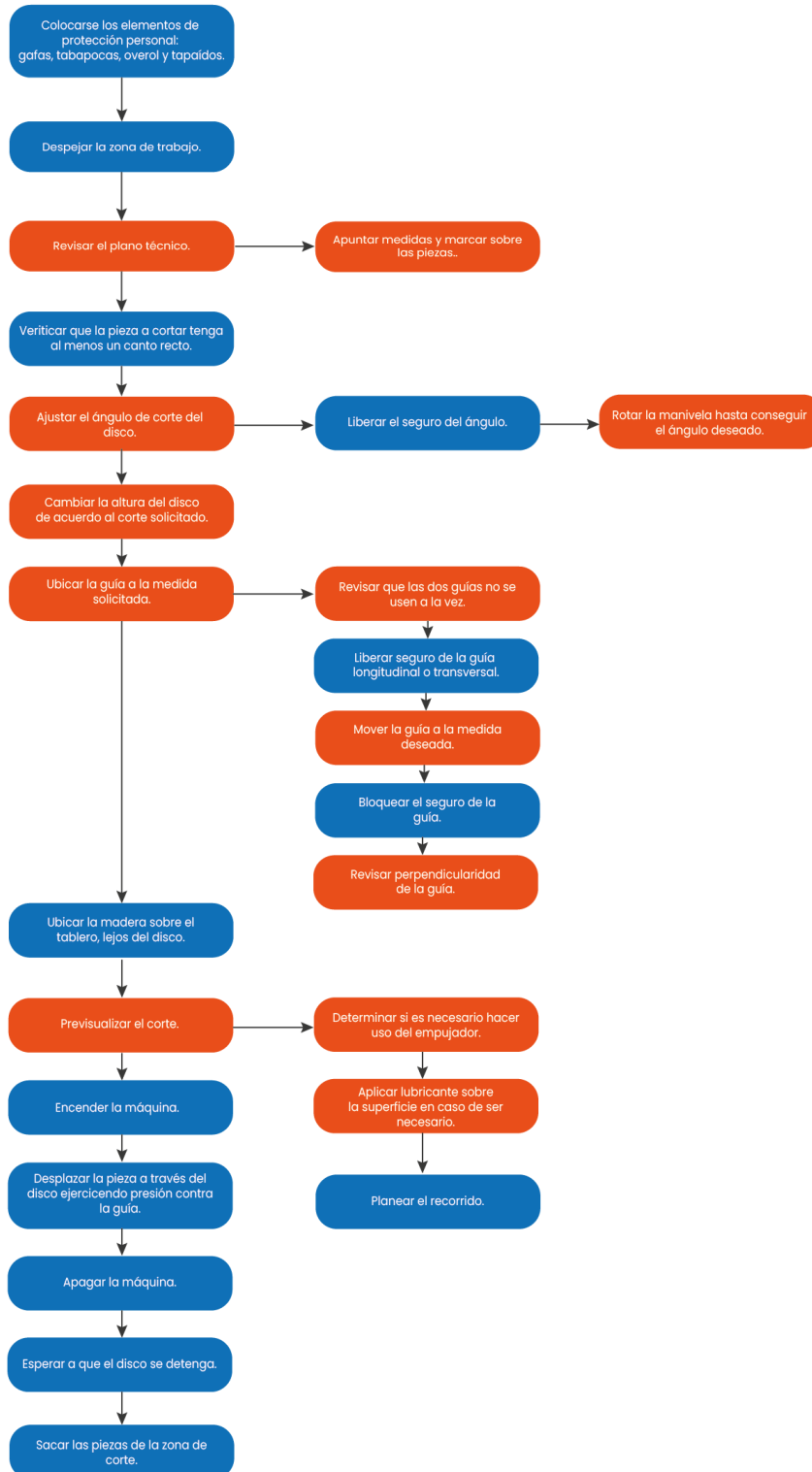


Figura 8. CTA del procedimiento recomendado por expertos para realizar cortes de madera con la sierra de banco.

Nota. Las tareas automáticas están en azul y las no automáticas en naranja.

También se solicitó a los expertos ampliar la información suministrada mediante las siguientes preguntas.

1. Identifique los equipos de protección personal necesarios para desarrollar la tarea.
2. Identificar materiales necesarios para la tarea.
3. Identificar componentes de la máquina.
4. ¿Qué posturas son recomendadas durante el trabajo con la sierra?
5. ¿En qué situaciones no se recomienda hacer uso de la máquina?
6. ¿Qué debe tenerse en cuenta para dar respuesta a un eventual accidente o error?

Una vez compilada la información, se procedió a realizar el diagrama de flujo del procedimiento de uso seguro de la sierra de banco consensuado. Ver figura 8.

Adicionalmente, se consultaron dos expertos en el área de primeros auxilios, con el propósito de obtener información sobre la respuesta a accidentes y tratamiento básico de heridas ocasionadas por la herramienta. Las preguntas formuladas de acuerdo con el CTA, fueron las siguientes.

1. Identifique todos los pasos para brindar un primer auxilio.
2. ¿Qué tareas de las mencionadas no son automáticas?
3. ¿Qué complicaciones suelen presentarse durante el proceso?
4. ¿Cómo previene dichas complicaciones?
5. Mencione cinco (5) casos con distintos niveles de dificultad.

Ahora bien, al igual que con las consultas del procedimiento seguro de uso de la sierra, se solicitó a los expertos ampliar la información suministrada mediante las siguientes preguntas.

1. Identificar elementos de higiene personal.

2. Identificar insumos necesarios.
3. ¿Qué tipos de heridas se pueden presentar?
4. ¿Qué reglamento existe para prestar de un primer auxilio?
5. ¿Qué acciones deberían evitarse?
6. ¿Qué contactos de emergencia deben considerarse?

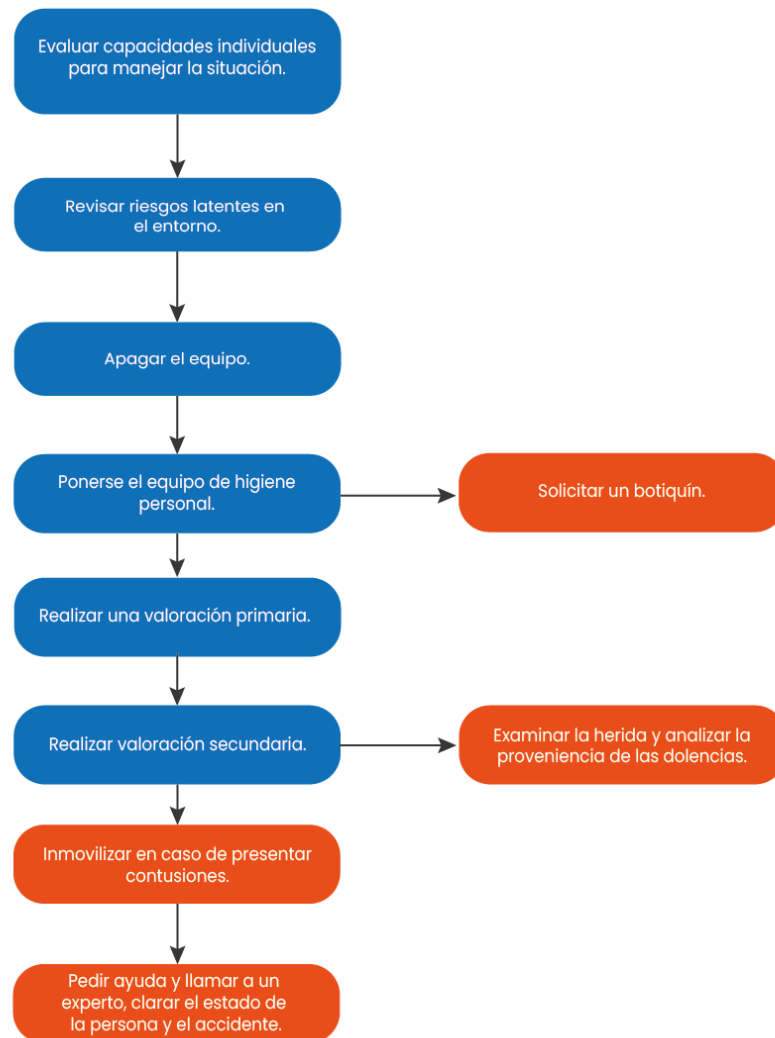


Figura 9. Procedimiento para brindar primeros auxilios a heridas cortantes

Con las respuestas de los expertos se planteó un segundo flujo enfocado en el procedimiento para brindar primeros auxilios en caso de un accidente en el taller de maderas.

Al igual que en el CTA de procedimiento de uso de la sierra de banco, en el CTA para el proceso de primeros auxilios, se clasificaron las tareas en automáticas y en no automáticas según si la persona requiere o no tomar una decisión consciente durante el desarrollo de la actividad.

5.1.2. Aplicación del Four Components Instructional Design model 4C/ID

El modelo de diseño de instructivo de cuatro componentes, conocido como 4C/ID, es una herramienta que permite dividir el desarrollo de la experiencia de un entorno virtual (con enfoque pedagógico) en cuatro aspectos: los escenarios, que se componen por el entrenamiento de la tarea bajo determinadas variables y condiciones controladas; la información de soporte, la cual se clasifica en prescriptiva, descriptiva y de feedback, según el contexto en el que se presenta al usuario. La prescriptiva hace referencia a información base o requisito para poder comprender la tarea a realizar, la información descriptiva que se relaciona con el procedimiento y el contenido en sí del simulador y, finalmente, el feedback cognitivo que apunta a información que obtiene el usuario como resultado de usar el simulador. Por otro lado, el tercer componente de la herramienta es la información JIT (just in time) que cumple el papel de aclarar al usuario su estado en la tarea y despejar sus dudas del procedimiento, finalmente, el último componente son las tareas de práctica, que se relaciona con las habilidades que va a desarrollar la persona en el entorno virtual (Irene M. et al, 2012).

5.1.2.1. Objetivo general del aprendizaje inmersivo

El aprendiz reconocerá posturas, componentes e insumos necesarios para realizar cortes con distintos parámetros en la sierra de banco, comprendiendo el procedimiento seguro para

realizar cortes en aglomerados y madera sólida; asimismo, identificará el procedimiento recomendado para responder a accidentes que se presenten durante el uso de la sierra de banco.

5.1.2.2. Diseño de niveles de dificultad

Para cada nivel se identificaron variables, escenarios, información de soporte, tareas prácticas, información Just in time e información procedimental específica. En el anexo G se presenta la información empleada para los niveles de dificultad 2, 3 y 4.

5.1.2.3. Nivel de dificultad 1.

Objetivo del nivel: Los aprendices reconocen posturas e insumos para realizar cortes con parámetros preestablecidos en la sierra, es decir, un corte en ángulo recto y con altura y ancho constante.

Tabla 4. Dificultad nivel 1.

Dificultad nivel 1		
Manejo de las guías para realizar cortes con un corte en ángulo recto, con altura y ancho constante, pero variando la orientación del tablero.		
Información de soporte (descriptiva)		
Los aprendices reconocen las partes principales de la sierra de banco, la función general de cada una de ellas y las posturas recomendadas por expertos para hacer uso de la máquina.		
Información de soporte (prescriptiva)		
El aprendiz conoce el procedimiento seguro de uso de las guías de la sierra de banco mediante la presentación de un vídeo y secuencia de pasos para presentar el proceso obtenido por el análisis cognitivo de tareas.		
Escenario 1.1	Información “Just in time”	Tarea práctica
El aprendiz aprende a emplear la guía longitudinal para realizar cortes paralelos a la dirección de la fibra de la madera.	Advertencias y ventanas de emergentes con información para pasos específicos en los que se requiera una atención especial, también se mostraran los riesgos asociados cada componente de la máquina durante su uso.	El aprendiz ejecuta tres cortes longitudinales y tres cortes transversales de 15 cm de ancho para un tablero de MDF 45x45 cm y 15mm de espesor.

Escenario 1.2

El aprendiz aprende a emplear la guía transversal para realizar cortes perpendiculares a la dirección de la fibra de la madera.	Información “Just in time” Advertencias sobre el uso simultáneo de las guías
---	--

Información de soporte (Correctiva)

Los aprendices reciben una retroalimentación de su desempeño al finalizar el nivel y un análisis de datos como el tiempo y pasos omitidos durante el nivel. También se emplean ventanas de información con advertencias y recomendaciones generales sobre el uso de las guías.

5.1.3. Identificación de principios para el diseño multimedia aplicables al 4C/ID.

Una vez definido el procedimiento que se presentaría en cada nivel a los aprendices en el entorno, se procedió a identificar principios de diseño multimedia que se utilizarían para la creación de los componentes y funcionalidades. De acuerdo con el artículo titulado “The Four-Component Instructional Design Model: Multimedia Principles in Environments for Complex Learning” publicado por la *Open University of Netherlands* el 4C/ID está conformado por cuatro componentes, (1) tareas prácticas, (2) información de soporte, (3) información procedimental y (4) tarea de aprendizaje. Cada uno de estos componentes pueden asociarse con principios de diseño multimedia para facilitar el aprendizaje de tareas complejas (Van Merriënboer J. & Kester L; S.f). De los 14 principios multimedia planteados en el artículo, se seleccionaron los cuatro (4) principios relacionados con la información procedimental: (1) principio de señalización, (2) principio de contigüidad espacial, (3) principio de contigüidad temporal y (4) principio de modalidad.

5.1.3.1. Principio de señalización

El principio de señalización sugiere que el aprendiz puede mejorar su proceso de aprendizaje, si éste centra su atención en un elemento clave durante cada etapa del aprendizaje.

Esto libera recursos cognitivos, a la vez que reduce la necesidad de la persona de buscar los elementos asociados a la tarea. Adicionalmente, se han encontrado desempeños positivos del principio de señalización al emplearse con textos impresos y audios (Mautone, P. D., & Mayer, R. E; 2001). En el modelo 4C/ID, el principio de señalización es fundamental para el diseño de la información procedimental, puesto que facilita la concentración de los aprendices en componentes específicos de la tarea que desea llevarse a cabo (Van Merriënboer J. & Kester L; S.f).

5.1.3.2.Principio de contigüidad espacial

El principio de contigüidad espacial sugiere que elementos integrados físicamente en el espacio, suelen tener un mejor desempeño cuando estos brindan información relacionada entre sí, en ese sentido, integrar espacialmente textos con imágenes u objetos crea vínculos entre ambos elementos y facilita la segmentación de la información por parte del usuario (Van Merriënboer J. & Kester L; S.f).

En el contexto del modelo 4C/ID, Kester, Kirschner and van Merriënboer, realizaron estudios en la manera como se desarrollaron aprendices en el diagnóstico de circuitos electrónicos, los resultados arrojaron un incremento en las pruebas de transferencia de conocimiento para aquellas herramientas que empleaban el principio de contigüidad espacial (Van Merriënboer J. & Kester L; S.f).

5.1.3.3.Principio de contigüidad temporal

El principio de contigüidad temporal, también llamado principio de atención dividida temporal, refiere a la facilidad para asociar elementos cuando estos suceden de forma simultánea, en el modelo 4C/ID, el uso de este principio permite organizar información procedimental y presentar las instrucciones paso a paso, de forma que el aprendiz realice el procedimiento de forma

paralela a los estímulos que se vayan dando, adicionalmente, la información just in time le da a entender al usuario, qué elementos o qué tarea debe llevar a cabo en un momento determinado durante la duración del aprendizaje (Van Merriënboer J. & Kester L; S.f).

5.1.3.4.Principio de modalidad

El principio de modalidad refiere que la presentación de información en dos fuentes distintas (audio y texto) para expresar acciones a realizar, presenta mejor desempeño en el aprendizaje que la presentación en un único medio de información. El efecto positivo de este principio se debe a un aumento en la capacidad de la memoria de trabajo efectiva, al considerar que la presentación de información en dos canales distintos (visual y auditivo) puede ser empleados como subsistemas de la memoria de trabajo simultáneamente. En su aplicación al modelo 4C/ID, el principio de modalidad se evidencia en la información Just in Time, en la que un estímulo auditivo puede emplearse como complemento a un soporte visual (Van Merriënboer J. & Kester L; S.f).

5.1.4. Glosario

Objetivo: Definir un lenguaje común de términos empleados en el contexto de maquinaria y seguridad industrial.

Para facilitar la comunicación con los expertos y emplear los términos apropiados en el lenguaje de la herramienta, se creó un glosario de 25 conceptos propios del contexto de la sierra de banco, primeros auxilios, prevención de riesgos y trabajo con la madera. Se trabajaron estos cuatro contextos teniendo como referencia la información incluida en los cuatro niveles del modelo instruccional de cuatro componentes (4C/ID). Anexo K.

5.2. Fase 2. Diseño del Entorno de Aprendizaje Inmersivo.

En el diseño del entorno de aprendizaje inmersivo, se siguieron cuatro etapas: identificación de necesidades de los usuarios, definición de requerimientos, ideación del entorno y prototipado.



Figura 10. *Etapas de la Fase 2. Diseño del entorno.*

5.2.1. Identificación de necesidades de los usuarios.

En la etapa de identificación de las necesidades de los usuarios, se emplearon dos herramientas: user persona y escenario.

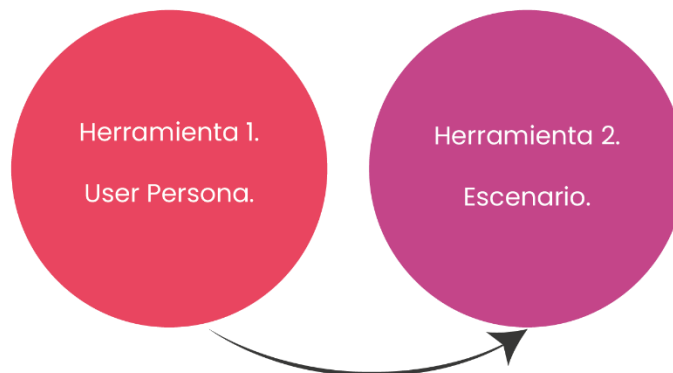


Figura 11. Herramientas empleadas en la identificación de las necesidades de usuario.

5.2.1.1. User persona

Para la creación del usuario, inicialmente se realizaron cinco entrevistas a estudiantes de la escuela de Diseño Industrial que ya habían cursado la asignatura Materiales y procesos I: Madera. Anexo H. Se seleccionaron estos estudiantes para poder obtener información a través de su experiencia en la asignatura, debido a que tienen nociones básicas en equipo de protección personal que deben emplear para hacer uso de las máquinas, así como, riesgos a los que están expuestos y recomendaciones generales de uso de la máquina. Dentro de estas entrevistas, se identificaron seis conjuntos de usuarios. Ver figura 12.

Objetivo de las entrevistas: Identificar perfiles de estudiantes y situaciones que se presenten durante el uso de la sierra de banco en el laboratorio de maderas de la escuela.

Participantes: 5 estudiantes de la escuela de diseño industrial con conocimientos básicos de seguridad industrial y de uso de la maquinaria del laboratorio de maderas.



Figura 12. *Arquetipos identificados.*

Posteriormente, se agrupó a los perfiles identificados en las entrevistas segmentos; el primer segmento son estudiantes que tienen conocimiento en el uso de las máquinas y las normas de seguridad, estos estudiantes se destacan por tener cursos cortos, técnicos de carpintería, y/o familiares carpinteros, el segundo, los estudiantes que creen que saben cómo usar las máquinas, pero no son conscientes de los riesgos presentes al hacer uso de ellas, estos estudiantes no usan los elementos de protección personal dentro del taller, y por último, el grupo que seleccionamos como nuestros usuarios, estudiantes que, como el grupo anterior, no saben cómo usar las máquinas, sin embargo estos sienten temor al usarlas, por eso son más prevenidos, prefieren no hacer uso de ellas y recurrir a ayuda de otros compañeros o del técnico de talleres.

Con la herramienta persona, se realizó una descripción más detallada del usuario, la cual se validó por medio de una encuesta a los estudiantes los resultados se presentan en el Anexo I. En esta encuesta se seleccionaron 10 estudiantes, de forma no probabilística y por conveniencia, que aún no hubiesen cursado o estuvieran cursando la asignatura Materiales y procesos I: Madera, la intención de esta herramienta era validar la información obtenida en las entrevistas iniciales con los posibles usuarios del entorno de aprendizaje inmersivo.

Objetivo encuesta: Validar los hallazgos sintetizados de las entrevistas iniciales.

Participantes: 10 participantes que no hayan cursado o estén cursando la asignatura Materiales y procesos I: Madera.

Resultados: Como resultado de este proceso de estudio, se creó el perfil de la user persona.



Juliana Reyes

Bucaramanga, Colombia.

Edad: 19

Estudiante de diseño industrial

Soltera

Tercer semestre.

Arquetipo: Virtuosa.

Diagramación.

Diseño de concepto.

Herramientas manuales

Manejo del tiempo.

Expresión oral.

Biografía

Juliana es una estudiante de tercer semestre de Diseño Industrial en la Universidad Industrial de Santander, está encantada con su carrera. Se graduó como bachiller académico en un colegio privado de Bucaramanga, en las materias en general le va bien, excepto en los cálculos; nunca ha entrado a los talleres de la escuela, las maquinas grandes le generan un poco de miedo pero siente emoción por aprender a usarlas.

Le gusta la ilustración digital, en sus tiempos libres publica sus ilustraciones en una cuenta de Instagram. Aún está iniciando su formación profesional pero considera que tiene clara su vocación como diseñadora. Le atrae el trabajo de diseño de interfaces de usuario y pretende dedicarse a ello una vez se gradue.

Personalidad

- Creativa
- Amistosa
- Persistente
- Extrovertida
- Soñadora
- Honesto.
- Empática.

Apps

- Instagram
- Canva
- WhatsApp
- Pinterest
- TikTok

Influencia

- Familia.
- Redes sociales.
- Docentes
- Productos de cadenas comerciales.
- Tendencias de diseño.
- Estudiantes de semestres superiores.

Metas

- Graduarse como diseñadora industrial y poder especializarse en diseño e innovación de productos.
- Poder aportar positivamente a la sociedad con sus diseños.
- Crear su propia empresa y ser reconocida por su marca.
- Trabajar en el extranjero.

Frustraciones

- Dificultad para completar el ciclo básico de la universidad
- La carga académica le impide a veces realizar las actividades de su interés
- La falta de herramientas e insumos para las materias prácticas dificultan su proceso de formación.

Figura 13. User Persona.

5.2.1.2. Escenario

Objetivo: Definir el contexto en el que se hará uso de la herramienta e implicaciones que tendrá la herramienta durante el proceso de formación de los estudiantes.

Se hará uso del entorno de aprendizaje como herramienta en la asignatura Materiales y Procesos I: Maderas, en horarios extra a la clase, para esto se pondrá a la disposición de los estudiantes un salón libre en el edificio y los equipos necesarios, computador y oculus, este entorno contará con un tutorial con el fin de no necesitar un instructor o guía para el uso de este, y que el estudiante pueda realizarlo solo y el mismo registrar su desempeño, el cual debe reportar al docente por medio de una foto o captura de pantalla a los resultados, esta herramienta no habilita al estudiante para hacer uso o no de la sierra de banco real, el resultado es un porcentaje con respecto al desempeño del estudiante en términos del aprendizaje que tuvo del procedimiento seguro de uso de la máquina, la decisión de si el estudiante puede o no hacer uso de la sierra de banco real la toma el docente. Ver anexo J.



Figura 14. Escenario.

5.2.2. Definición de requerimientos del entorno de aprendizaje inmersivo

Una vez identificado el usuario, sus necesidades y el contexto de la herramienta, se procedió a definir requerimientos para la construcción de la herramienta. En la tabla 5 se presenta el resumen de los requerimientos PRS (Product Requirements Specification) planteados para la elaboración del entorno de realidad virtual.

Tabla 5. *Requerimientos de producto del entorno de realidad virtual.*

Requerimiento	Descripción	Parámetro	Valor de aceptación
Funcionales			
FUN001	La cantidad de polígonos de los modelos 3D utilizados.	Cantidad de polígonos	Menor a 1500 polígonos.
FUN002	Resolución de imágenes con una cantidad par de píxeles.	Píxeles (px)	Valores pares (Ej: 1024px)
FUN003	La cantidad de FPS debe permitir una experiencia fluida.	FPS.	Más de 30 FPS
Accesibilidad			
ACC001	El contraste entre el texto y el fondo de los canvas permite una lectura clara.	Contrast ratio	Superior a 7
ACC002	La herramienta tiene distintos canales sensoriales para mostrar la información.	Cantidad de canales.	Superior o igual 2.
Usabilidad			
USA001	Los usuarios completan las tareas presentadas en el entorno.	Porcentaje de finalización de tareas.	100%
USA002	Distancia a las interfaces o canvas con texto.	Metros (m).	0.5 a 2 m.
USA003	El espacio cumple con las dimensiones de seguridad planteadas en la normativa.	Metros cuadrados.	3m x 3m.

USA004	El producto resulta atractivo para los usuarios	Atracción	Calificación Excelente en el UEQ (User experience questionnaire)
USA005	La percepción del producto es novedosa para el estudiante	Novedad	Calificación Excelente en el UEQ (User experience questionnaire)
USA006	El producto brinda una experiencia satisfactoria para quienes lo usan.	Estimulación	Calificación Excelente en el UEQ (User experience questionnaire)
USA007	El tiempo que toma al usuario completar los cuatro niveles del entorno de aprendizaje inmersivo permite agendar sesiones para el uso de la herramienta por varios estudiantes en un día.	Minutos	Inferior a 60 minutos

Desempeño

DES001	Los resultados del test de retención de aprendizaje mejoran luego de hacer uso del entorno de realidad virtual.	Porcentaje de aciertos en el test.	Mejoran en más de un 10%
DES002	Los resultados del test de transferencia de aprendizaje mejoran luego de hacer uso del entorno de realidad virtual.	Porcentaje de aciertos en el test.	Mejoran en más de un 10%

5.2.2.1. Ideación del entorno.

Para la conceptualización del entorno de aprendizaje inmersivo se realizó un brainsketching en el que se realizaron bocetos iniciales del entorno, en este se consideró la distribución de los elementos en el espacio y la apariencia de algunos Assets que se utilizarían en el entorno; posteriormente, se evolucionó en un storyboard que permitió analizar la secuencia visual de elementos con los que interactuaría el usuario durante el desarrollo de actividades, posteriormente, se especificó este procedimiento en un user-flow en el que se organizó toda la secuencia de tareas que desarrollaría el usuario de acuerdo con el planteamiento del modelo instruccional de cuatro componentes (4C/ID).

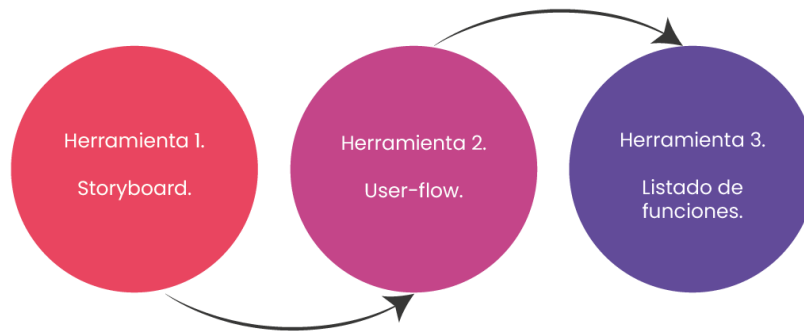


Figura 15. Herramientas empleadas para la ideación del entorno de realidad virtual.

5.2.2.2. Storyboard

Objetivo: Planificar la distribución y secuencia que seguirá el usuario para interactuar con los elementos dentro del entorno de realidad virtual.

El storyboard se realizó inicialmente en papel, mediante bocetos rápidos en los que se analizó la distribución de los elementos (objetos interactivos y no interactivos) que integrarían el escenario. Esta herramienta permitió también conceptualizar componentes de la interfaz de gráfica como canvas y botones.

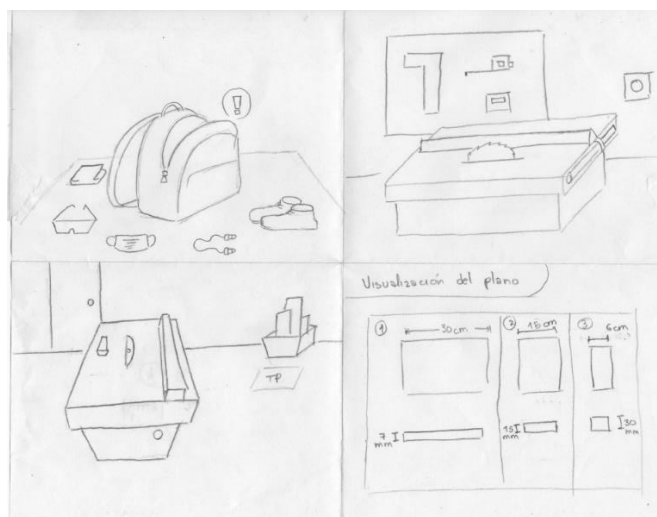


Figura 16. Storyboard en papel 1

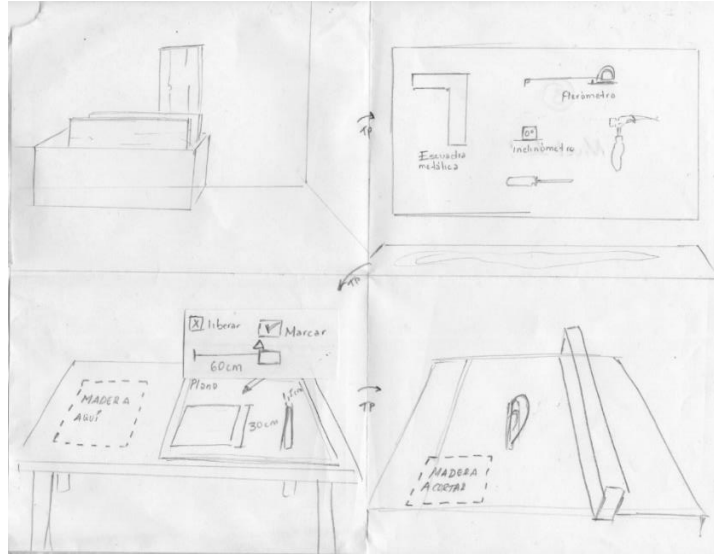


Figura 17. Storyboard en papel 2

5.2.2.3. User-flow

Objetivo: Especificar la secuencia de tareas que seguirá el usuario en cada nivel dentro del entorno de aprendizaje inmersivo.

El user-flow permitió establecer la secuencia que seguirá el usuario y unir el procedimiento identificado en el 4C/ID con los componentes planteados en el storyboard. Posteriormente, esta herramienta se utilizó para comunicar el funcionamiento deseado del entorno con el equipo de desarrollo por lo que estuvo en constante actualización y revisión luego de ser construida. Ver anexo L.

5.2.2.4. Listado de funciones

Objetivo: Definir las funcionalidades que se incorporarán el diseño del entorno.

El listado de funciones fue una herramienta que permitió organizar y jerarquizar las funciones que se implementarían dentro de la herramienta de realidad virtual. Inicialmente, se

categorizaron según el tipo de componente con el que se asocia en el entorno de desarrollo. Ver tabla 6. Posteriormente, esta herramienta se evolucionó en un Backlog del entorno que categorizaba las funciones según su complejidad de desarrollo. Ver anexo O.

Las funciones implementadas se relacionan con un o varios principios multimedia de la información procedimental del modelo instruccional de cuatro componentes, las funciones 2,3,4 y 5 no se asociaron a un principio en particular debido a que eran funcionalidades básicas para la ejecución de las tareas en el entorno. En la tabla a continuación, se presenta la relación entre las funciones y los principios multimedia empleados.

Tabla 6. Listado de funciones y el principio multimedia con el que se relacionan.

ID	Actividad	Principio
1	Selecciona botón CANVA UI. - Botón cambia de color while Hover	Señalización
2	Usuario Presiona botón (objeto interactivo)	Funcionalidades básicas (No se asocian a un principio multimedia en específico).
3	Usuario empuja cubos y tableros de madera.	
4	Usuario agarra objetos interactivos móviles.	
5	Usuario gira manivelas.	
6	Proyección de los videos.	
7	Cronometrar tiempo de visualización del plano en el nivel 1 (1 minuto).	Contigüidad temporal
8	Disco de sierra gira cuando el usuario presiona ON.	
9	Disco de sierra se detiene cuando el usuario presiona OFF.	
10	Audios de ambiente cuando la sierra se activa	Modalidad.
11	Audios cuando se cae la madera	Contigüidad espacial.
12	Cuando el usuario agarra el flexómetro y activa el gatillo, aparece la medida de la distancia del plano.	
13	Lápiz marca sobre madera la distancia requerida en el plano.	
14	CANVA Planos técnicos cambia por nivel.	Contigüidad temporal

15	Inclinómetro da la medida del ángulo respecto a la horizontal del tablero de la mesa cuando se ancla al disco.	
16	Mano cambia de color a rojo al estar cerca al disco de la sierra cuando está encendido.	
17	Los objetos parpadean color azul cuando el paso indica que se deben seleccionar	Señalización.
18	Flechas laterales que indican mediante parpadeo hacia dónde debe dirigirse el usuario	
19	Marcas en el piso que se iluminan para demarcar una zona de interés	
20	Tabla fantasma que indica cómo el usuario debe deslizar la madera por el tablero de la sierra.	
21	Cambiar modelo de madera cuando pasa por el disco, mostrar modelos “madera cortada”.	
22	Modificar el ángulo de inclinación del disco cuando el usuario gira la manivela del ángulo.	Contigüidad temporal
23	Modificar altura del disco cuando el usuario gira manivela de altura.	
24	Bloquear la guía cuando el seguro está activo.	Señalización.
25	Convertir guía a objeto interactivo cuando el seguro está inactivo.	
26	Girar seguro hacia la derecha para activar seguro de la guía.	Contigüidad espacial.
27	Girar seguro hacia la izquierda para desactivar seguro de la guía.	
28	Mostrar medida de la distancia entre el disco y la guía cuando el seguro de la guía esté inactivo.	
29	Partículas “sand “cuando la madera entra en contacto con el disco.	Señalización.
30	Partículas cuando se aplica jabón a manos y heridas.	
31	Textura de NPC cambia cuando se le pone la venda.	Contigüidad temporal.
32	Textura de avatar se actualiza cuando se selecciona el epp.	
33	Secuencia de selección de EPPs Overol, tapabocas, botas, gafas y tapa-oidos.	Contigüidad espacial.
34	Advertencias de riesgos junto a los objetos que los producen.	Señalización.
35	Advertencia al seleccionar guantes.	

5.2.3. Prototipado

El prototipado del entorno se dividió en cuatro prototipos principales que se llevaron a cabo en paralelo con actividades de ideación y parametrización del entorno de realidad virtual, inicialmente, se realizó un prototipo en papel (storyboard), en el que se analizó la secuencia de las tareas del usuario en el entorno, posteriormente, este prototipo se digitalizó para crear un prototipo de baja fidelidad utilizando Figma, este prototipo permitió conceptualizar algunos componentes y realizar una validación inicial del contenido presentado en el simulador con un experto en normativa de seguridad. Posteriormente, el prototipo de baja fidelidad inicial se evolucionó en wireframes añadiendo colores para clasificar elementos interactivos, no interactivos, canvas UI y botones del entorno. Este prototipo se empleó como herramienta para conectar el proceso de diseño con el desarrollo del prototipo de alta fidelidad en Unity, por lo que se empleó para examinar la viabilidad del desarrollo de cada componente propuesto. Finalmente, se creó un graybox en Unity con el principal objetivo de examinar proporciones y rendimiento de los modelos 3D y del hardware.

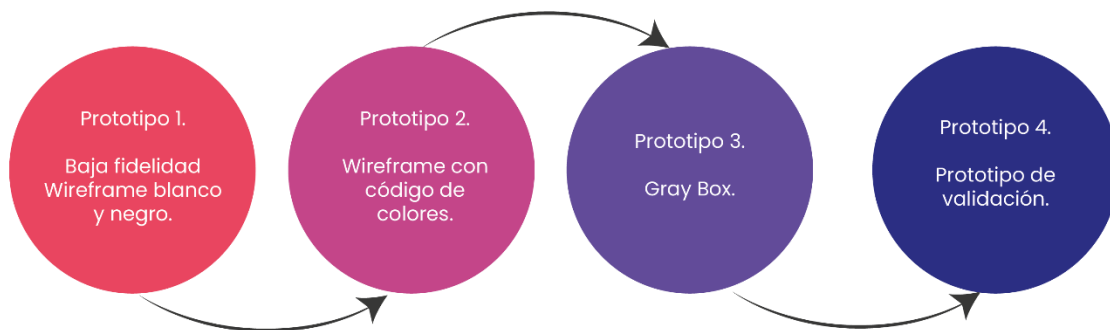


Figura 18. *Secuencia de prototipos.*

5.2.3.1. Prototipo de baja fidelidad

Objetivo: Definir componentes de la interfaz de usuario, modelos 3D, canvas y botones del entorno.

En el prototipo de baja fidelidad, se trabajó en el diseño de componentes de la interfaz de usuario que se evaluaron en función de su relevancia para los principios multimedia aplicados y su viabilidad técnica de desarrollo en Unity. Figura 19. Para la construcción de este prototipo se empleó un software de vectorizado, Figma, que permitió elaborar una secuencia inicial del flujo de los botones y tareas que desarrollará el usuario dentro del entorno. Esta versión inicial, permitió presentar el concepto del entorno de realidad virtual a expertos en normativa de seguridad industrial y revisar en conjunto la pertinencia de las tareas, secuencia y distribución de los elementos en el espacio del laboratorio virtual. Este prototipo no incluyó colores, únicamente se incluyó la secuencia de imágenes con canvas y posibles objetos interactivos del entorno.

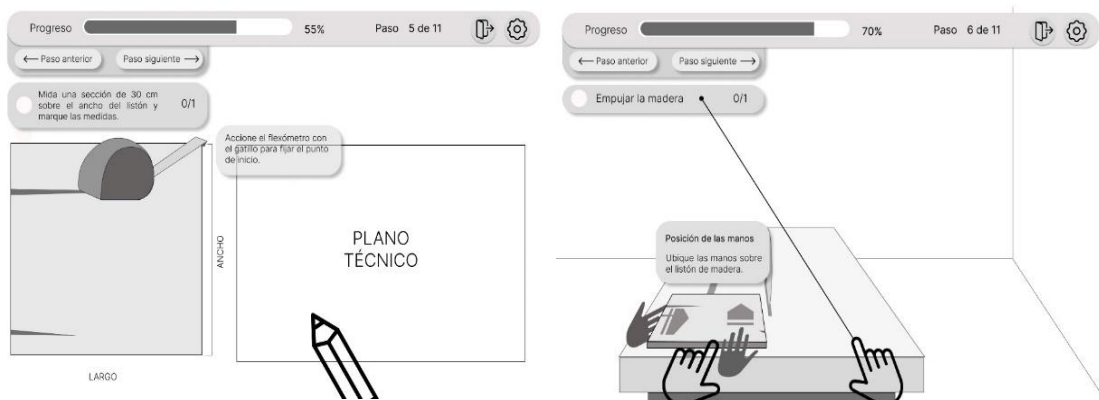


Figura 19. Imágenes del prototipo de baja fidelidad.

Con este prototipo se realizó una prueba de heurísticas del contenido del entorno de aprendizaje inmersivo de la mano del técnico encargado de talleres (Ver anexo M), en esta entrevista se preguntó al experto sobre la concordancia de las tareas presentadas en los wireframes con las recomendaciones y procedimiento seguro que debe seguirse para hacer uso de la sierra de

banco en un contexto real. A continuación, se presenta una síntesis de la prueba y procedimiento seguido.

Tipo de prueba: Heurísticas.

Experto: Mauricio Jaraba. Técnico encargado de los talleres de diseño industrial.

Procedimiento:

1. Presentación del entrevistador.
2. Introducción del proyecto.
3. Presentación del prototipo.
 - a. Se presentó el wireframe desde la ventana de visualización de Figma, cada paso se presentó explicando la tarea que debe realizar el usuario.
4. Aclaración de inquietudes.
5. Preguntar al experto: ¿Representa el flujo de tareas planteado en el wireframe el procedimiento seguro de uso de la sierra de banco?
6. Anotar las respuestas y despedir al experto.


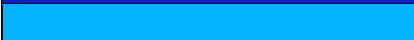










Resultados: Como resultado, el experto expresó que el procedimiento planteado en el prototipo cumplía con la mayoría de las recomendaciones de seguridad que deben seguirse para hacer uso de la máquina, no obstante, sugirió añadir un paso enfocado en la planeación del corte, es decir, una revisión previa de la altura de corte y ángulo del disco, si bien, en el escenario 1.1 y 1.2 son variables que se plantean como controladas, la observación se realizó porque se consideran actividades que deben realizarse de forma automática, siempre, antes de iniciar un corte.

5.2.3.2. Prototipo de fidelidad media-baja

Objetivo: Clasificar elementos interactivos, no interactivos, canvas y botones de la interfaz de usuario y evaluar la viabilidad de desarrollo de estos.

El prototipo de baja fidelidad inicial se evolucionó a una segunda versión con el fin de identificar un flujo entre los componentes e identificar entre componentes interactivos, canvas de interfaz de usuario y objetos no interactivos, este wireframe fue codificado en colores para categorizar cada elemento que aparecerá en el espacio del entorno de realidad virtual utilizado por el usuario. Ver tabla 7.

Tabla 7. Código de colores empleados para la construcción del wireframe.

Color	Asset
	Canvas UI.
	Objeto 3D interactivo.
	Superficie interactiva.
	Botón.
	Sierra de tablero.
	Vídeo.
	Canvas que no será funcional en el prototipo.
	Input.
	Background.
	Imagen
	UI de advertencia o información fija a la cámara.
	Objeto 3D interactivo.

Este prototipo se empleó para realizar presentaciones iniciales de la propuesta con el equipo de desarrollo y examinar la viabilidad del desarrollo de cada componente, en ese sentido, la decisión de añadir color permitió clasificar con mayor claridad los componentes anteriormente mencionados.

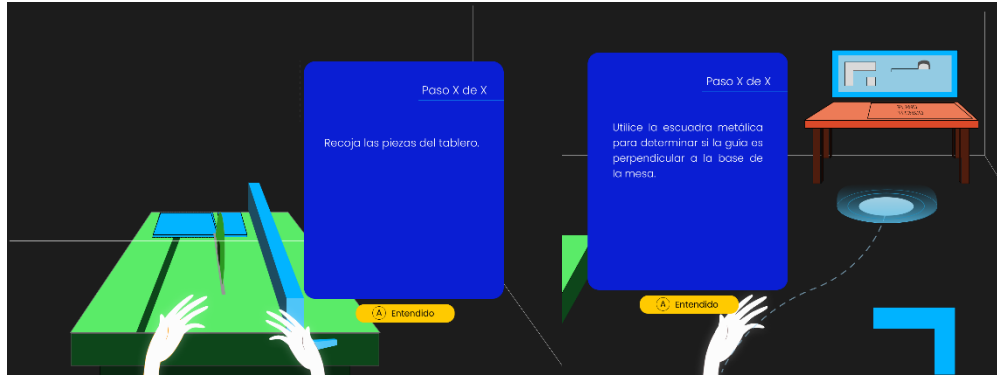


Figura 20. Imágenes del wireframe.

Tipo de prueba: Heurísticas.

Experto: Nicolás Saavedra. Desarrollador del proyecto.

Procedimiento: Se realizaron encuentros periódicos en los que se evaluaban el flujo de actividades del usuario en el prototipo y se examinaban de forma individual cada componente de la interfaz de usuario.

Resultados: Como resultado, se analizó la viabilidad de construcción en Unity de cada componente, a continuación, se presentan una síntesis del listado de componentes que se evaluaron con este prototipo. Para determinar si el desarrollo del prototipo era viable, se trabajó de la mano con un programador con el que se realizó una revisión inicial de las funcionalidades y componentes deseados para la experiencia del usuario.

Tabla 8. Componentes iterados en el prototipo de baja fidelidad.

Componente	Descripción	Viabilidad (Sí/No)	Principios multimedia
HUD de usuario.	Elemento para informar al usuario el estado del sistema y su avance en las tareas.	No	Señalización.

Canvas de tareas fijos a la cámara.	Canvas con información de las tareas que debe desarrollar al usuario que se ancla a la cámara.	No	Contigüidad temporal.
Canvas de tareas fijas al entorno.	Canvas con información de las tareas del usuario fijas a un espacio en específico en el entorno.	Sí	Contigüidad temporal.
Auras de objetos y señalización de zonas en el suelo.	Indicadores de luz y color alrededor de los objetos y zonas con los que se deben interactuar en un momento en específico.	Sí	Señalización
Botón de configuración.	Botón para configurar características del entorno como controles, volumen, entre otras funciones.	No	-
Botón de salir.	Botón para regresar al menú de selección de niveles.	No	-
Modelos 3D interactivos.	Modelos 3D con los que usuario desarrollará tareas dentro del entorno.	Sí	Contigüidad temporal, contigüidad espacial.
Advertencias.	Canvas fijos al entorno que advierten al usuario sobre riesgos y recomendaciones para realizar tareas.	Sí	Contigüidad temporal, señalización.
Canvas de información fijos a la cámara.	Canvas fijos a la cámara que contienen información de soporte para desarrollar las tareas.	Sí	Contigüidad temporal.
Audios y vídeos con información del procedimiento.	Recursos multimedia para complementar los textos de los canvas.	Sí	Modalidad

5.2.3.3. Prototipo de alta fidelidad

Objetivo: Examinar proporciones del espacio, elementos del entorno y verificar rendimiento del hardware con las texturas y modelos empleados de acuerdo a los parámetros planteados.

Posteriormente, se creó un prototipo en Unity, con los componentes que se incluirían en el desarrollo del entorno de realidad virtual, este prototipo se evaluó por medio de una Check-list con los requerimientos del producto planteados, con esto se comprobó que las dimensiones del espacio,

proporciones de los elementos, contraste de colores y demás componentes cumplieran con los parámetros planteados.

Inicialmente, se creó un sistema de diseño con todos los *assets* del entorno de realidad virtual. Para la creación de los componentes se emplearon dos programas de modelado 3D: Rhinoceros y Blender, se empleó Photoshop para la creación de las texturas de los componentes y Figma para crear las interfaces de usuario del entorno y botones.

5.2.3.4. Prototipo de validación

El desarrollo del prototipo de validación se realizó de la mano con un programador en Unity. Se empleó C# como lenguaje de programación para la construcción de los scripts. Para esto se empleó la metodología SCRUM, realizando sprints dos semanas de duración en las que se desarrollaban y testeaban funciones al finalizar cada sprint. Inicialmente, se clasificaron las funciones según su dificultad de desarrollo y se realizó un roadmap para programar las entregas de las funciones.

Una vez se terminaron los dos primeros módulos de la tarea aprendizaje del entorno, se iniciaron pruebas de validación con usuarios de la aplicación de realidad virtual. Este prototipo se proyectó desde el entorno de visualización de realidad virtual de Unity, y en este video se puede observar el funcionamiento de este prototipo: <https://youtu.be/T1RRIQJH5U8>

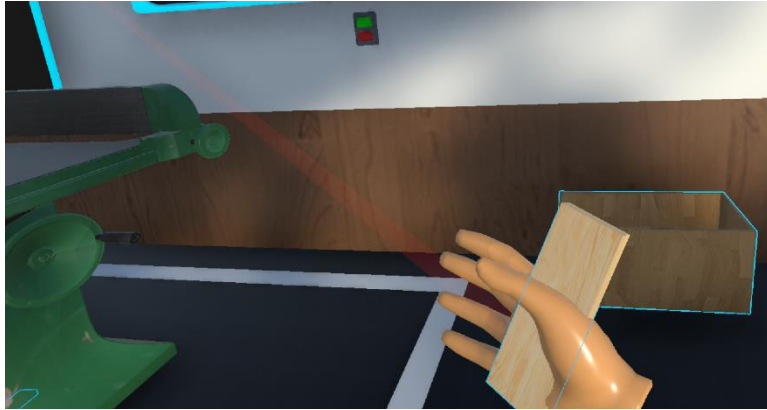


Figura 21. Imagen del prototipo de validación.

5.2.3.5. Prototipo final

El prototipo final, contempló los cuatro niveles planteados en el modelo instruccional de cuatro componentes, así como, efectos visuales de partículas y sonidos que no se implementaron en el prototipo de validación.

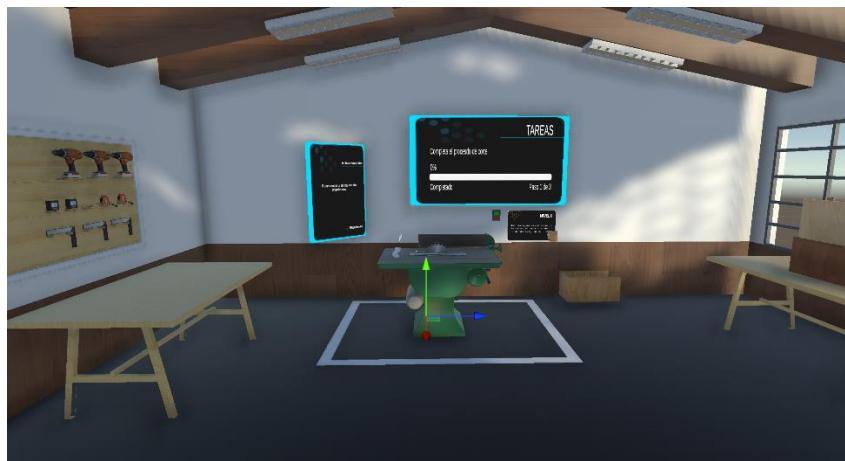


Figura 22. Prototipo final en unity



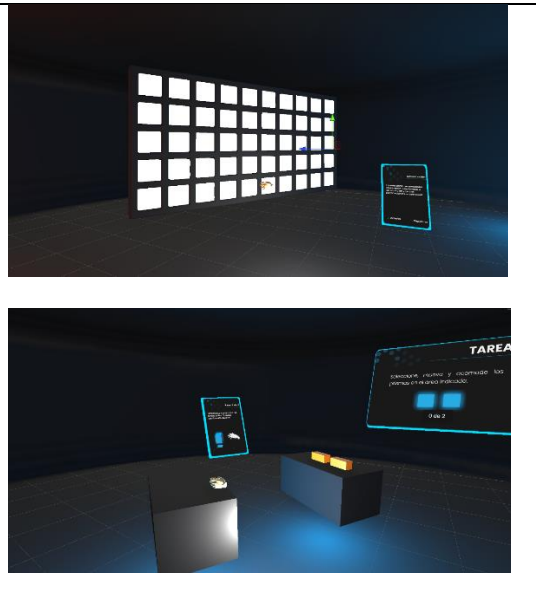
Figura 23. Prototipo final en Unity.

5.2.3.5.1. Contenido del prototipo final



Figura 24. Logo aplicación Safe.LabVR

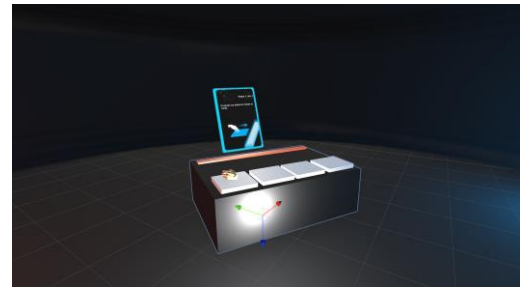
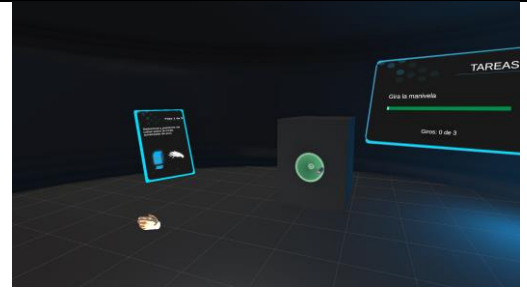
Tabla 9. Contenido del prototipo final.

Descripción	Vídeo	Imagen
<p>Tutorial</p> <p>Los aprendices reconocen gestos principales y términos empleados en el entorno de aprendizaje inmersivo mientras realizan tres niveles de práctica antes de ingresar a los niveles del taller.</p> <p>Subnivel 1</p> <p>Se presenta una pared compuesta por varios cubos donde diez de ellos tienen un material de distinto color y sobresalen del muro, la finalidad es que los usuarios aprendan a utilizar el botón de agarre de los controladores.</p>	<p>https://youtu.be/g_TKL_GMBT_o</p>	

Subnivel 2

Se divide en tres tareas:

- a. Transportar cuatro cubos de una mesa a otra.
- b. Girar una manivela en sentido horario tres veces.
- c. Insertar un prisma en una ranura con una orientación determinada.



Subnivel 3

Empujar cuatro tablas ubicadas sobre una mesa hasta una meta que simula la zona de llegada de las tablas luego de cortarlas en la sierra.

Nivel 1

Manejo de las guías para realizar cortes con un corte en ángulo recto, con altura y ancho constante, pero variando la orientación del tablero. El contenido se divide en dos escenarios donde el aprendiz realiza tres cortes en cada uno.

Subnivel 1

El aprendiz aprende a emplear la guía longitudinal para realizar cortes paralelos a la dirección de la fibra de la madera.

<https://youtu.be/8O2Qmp9QF0k>

Subnivel 2

El aprendiz aprende a emplear la guía transversal para realizar cortes perpendiculares a la dirección de la fibra de la madera.

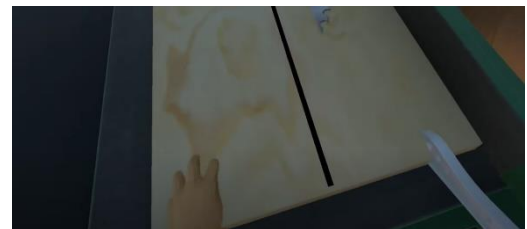


Nivel 2

Manejo de las manivelas para controlar ángulos y alturas de cortes en tableros de aglomerados de distintos espesores. El aprendiz realiza tres cortes con distintas alturas y ángulos de corte.

<https://youtu.be/UYzLjr9sF4I>

Subnivel 1



El aprendiz aprende a modificar la altura de corte, realizando cortes en materiales de distintos espesores.

Subnivel 2

El aprendiz aprende a modificar el ángulo de corte, realizando cortes en materiales de distintos espesores.

Nivel 3

El aprendiz reconoce las características para el corte de cada material y sus exigencias al momento de ejecutar un corte en la sierra.

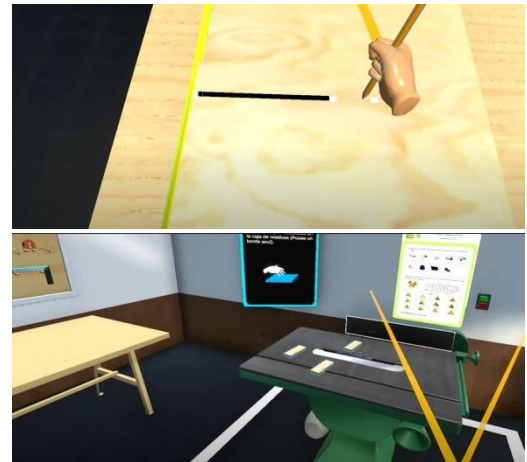
Subnivel 1

El aprendiz aprende a ejecutar un corte en una madera de alta densidad (móncono o sapán) con un espesor superior a 3 cm.

<https://youtu.be/4A9VPiB-LWY>

Subnivel 2

El aprendiz aprende a emplear la realizar cortes para tableros de 1 m de largo por 1 m de ancho.



Nivel 4

El aprendiz identifica el proceso recomendado para brindar primeros auxilios en la atención de heridas cortantes o incisivas y amputaciones.

Subnivel 1

El aprendiz aprende el procedimiento recomendado para brindar atención de primer auxilio en caso de que se presente un corte.


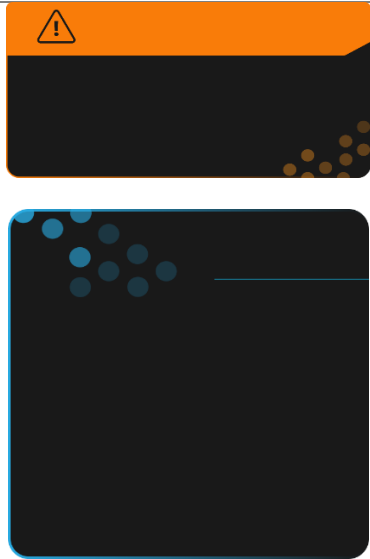
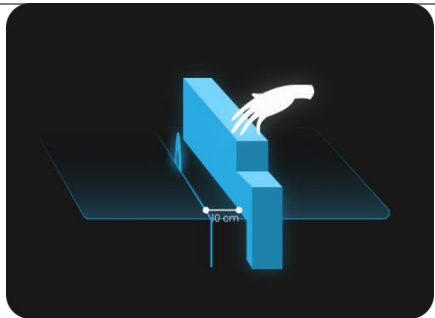

<https://youtu.be/bARtZ7yUzMc>




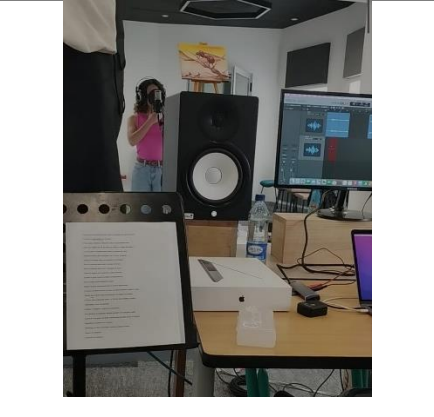
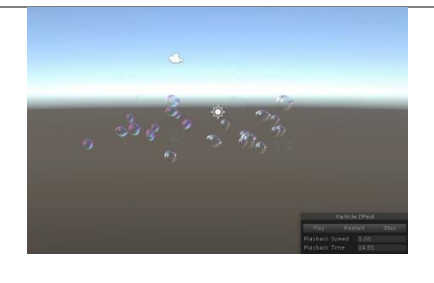


5.2.3.5.2. Sistema de Diseño

A continuación, se presenta un resumen de los conjuntos de *assets* creados para el proyecto con su descripción, imagen de ejemplo y nombre respectivo.

Tabla 10. *Assets empleados en el proyecto.*

Asset	Componente	Descripción	Imagen
Canvas UI - Procedimiento	Tipografía.	Tipografía Poppins Regular. Es una tipografía Sans-serif que destaca por su uso recurrente en interfaces de usuario y legibilidad.	Poppins semi-bold Title 1 Poppins regular Title 2 Poppins light text
	Colores.	Se empleó una paleta de colores contrastante que permitió diferenciar entre advertencias y pasos del procedimiento de uso de la sierra. El azul, en este caso se relaciona con la seguridad; mientras que el naranja se asocia a los riesgos y precauciones.	
	Tarjetas.	Las tarjetas poseen elementos gráficos distintivos como un conjunto de puntos con transparencia en la zona superior e inferior, un borde azul y un fondo gris (#141414) la intención de estos elementos es diferenciar los canvas UI del entorno y no confundirse con otros elementos del espacio como fichas de riesgos.	
	Ilustración.	Las ilustraciones realizadas tenían el propósito de funcionar como apoyo visual para el contenido de los canvas.	
	Botones.	Los botones empleados se les añadió un fondo azul que los diferenciase del fondo gris del canvas en el que se ubicarían.	

<p>Canvas UI- Vídeo</p>	<p>Vídeos. Los videos se grabaron en una resolución de 720 ppp, se proyectaron en pantallas planas.</p>	
	<p>Modelos interactivos. Se modelaron en rhinoceros y blender, estos modelos 3D tienen funciones determinadas dentro del entorno.</p>	
<p>Modelos 3D</p>	<p>Modelos no interactivos. Son elementos de ambientación del espacio, no tienen una función práctica dentro del entorno de simulación.</p>	
	<p>Escena en Unity. Espacio en el que se organizaron los modelos 3D y canvas UI.</p>	
<p>Audios</p>	<p>Audios simples. Se grabaron audios de voz para aplicar el principio de modalidad en la información procedimental, para esto se colaboró con la escuela de música de la Universidad Industrial de Santander.</p>	
	<p>Audios 3D. Se grabaron sonidos de ambiente, para esto también se colaboró con la escuela de música de la Universidad Industrial de Santander.</p>	
<p>Visual FX</p>	<p>Partículas. Estas partículas funcionan como una retroalimentación visual de la colisión de dos objetos interactivos.</p>	

5.3. Fase 3. Evaluación

Las pruebas de validación se llevaron a cabo con dos grupos, un grupo de control conformado por estudiantes de la asignatura de materiales y procesos I: madera, que no tuvo acceso a la herramienta sino a los métodos tradicionales empleados en la escuela, charlas y diapositivas. El segundo grupo empleó los dos primeros módulos del entorno de realidad virtual. El objetivo principal de estas pruebas fue determinar el impacto del entorno diseñado en la transferencia de conocimiento y retención de aprendizaje del material de enseñanza.



Figura 25. Fases de evaluación del entorno de realidad virtual.

5.3.1. Heurísticas.

Inicialmente, antes de realizar las pruebas con usuarios de la aplicación, se realizaron dos pruebas con expertos en el contenido de la asignatura Materiales y procesos I: Madera, el técnico encargado de talleres y el profesor de la asignatura. El objetivo fue analizar la pertinencia de la herramienta en la formación de los estudiantes, la concordancia con el material presentado en la asignatura y el nivel de utilidad que considera que tiene para un estudiante. Estas pruebas se realizaron por separado para evitar posibles sesgos en las respuestas.

Procedimiento:

1. Presentación del entrevistador.
2. Presentación del consentimiento informado.
3. Inicio de la grabación de audio.
4. Presentación del proyecto:
 - a. El proyecto de investigación “Diseño de un entorno interactivo para el entrenamiento en procedimientos seguros en el laboratorio de maderas de la escuela de diseño industrial”; éste es un proyecto de investigación asociado a la escuela de diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander. Ahora bien, el contexto del trabajo está enmarcado en el laboratorio de maderas de la escuela de diseño industrial, que es un espacio en el que se pueden presentar accidentes debido a la falta de consciencia de los estudiantes sobre los procedimientos seguros. Con la finalidad de disminuir el riesgo que se presenta debido a la falta de percepción de riesgos en el estudiante, se propone el diseño de un simulador de realidad virtual para el aprendizaje inmersivo de los estudiantes en el uso seguro de una de las máquinas del laboratorio.
5. Muestra del tutorial y primer nivel del entorno de aprendizaje inmersivo, se empleó el equipo Oculus quest.
6. Una vez terminaron el primer nivel del entorno, se realizaron las siguientes preguntas:
 - a. ¿Considera que el entorno de aprendizaje inmersivo es útil en la formación de los estudiantes? Califique el nivel de utilidad de 1 a 10.
 - b. ¿Considera que el entorno presenta un contenido acorde a la asignatura materiales y procesos I - Madera? Califique la concordancia de 1 a 10.

- c. ¿Considera pertinente el uso del entorno de aprendizaje inmersivo para la formación de los estudiantes antes de iniciar su trabajo en los talleres de la escuela?

Califique la pertinencia de 1 a 10.

- 7. Terminar la entrevista.
- 8. Agradecer al participante.

Tiempo estimado: 40 minutos.

Resultados: Los datos obtenidos se organizaron en la tabla 11, donde se presentan las respuestas de la calificación de 1 a 10 por parte de los expertos.

Tabla 11. Calificaciones a cada criterio por parte de los expertos.

Participante	Nivel de utilidad	Concordancia	Pertinencia
Técnico encargado del taller	5	7	7
Profesor de la asignatura	9	9	10

En las respuestas de los participantes (Ver anexo N) se obtuvo dos enfoques distintos de retroalimentación, el técnico de talleres, por su parte sugirió que la herramienta debe complementarse con un fuerte componente práctico con la máquina, debido a que, para él, esa es la forma como los estudiantes aprenden sobre el procedimiento de uso de la máquina, también argumentó que esta visión se debe a su falta de experiencia con este tipo de entornos en realidad virtual. Por su parte, el profesor de la asignatura considera que es una herramienta con un gran valor para la formación del estudiante, sugiere que debería ampliarse la formación que se ofrece y no centrarse en una única máquina, pero destaca el contenido en normativa de seguridad y procedimiento seguro que se presenta en el entorno.

5.3.2. Pruebas con usuarios.

Las pruebas de validación se llevaron a cabo con dos grupos, un grupo de control conformado por estudiantes de la asignatura de materiales y procesos I: madera, que no tuvo acceso a la herramienta sino a los métodos tradicionales empleados en la escuela, charlas y diapositivas. El segundo grupo empleó los dos primeros módulos del entorno de realidad virtual. El objetivo principal de estas pruebas fue determinar el impacto del entorno diseñado en la transferencia de conocimiento y retención de aprendizaje del material de enseñanza.



Figura 26. Fotografía tomada en la validación del tratamiento 1



Figura 27. Fotografías tomadas en la validación del tratamiento 2

5.3.2.1. Protocolo de validación.

A continuación, se presenta el protocolo de validación de un entorno de realidad virtual diseñado mediante la aplicación de principios multimedia en la elaboración de la información procedimental. El entrenamiento basado en simulación está dirigido a estudiantes entre primer y cuarto semestre de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander para el entrenamiento en el uso seguro de la sierra de banco de los talleres de maderas. Ver anexo R.

5.3.2.1.1. Objetivo general:

Determinar el impacto del uso del entorno de realidad virtual destinado al aprendizaje inmersivo de procedimientos seguros para el uso de la sierra de banco en la retención y transferencia de aprendizaje.

5.3.2.1.2. Materiales y métodos:

Se ejecutó la prueba con 43 participantes, para ello se diseñó una prueba en la que se implementó un prototipo funcional de los dos primeros niveles del entorno de aprendizaje inmersivo. Esto con el objetivo de evaluar el cambio en el desempeño en una prueba de retención y transferencia de conocimiento de los participantes luego de hacer uso de la aplicación de realidad virtual.

5.3.2.1.3. Consideraciones éticas:

Los participantes leyeron y firmaron el consentimiento informado, el experimento se clasificó como: sin riesgo, y en el tratamiento de datos toda la información fue codificada para garantizar el manejo confidencial de los datos.

5.3.2.1.4. Diseño de estudio

Ahora bien, teniendo en consideración los objetivos del estudio, se organizaron las variables y los tratamientos del estudio. Ver figura 28. En el esquema experimental, se presenta el

factor que sería sometido a prueba (el entorno de aprendizaje inmersivo) junto con las escalas que se emplearán para medir las variables de desempeño y experiencia de usuario, de forma que corresponda con la hipótesis planteada (Ver tabla 12).



Figura 28. Esquema experimental.

Tabla 12. Hipótesis protocolo de validación

Hipótesis 1	El uso de la aplicación de realidad virtual destinada al aprendizaje inmersivo del procedimiento de uso seguro de la sierra de banco incrementa el desempeño en un test de retención y transferencia de aprendizaje de los aprendices.
--------------------	--

Tabla 13. Variables independientes

Tratamiento 1. Sin aplicación (S.A)	Clase magistral sobre el uso de la sierra de banco usando medios tradicionales.
Tratamiento 2. Aplicación con características (A.C.)	Entorno de aprendizaje inmersivo con aplicación de principios de diseño multimedia.

Tabla 14. Variables dependientes

Retención de conocimiento	Capacidad de un individuo para conservar información una vez expuesto a un estímulo (Durán, M; et al; 1997).
Transferencia de aprendizaje	Capacidad para transferir el conocimiento adquirido en un contexto determinado a otro, en el que se aplicará dicho conocimiento (Universidad de Cartagena et al., 2013)
Atracción	Impresión general del producto, mide la calidad hedonística y pragmática del producto (Schrepp, M; et al; 2014).
Transparencia	Claridad con la que se presenta el contenido en la interfaz de usuario del entorno de simulación (Schrepp, M; et al; 2014).
Eficiencia	Realizar una tarea con la menor cantidad de recursos posible (Schrepp, M; et al; 2014).
Controlabilidad	El producto resulta predecible para el usuario, comprende las funciones y cómo realizarlas (Schrepp, M; et al; 2014).
Estimulación	Satisfacción de las expectativas del usuario, refiere a la capacidad del producto para poder entretener a la persona (Schrepp, M; et al; 2014).
Novedad	El diseño resulta creativo para los usuarios y capta el interés de los mismos (Schrepp, M; et al; 2014).

Tabla 15. Equipos y herramientas protocolo de validación

Gafas Oculus Quest	Casco de realidad virtual desarrollado por Meta Platforms. El dispositivo proyectó imágenes desde el entorno de visualización de realidad virtual de Unity.
Cuestionario de experiencia de usuario.	Herramienta subjetiva basada en auto-reporte donde el encuestado valora de 1 a 7 el desempeño del producto en función de 35 atributos. Esta herramienta califica la experiencia del producto en excelente, buena, por encima del promedio, debajo del promedio y mala en función de seis (6) variables, atracción, <i>perspicuity</i> , eficiencia, dependencia, satisfacción y novedad.
Test de transferencia y retención de aprendizaje.	Es un cuestionario de 20 preguntas que busca explorar el conocimiento y aplicación de conceptos de los participantes antes y después de la prueba.

5.3.2.1.5. Descripción de la muestra de participantes

Se definió un muestreo no probabilístico por conveniencia de participantes de ambos tratamientos, participaron en total 43 personas sin conocimiento en el uso de la sierra de banco, 20 estudiantes de la asignatura materiales y procesos I: Madera que emplearon los métodos tradicionales (T1) y 23 que emplearon el entorno de realidad virtual (T2).

Tabla 16. *Tabla de frecuencias de participantes para cada tratamiento. Sin aplicación (SA) Con aplicación (CA).*

Tratamiento	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
	(n)	(%)
T1 (SA)	20	46,5
T2 (CA)	23	53,5
TOTAL	43	100%

La muestra estuvo conformada por 13 hombres y 30 mujeres con edad promedio: 19,4 años

Ver tabla 17.

Tabla 17. *Tabla de frecuencia de sexo y edad de los participantes.*

		Frecuencia absoluta	Promedio en años (DS)
		(n)	
Sexo	Masculino	13	20,08 (2,39)
	Femenino	30	19,10 (2,05)
	TOTAL	43	19,40 (2,18)

5.3.2.1.6. Procedimiento de la prueba para el tratamiento 1.

Preparación

1. Distribución de los objetos con los que se realizará la prueba en el salón.
2. Instalación del video beam, y prueba de su funcionamiento.
3. Reunión con la persona encargada de la charla.

Prueba con usuarios

1. Bienvenida al participante.
2. Explicación del procedimiento y explicación del fin del estudio.
3. Pedir a los participantes su firma en el consentimiento informado.

4. Enviar la encuesta de conocimientos previos y pedirles a los participantes que la diligencien.
5. Presentación del procedimiento de uso seguro de la sierra de banco a cargo del técnico encargado de talleres.
6. Enviar el test de transferencia y retención de aprendizaje y solicitar a los participantes que lo diligencien.
7. Despedir a los participantes.

5.3.2.1.7. Procedimiento de la prueba para el tratamiento 2.

Preparación

1. Distribución de los objetos con los que se realizará la prueba en el salón
2. Cargar el prototipo a las Oculus
3. Probar el funcionamiento correcto del prototipo en las Oculus
4. Conectar las Oculus al computador para ver la prueba y poder realizar la toma de datos
5. Abrir las pestañas a las encuestas y dejarlas en el orden en el cual el usuario debe responder
6. Envío del cronograma a los participantes donde se informa la duración de la prueba y la hora en la que se agendó para que la presente

Prueba con usuario

1. Bienvenida al participante.
2. Explicación del procedimiento y objetivo del estudio.
3. Pedir al participante su firma en el consentimiento informado.
4. Breve explicación sobre el uso del dispositivo de realidad virtual.
5. Pedirle al participante que se acerque al computador a realizar la prueba de conocimientos previos.

6. Solicitarle al participante que se posicione en el punto demarcado en el salón para iniciar la prueba con el entorno interactivo.
7. Pedirle al participante que se coloque el dispositivo y ayudarle a ajustarlo.
8. Iniciar la grabación.
9. Iniciar el entorno.
10. Pedirle al participante que diga su nombre en voz alta.
11. Solicitarle al participante que complete las tareas en el simulador.
12. Responder dudas que tenga el participante.
13. Cuando el usuario termine los primeros tres niveles, ayudarle a quitarse los cascos.
14. Detener la grabación.
15. Pedirle al participante que se acerque al computador para realizar la encuesta de experiencia de usuario y los test de transferencia y retención de aprendizaje.
16. Despedir al participante.
17. Limpiar el dispositivo.

5.3.3. *Análisis de datos.*

Para los dos tratamientos se realizó una prueba a los participantes para poder comparar el nivel de conocimiento y transferencia previo a la prueba. La prueba consistió en dos cuestionarios de 10 preguntas cada uno. Ver anexo P. estas pruebas se evaluaron de 0 a 10 puntuando las respuestas correctas del participante. Una vez obtenidos los puntajes se clasificó el desempeño en bajo, medio y alto.

Tabla 18. *Rangos de puntajes para cada nivel de desempeño de los participantes.*

Rango de puntaje	Nivel de desempeño
[0,3.33]	Bajo

(3.33, 6.66]	Medio
(6.66 ,10]	Alto

A continuación, se presentan los resultados de la prueba de conocimiento previo.

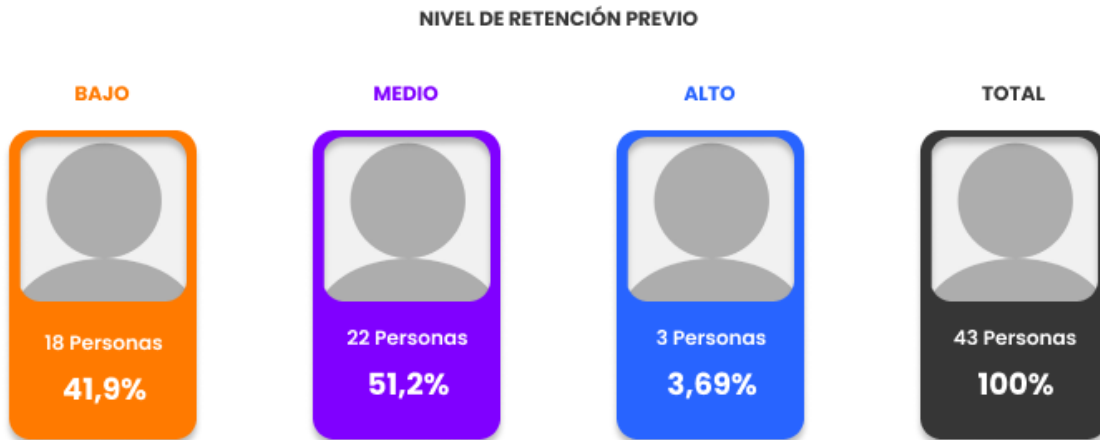


Figura 29. Resultados de la prueba de conocimiento inicial.

En la prueba inicial, en el conocimiento previo, descriptivamente se observó que, para la muestra seleccionada, el 41,9% de los participantes tuvieron un desempeño bajo en la prueba de conocimiento previo, el 51,2% tuvo un desempeño medio, mientras que el 6,9% tuvo un desempeño alto.

Por otro lado, en la figura 30, se presentan los resultados del nivel de transferencia previo.

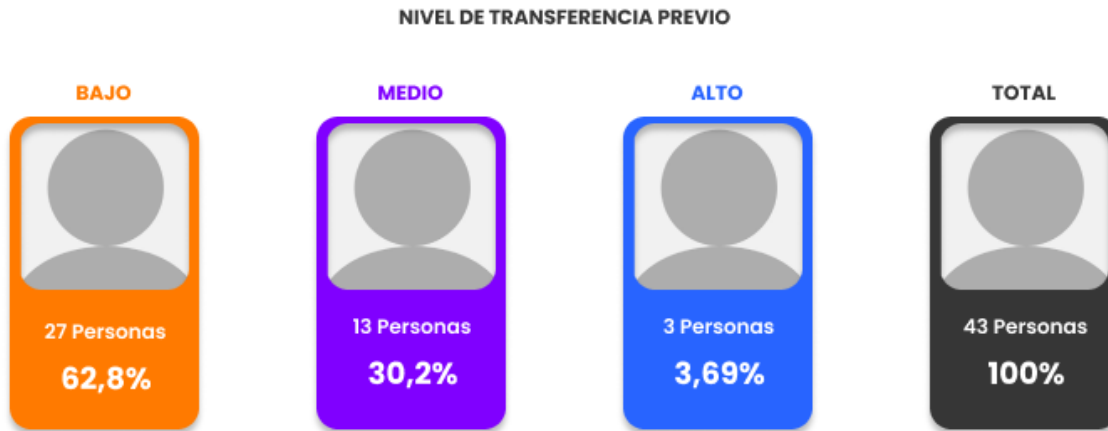


Figura 30. Resultados del test de transferencia previo.

En la prueba de transferencia previa, descriptivamente se observó que, para el test de transferencia previo, el 62,8% de los participantes tuvo un desempeño bajo, el 30,2% tuvo un desempeño medio, mientras que el 6,9% tuvo un desempeño alto en esta prueba.

En términos generales, esta prueba permitió conocer el estado inicial de los participantes, si bien, existen diferencias en el conocimiento y nivel de transferencia inicial de las muestras, para el estudio que se realizó lo relevante era el incremento en estas variables y comprobar si existe o no una diferencia significativa en las muestras antes y después de aplicar cada prueba.

5.3.3.1. Retención de aprendizaje

Ahora bien, la prueba de retención de aprendizaje se repitió para cada uno de los tratamientos, los resultados obtenidos se presentan en la tabla a continuación. A estas muestras se les aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para confirmar que la muestra tiene una distribución normal.

Tabla 19. Porcentaje de retención de aprendizaje antes y después del tratamiento

Tratamiento	Mínimo	Máximo	Media	DS	Shapiro-Wilk
T1 (SA) Antes	20,00	77,99	49,72	15,09	0,106

T1 (SA) Después	20,00	78,30	53,20	17,18	0,222
T2 (CA) Antes	6,60	57,90	31,28	12,49	0,910
T2 (CA) Después	39,90	91,60	63,77	12,10	0,977

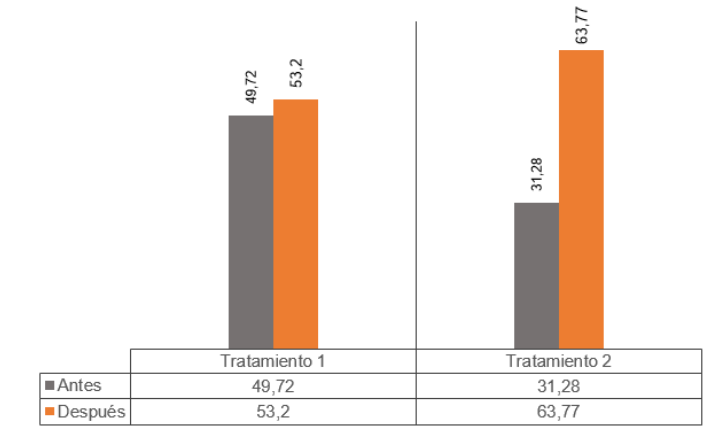


Figura 31. Retención de aprendizaje antes y después de las pruebas.

Para la prueba de retención de aprendizaje del tratamiento en todos los tratamientos se tuvo un valor de la prueba de Shapiro-Wilk superior a 0,05 por lo que se confirma que todas las distribuciones de los tratamientos antes y después de la prueba tienen una distribución normal. Con base en lo anterior, se procedió a aplicar una prueba de T-student para determinar si existen diferencias significativas entre la muestra antes y después de cada tratamiento.

Tabla 20. P-valor obtenido para cada tratamiento.

	Tratamiento 1 (SA)	Tratamiento 2 (CA)
P-Valor	0,288	0,000

Los resultados de la prueba de T-student concluyeron que para el tratamiento 1 (SA) no existe una diferencia significativa entre las muestras, debido a que el p-valor es superior a 0,05 ($0,288 > 0,05$). Por otro lado, en el tratamiento 2 (CA) existe una diferencia significativa entre las muestras, debido a que el p-valor es inferior a 0,05 ($0,000 < 0,05$), en este caso se acepta la hipótesis

1 de investigación (H1) puesto que si existe una diferencia significativa de los resultados de desempeño para el tratamiento con el entorno de realidad virtual en la retención de aprendizaje de los estudiantes.

5.3.3.2. Transferencia de aprendizaje

En la transferencia de aprendizaje, se obtuvo los siguientes resultados en la prueba después de haber realizado cada tratamiento.

Tabla 21. Porcentaje de transferencia de aprendizaje antes y después del tratamiento

Tratamiento	Mínimo	Máximo	Media	DS	Shapiro-Wilk
T1 (SA) Antes	10,00	80,00	44,63	17,18	0,152
T1 (SA) Después	20,00	80,00	56,12	16,78	0,200
T2 (CA) Antes	10,00	50,00	27,50	10,25	0,165
T2 (CA) Después	30,00	90,00	61,19	18,13	0,208

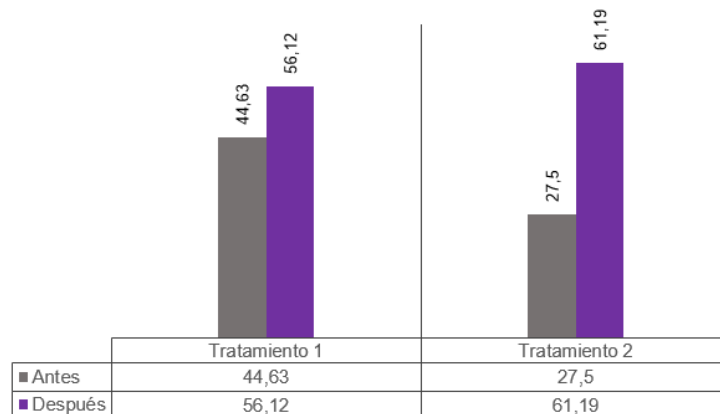


Figura 32. Transferencia de aprendizaje antes y después de las pruebas.

Para el análisis de esta variable se realizó nuevamente la prueba de Shapiro-Wilk para determinar si las muestras tenían una distribución normal. Todas las muestras tuvieron una

distribución normal por lo que se procedió a aplicar la prueba de T-student para determinar si existían diferencias significativas en las muestras antes y después del tratamiento.

Tabla 22. P-valor obtenido para cada tratamiento.

	Tratamiento 1 (SA)	Tratamiento 2 (CA)
P-Valor	0,014	0,000

Con base en lo anterior, para el tratamiento T1, el p-valor es inferior a 0,05 ($0,014 < 0,05$), se concluye que si existen diferencias en las muestras analizadas. En el caso del tratamiento T2, el p-valor de la prueba es inferior a 0,05, por lo que se acepta la hipótesis 1 (H1) debido a que si existen diferencias significativas en la transferencia de aprendizaje de los participantes que hicieron uso del entorno de realidad virtual.

5.3.3.3. Conclusión de resultados

Los datos obtenidos permiten observar un incremento de 3.48% y del 11.49% en el promedio de respuestas correctas para los test de retención y transferencia de aprendizaje, respectivamente, para el tratamiento T1 (sin la aplicación), esto en contraste con los resultados del tratamiento T2 (uso del entorno de aprendizaje inmersivo) donde se dio un incremento en el promedio de la retención y transferencia de aprendizaje de 32,49% y 33,69%, respectivamente, en la prueba después de usar la aplicación de realidad virtual, esto permite validar la hipótesis planteada en el objetivo del proyecto, puesto que, si se observa un impacto significativo del uso del entorno de aprendizaje inmersivo en las variables planteadas. Como conclusión adicional, a pesar de que el conocimiento y transferencia del grupo de control (tratamiento T1) era superior en promedio en un 18,4% y un 17,13%, los participantes del tratamiento T2 superaron su desempeño

en el post-test en un 10,5% y 5,07%, respectivamente, lo que demuestra también la eficacia de las herramientas de realidad virtual en el aprendizaje de los estudiantes.

5.3.4. Prueba de experiencia de usuario

Para medir la experiencia de usuario de los participantes del tratamiento T2, se empleó el cuestionario de experiencia de usuario (User experience questionnaire “UEQ), este cuestionario permite obtener información de seis escalas: atracción, claridad, estimulación, eficiencia, controlabilidad y novedad. Esta es una herramienta de auto reporte de 26 preguntas, ver anexo Q, que permite identificar aspectos de mejora y áreas que tienen problemas relacionados con el diseño de la interfaz. Esta herramienta tiene un benchmarking que contiene 468 productos y pruebas con más de 21175 usuarios (Schrepp, M; et al; 2014).

5.3.4.1.Resultados

La herramienta evalúa los 26 atributos de 1 a 7 de acuerdo con la experiencia de la persona con la interfaz del entorno de aprendizaje inmersivo, estos 26 atributos se sintetizan en las 6 escalas mencionadas anteriormente. Inicialmente, se realizó un análisis descriptivo de la muestra para determinar el promedio por cada uno de las 6 escalas, los resultados fueron los siguientes.

Tabla 23. Promedio y varianza por escala.

Escala	Promedio	Varianza
Atracción	2,348	0,49
Transparencia	1,685	1,07
Eficiencia	2,000	0,59
Controlabilidad	1,859	0,49
Estimulación	2,315	0,96
Novedad	2,446	0,79

Posteriormente, se realizó el análisis de benchmark que ofrece la herramienta, para este análisis se consideraron las siguientes convenciones.

Tabla 24. Comparación con el benchmarking de la herramienta.

Escala	Media	Comparación con benchmarking	Interpretación
Atracción	2,35	Excelente	En el 10% de los mejores resultados.
Transparencia	1,68	Por encima del promedio	Mejor que el 50% de los resultados, pero peor que el 25% de los mejores resultados.
Eficiencia	2,00	Excelente	En el 10% de los mejores resultados.
Controlabilidad	1,86	Excelente	En el 10% de los mejores resultados.
Estimulación	2,32	Excelente	En el 10% de los mejores resultados.
Novedad	2,45	Excelente	En el 10% de los mejores resultados.

Estos resultados se graficaron a continuación.

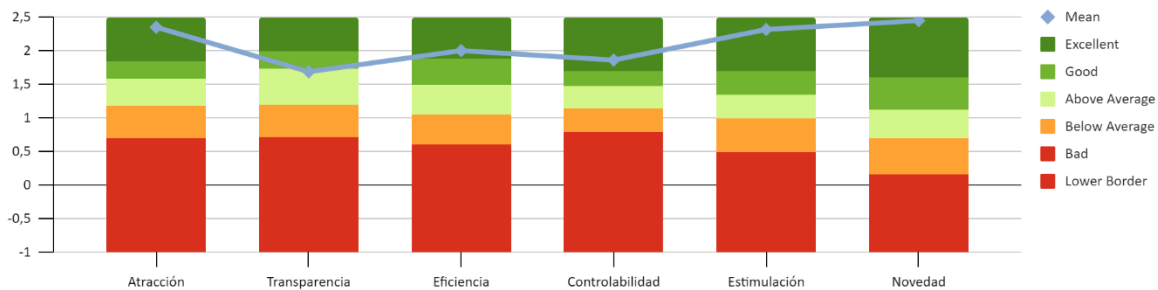


Figura 33. Diagrama de barras del Benchmark UEQ

En síntesis, el análisis de los resultados del benchmark de la prueba de experiencia de usuario nos permitió observar que el producto tiene unos resultados excelentes en las escalas de atracción, eficiencia, confiabilidad, estimulación y novedad, mientras que, en transparencia, tiene un desempeño por encima del promedio. Esto nos permite concluir, que uno de los puntos que debe trabajarse es la claridad en la comunicación de las tareas que debe realizar el usuario, puesto

que, si bien el resultado es positivo en comparación a los 468 productos del benchmark analizados, es el área con peor desempeño del entorno de simulación.

6. Conclusiones

El proyecto dio cumplimiento a los objetivos planteados, inicialmente, se realizó la identificación de las tareas y riesgos asociados a la sierra circular de banco presente en los talleres de maderas de la escuela de diseño industrial con la asesoría del subproceso de seguridad y salud en el trabajo de Talento Humano de la Universidad Industrial de Santander, asimismo, se entrevistaron técnicos en carpintería con experiencia en el manejo de la sierra de banco y normativa de seguridad para identificar el procedimiento de uso seguro de la máquina.

Posteriormente, se diseñó el entorno de realidad virtual empleando la información extraída del trabajo con los expertos para la creación de escenarios y niveles de dificultad, utilizando el diseño instruccional de cuatro componentes (4C/ID), este entorno contempló un tutorial para familiarizar al usuario con gestos y controles, tres niveles de entrenamiento en el uso seguro de la sierra de banco y un cuarto nivel en el que se brinda información para responder ante accidentes que se puedan presentar en la sierra de banco.

Finalmente, se realizó la evaluación del prototipo, en la que se comparó el desempeño de dos grupos de participantes, en el primer grupo (el grupo de control) asistieron a las charlas convencionales dirigidas por el técnico encargado de los talleres de diseño industrial para enseñarles a usar la sierra de banco, y el segundo grupo que hizo uso del entorno de aprendizaje inmersivo de realidad virtual. Los resultados mostraron un incremento promedio de la retención y transferencia de aprendizaje de 32,49% y 33,69%, respectivamente, en comparación a los resultados del grupo de control donde la diferencia no fue significativa.

En términos generales, el proyecto presentó el diseño y evaluación de un entorno de aprendizaje inmersivo para el entrenamiento en procedimientos seguros en la sierra de banco, los resultados del proyecto permiten validar el uso de la realidad virtual y su impacto en la retención y transferencia de aprendizaje de los estudiantes.

La creación de esta herramienta puede ayudar en la formación de los estudiantes de la escuela de diseño industrial, profundizar en conocimientos de seguridad industrial, normativa de seguridad y comportamientos seguros en el laboratorio de maderas de la escuela, elementos que son fundamentales para la formación profesional de un diseñador industrial. Adicionalmente, el proyecto exploró las debilidades de las técnicas actuales y propone una alternativa más eficaz en la comunicación de información de procedimientos seguros que las charlas y demostraciones, esta alternativa permite minimizar el riesgo durante el proceso de aprendizaje de los estudiantes, debido a que no tendrán que hacer uso de la máquina mientras aprenden sobre sus partes, funcionamiento, uso y normativa respectiva. Por otro lado, el desarrollo del proyecto se llevó a cabo con un equipo interdisciplinario compuesto por expertos en normativas de seguridad, técnicos de carpintería, profesionales de seguridad y salud en el trabajo y programadores, permitiendo también adquirir conocimiento en seguridad industrial y desarrollo de softwares en realidad virtual. No obstante, durante el desarrollo de las pruebas del proyecto, se presentaron diversos inconvenientes con el espacio disponible para la realización de las sesiones de uso del entorno, los lugares que se dispusieron para pruebas iniciales, dificultaban el desplazamiento de los participantes y limitaban sus acciones; sumado a esto, la cantidad de equipos disponibles en la escuela de Diseño Industrial obligaba a desarrollar pruebas individuales con los participantes, para la implementación de estos entornos de aprendizaje inmersivo sería ideal contar con un recurso significativo de equipos HMD para que los estudiantes puedan participar de estas experiencia de forma simultánea.

En adición, de este proyecto surgió una ponencia que fue presentada en un poster-track en el MexIHC 2022 con el nombre “Multimedia Principles Applied to a Virtual Reality Application Design for Procedural Learning”. En esta ponencia se resaltó el trabajo realizado con la aplicación de los principios multimedia y se presentó el diseño de la investigación para la evaluación del entorno de entramiento. De otro lado, se aceptó la presentación de un resumen de los resultados del proyecto en el 7mo evento experiencias exitosas en la implementación de TIC en docencia 2022-2 en 2023; el 3 de marzo se presentará el proyecto en una ponencia en la Universidad Industrial de Santander.

Finalmente, este trabajo permite marcar un precedente del uso de estas herramientas en el aprendizaje en el área de seguridad industrial como apoyo para la formación profesional de los estudiantes de la escuela de diseño industrial en la Universidad Industrial de Santander, lo anterior, proyecta el diseño de entornos de realidad extendida (XR) para el desarrollo de futuros proyectos relacionados con la seguridad industrial en el entorno universitario y empresas del sector que requieran desarrollar estos softwares para capacitar sus trabajadores.

Referencias

- Durán, M., Oliveros G., Tamayo E., Hernández C., Labrada C. (1997) Retención de los conocimientos en la disciplina de Anatomía Humana. AMC [online]. 1(1). ISSN 1025-0255.
- Andrade-Lotero, L. (2012). Teoría de la carga cognitiva, diseño multimedia y aprendizaje: un estado del arte. Magis. Revista Internacional de investigación, 5(10), 72-92.
- Confederación de Empresarios de Pontevedra –CEP– (2019). Guía para realizar una comunicación eficaz en prevención de riesgos laborales en la empresa y fomentar la PRL. España: Vigo.
- Córdoba Bonilla, G., Gutierrez, O.H., y Solorzano Delgado, R. (2020). Propuesta de medidas preventivas de los riesgos y peligros en un taller de carpintería de la ciudad de Neiva. Universidad ECCI. Bogotá, D.C.
- Dorst, K. (2011). The core of ‘design thinking’ and its application. Design studies, 32(6), 521-532.
- Escartín, E. (2000). La realidad virtual, una tecnología educativa nuestro alcance. Instituto superior politécnica “José A. Echeverría”.
- Fundación Estatal para la prevención de riesgos laborales F.S.P. (s.f.). Ergonomía en el sector de la construcción máquinas y herramientas: sierra circular. España.
- Graham, J.D., & Chang, J. (2015). Reducing the risk of injury y from Table Saw Use: The Potential Benefits and Costs of Automatic Protection. Risk análisis. Vol. 35.
- Gutiérrez, B., y Nadal, J.M. (2015). Guía de seguridad para máquinas sector maderas. España: Foment del Treball Nacional.

- Ibarra Zubia, J. (2007). Máquinas para trabajar la madera. País Vasco: OSALAN – Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales.
- Icontec Internacional (2012). GTC 45 – Guía para la Identificación de los peligros y valoración de los riesgos en seguridad y salud en el trabajo. Bogotá, D.C: Icontec.
- Irene M. Tijiam, Barbara M.A. Schout, Ad J.M. Hendrikx, Albert J.J.M. Scherpbier, J. Alfred Witjes & Jeroen J.G. Van Merriënboer (2012). Designing simulator-based training: An approach integrating cognitive task analysis and four-component instructional design. *Medical teacher*, 34:10, e698-e707, DOI: 10.3109/0142159X.2012.687480
- Izard, S., Juanes, J., & Ruisoto, P. (2018) Virtual Reality as an Educational and Training Tool for Medicine. *Journal of Medical Systems*. Vol 42.
- Mautone, P. D., & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 377–389.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2012) RESOLUCIÓN NÚMERO 0957 DE (21 MAR. 2012).
- Ministerio de Trabajo (2014) Decreto del sistema de gestión de seguridad y salud. Decreto 1443 de 2014.
- Nemer, E. G., Ramirez, R. A., Frohmut, B. D., & Bergamo, R. O. C. (2020). A case study on the use of gamification and virtual reality in Professional Education. *Revista Fatec Zona Sul REFAS*, 6 (5).
- Organización Internacional del Trabajo –OIT– (2015). Seguridad y Salud en el taller de madera.

Ponce Paz, S. (2012). Diseño del manual de procedimientos de comportamientos seguros para reducir el riesgo mecánico en las operaciones de máquinas y herramientas de la empresa Promaderas Andrade LTDA. Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali.

Suárez-Santillán, R. A., Sepúlveda-Cervantes, G., Portilla-Flores, E. A., Calva-Yáñez, M. B., Morales-Cruz, C., & Hernández-Oliva, N. (2019). Sintonización óptima de un controlador PD utilizando evolución diferencial con un modelo dinámico virtualizado en Unity 3D. *Research in Computing Science*, 148(8), 423-435. <https://doi.org/10.13053/rcs-148-8-32>

Schrepp, M.; Hinderks, A. & Thomaschewski, J. (2014). Applying the User Experience Questionnaire (UEQ) in Different Evaluation Scenarios. In: Marcus, A. (Ed.): Design, User Experience, and Usability. Theories, Methods, and Tools for Designing the User Experience. Lecture Notes in Computer Science, Volume 8517, 383-392, Springer International Publishing.

Sousa Ferreira, R., Campanari, X., y Rodrigues, A. (2021). La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. *Revista Científica "General José María Córdova"*, 19(33), 223-241.

Universidad de Cartagena, Gómez, A., Guzmán, Y., & Corporación Colegio Trinitario de Cartagena. (2013). La transferencia del aprendizaje en matemática: El caso de las funciones lineal, cuadrática y exponencial. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v16.n2.2013.931>

Van Merriënboer J. & Kester L. (S.f) The FourComponent Instructional Design Model:
Multimedia Principles in Environments for Complex Learning

Yamit, W., y Montes, B. (2022) Percepción del aprendizaje de anatomía del neurocráneo con realidad virtual, en los estudiantes de pregrado de primer semestre, de la facultad de ciencias de la salud de la institución universitaria escuela colombiana de rehabilitación. Universidad Nacional de Colombia.