



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE DISEÑO MULTIMEDIA

**DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SIMULADOR DE
REALIDAD VIRTUAL PARA CAPACITACIÓN TÉCNICA EN BARISMO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Licenciado en Diseño Multimedia

AUTORES: JOSÉ BOLIVAR SALAZAR ROMERO
ANTONIO JAVIER YUPA PALAGUACHI
TUTOR: ING. ANDRÉS MARCELO CALLE BUSTOS

Cuenca - Ecuador

2026

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, José Bolivar Salazar Romero con documento de identificación N° 0706720463 y Antonio Javier Yupa Palaguachi con documentación de identificación N° 0302925359; manifestamos que:

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

Cuenca, 23 de enero del 2026

Atentamente,



José Bolivar Salazar Romero
0706720463



Antonio Javier Yupa Palaguachi
0302925359

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

Nosotros, José Bolivar Salazar Romero con documento de identificación N° 0706720463 y Antonio Javier Yupa Palaguachi con documentación de identificación N° 0302925359, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto integrador: “Diseño, implementación y evaluación de un simulador de realidad virtual para capacitación técnica en barismo”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Licenciado en Diseño Multimedia, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 23 de enero del 2026

Atentamente,



José Bolivar Salazar Romero
0706720463



Antonio Javier Yupa Palaguachi
0302925359

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Andrés Marcelo Calle Bustos con documento de identificación N° 0104021191, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaró que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SIMULADOR DE REALIDAD VIRTUAL PARA CAPACITACIÓN TÉCNICA EN BARISMO realizado por José Bolívar Salazar Romero con documento de identificación N° 0706720463 y por Antonio Javier Yupa Palaguachi con documentación de identificación N° 0302925359, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto integrador que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 23 de enero del 2026

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**ANDRES MARCELO
CALLE BUSTOS**
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Andrés Marcelo Calle Bustos

0104021191

DEDICATORIA

Yo, Jose Bolivar Salazar Romero, dedico este trabajo de titulación a mi padre quien me impulsó a seguir mis sueños, a mi madre quien pese a todas las dificultades nunca dejó de apoyarme, a mi hermana que nunca dejó de creer en mí, a mis sobrinos a los cuales les tengo mucho cariño y a mis amigos que me han acompañado durante toda esta etapa de mi vida.

Yo, Antonio Javier Yupa Palaguachi, dedico este trabajo de titulación a mi mamá que gracias a su apoyo infinito supo comprender los cambios que tuve en cuanto a mi elección profesional, cuyo amor incondicional se convirtió en el faro que me guía en todo momento pues fue padre, madre y amiga al mismo tiempo.

A ti, Daniela Vivar, quien creyó en mí cuando yo mismo dudaba. Gracias por ser la brújula en mis momentos de incertidumbre y por impulsarme a reencontrarme con mi verdadera pasión. Este logro es también tuyo, por ser mi compañera y el motivo para buscar siempre mi mejor versión.

A mis amigos, por hacer de este recorrido académico una experiencia única. Admiro profundamente su lealtad y capacidad; estoy convencido de que su talento sembrará el camino para inspirar a muchas más personas.

AGRADECIMIENTOS

Yo, José Bolívar Salazar Romero, agradezco a mis padres, a mi hermana y a mis amigos quienes siempre me han apoyado durante todo este camino.

También quiero agradecer a mis profesores los cuales me han brindado su apoyo y conocimientos durante mis estudios.

Yo, Antonio Javier Yupa Palaguachi, agradezco a mi madre por darme la oportunidad y apoyo incondicional para poder estudiar. A Daniela que siempre se mantuvo cerca dándome su apoyo y ayudándome en todo. A todos mis amigos quienes son mi motivación a continuar mejorando día tras día.

Extiendo un agradecimiento a todos mis profesores de la carrera que gracias a su tiempo y enseñanza hoy puedo estar seguro de salir al mundo profesional teniendo en mente todo su conocimiento compartido.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTOS.....	6
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
Capítulo I: Generalidades	15
1.1 Introducción	15
1.2 Planteamiento del problema.....	16
1.3 Justificación	16
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Objetivo general.....	17
1.4.2 Objetivos específicos	17
1.5 Hipótesis de investigación	18
1.6 Alcance y limitaciones	18
1.6.1 Delimitación de la experiencia.....	18
1.6.2 Hardware objetivo.....	18
1.7 Diseño metodológico	19
1.7.1 Metodología Design Thinking	19
1.8 Marco teórico y referencial	21
1.8.1 Fundamentos de realidad virtual	21
1.8.2 Contexto de Realidad Virtual y Hardware.....	22
1.8.2.1 Configuración Sensorial y Rastreo en RV	23
1.8.2.2 La Percepción del Usuario y el Generador de Mundo Virtual (VWG)	24
1.8.3 Concepto y Evolución del Barismo	26
1.8.4 Física de fluidos	28
1.8.4.1 Carga geométrica constante	28
1.8.5 Herramientas y tecnologías.....	29
1.8.5.1 Unity como motor de desarrollo XR.....	29
1.8.6 Software de modelado y texturizado.....	30
1.8.7 Análisis de referentes	31
Capítulo II. Análisis del perfil del usuario y determinación de requerimientos técnicos para la capacitación en barismo	36
2.1 Fase 1: Empatizar.....	36
2.1.1 Recolección de información	36
2.1.2 Análisis de los datos obtenidos de encuestas hacia los usuarios	37
2.1.2.1 Identificación de puntos de dolor y dificultades técnicas	37
2.1.3 Análisis de los datos obtenidos de encuestas hacia los clientes.....	40
2.1.3.1 Identificación de puntos de dolor y dificultades técnicas	40
2.1.4 Observación del proceso de preparación del café - MATRIZ AEIOU.....	42
2.1.5 Mapa de empatía	44
2.2 Fase 2: Definir.....	47

2.2.1 Diagrama de Ishikawa.....	47
2.2.2 Método 5W + 1H	48
2.2.3 User persona.....	49
2.2.4 User journey map	51
2.2.5 Definición de requerimientos funcionales y técnicos	52
2.2.5.1 Requerimientos Funcionales	52
2.2.5.2 Requerimientos Técnicos	53
2.3 Fase 3: Idear	54
2.3.1 Brainstorming mediante la técnica SCAMPER.....	54
2.3.2 Arquitectura de la Información	56
2.3.3 User Flow	57
2.3.4 Plano del espacio de la cafetería y distribución óptima para flujo de trabajo.....	58
CAPÍTULO III: Prototipado y desarrollo.....	59
3.1 Diseño de la interfaz y la experiencia	59
3.1.1 Wireframes de menús	59
3.1.2 Guía de estilo visual.....	61
3.1.2.1 Logotipo.....	61
3.1.2.2 Colores Institucionales.....	62
3.1.2.4 Usabilidad: Variación del Logotipo.....	63
3.1.2.5 Identidad Verbal.....	64
3.1.3 Feedback visual y sonoro.....	64
3.1.3.1 Retroalimentación visual y paneles de interfaz	65
3.1.3.2 Diseño y efectos visuales	65
3.1.3.3 Accesibilidad y guía auditiva.....	66
3.2 Producción de objetos 3D	68
3.2.1 Modelado de objetos para la cafetería y entorno	68
3.2.2 Máquina de Espresso - La Marzocco.....	68
3.2.3 Molienda - Mahlkonig EK43	70
3.2.4 Portafiltro	70
3.2.5 Entorno Cafetería	71
3.3 Montaje y programación en unity	72
3.3.1 Configuración del entorno	72
3.3.2 Implementación del sistema de interacción	74
3.3.3 Simulación de fluidos y partículas	75
3.3.4 Lógica de programación de la secuencia	76
3.4 Empaquetado y distribución de la aplicación	79
3.4.1 Generación del APK	79
3.4.2 Despliegue de la aplicación en la tienda de Meta	79
CAPÍTULO IV: Validación y testeo	81
4.1 Protocolo de pruebas.....	81
4.1.1 Selección de usuarios de prueba	81

4.1.2 Tareas a realizar dentro de la simulación.....	82
4.1.3 Entorno y colaboración.....	83
4.2 Resultados del testeo de usabilidad.....	84
4.2.1 Mallas receptoras de información.....	84
4.2.2 Validación de la Competencia Técnica.....	85
4.2.3 Evaluación de la Experiencia de Usuario (UEQ).....	88
4.2.4 Validación Técnica por Juicio de Expertos.....	90
4.2.5 Evidencias de las sesiones de prueba de usuario.....	91
4.3 Discusión de Hallazgos.....	94
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.....	96
5.1 Conclusiones.....	96
5.2 Recomendaciones para trabajos futuros.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de Interacción entre el Organismo y el Hardware de RV	23
Figura 2. Proceso de percepción y transmisión de estímulos sensoriales en RV	24
Figura 3. Modelo de percepción humana y procesamiento de estimulación natural	25
Figura 4. Coffee Quest VR.....	33
Figura 5. Barista Simulator	33
Figura 6. Barista Simulator	34
Figura 7. The Mixologist	34
Figura 8. B2B Vive Business	35
Figura 9. Barista Express	35
Figura 10. Accidentes Frecuentes dentro del Barismo	38
Figura 11. Módulos con Mayor Complejidad dentro del Barismo	39
Figura 12. Preferencias de los usuarios respecto al estilo visual del entorno de RV.....	39
Figura 13. Principales motivadores para la adopción de herramientas virtuales en la formación de baristas	40
Figura 14. Tiempo que le toma a un Barista ser Autónomo en su Trabajo	41
Figura 15. Nivel de equipamiento técnico y acceso a hardware especializado en cafeterías ..	42
Figura 16. Mapa de Empatía del perfil de usuario aplicado a la fase de empatía.....	45
Figura 17. Diagrama de Ishikawa que Extrae los Principales Efectos de la Capacitación Tradición.....	47
Figura 18. User Persona Enfocado a Dueños de Cafeterías / Clientes	50
Figura 19. User Persona Enfocado a Usuarios / Principiantes en Barismo	51
Figura 20 Journey Map del Proceso que Realiza un Barista en Monte Bianco.....	52
Figura 21. Brainstorming Realizado con el Método SCAMPER	55
Figura 22. Arquitectura de la Experiencia de RV	56
Figura 23. Proceso de User Flow que Recorre el Usuario dentro de la Aplicación	57
Figura 24. Mapa del Escenario y Organización de la Estación de Trabajo Barista.....	59
Figura 25. Prototipos de Baja Fidelidad de las Interfaces y Alertas de la Aplicación.....	60
Figura 26. Construcción y Área de Seguridad de la Marca Lets Make a Coffe	61
Figura 27. Paleta de Colores Institucionales de la Marca Lets Make a Coffe	62
Figura 28. Tipografías Principales y Secundaria de la Marca Lets Make a Coffe	63
Figura 29. Variantes de Uso del Logotipo de la Marca Lets Make a Coffe	64
Figura 30. Prototipos de Alta Fidelidad de las Interfaces y Alertas de la Aplicación	65
Figura 31. Mezcla de Sonidos para la Técnica Foley	66
Figura 32. Modelo Low Poly y Final de la Maquina de Espresso.....	69
Figura 33. Modelo Low Poly y Final de la Molienda de Café	70
Figura 34. Modelo Low Poly y Final del Portafiltro	71
Figura 35. Modelo Low Poly y Final del Espacio de Trabajo	72
Figura 36. Pantalla de creación de proyectos en Unity.....	73
Figura 37. Sección Package Manager dentro del programa de Unity.....	73
Figura 38. Interfaz de usuario de la experiencia en realidad virtual	74

Figura 39. Objetos dinámicos dentro de la experiencia: taza, filtro de café y jarra de acero ..	74
Figura 40. Objetos estáticos dentro de la experiencia: cafetera, molienda y balanza.....	75
Figura 41. Líquido de expreso cayendo de la cafetera y jarra de acero llena de leche.....	76
Figura 42. Ventana “Project Settings” de la aplicación Unity.....	79
Figura 43. Ventana de distribución en “Meta Quest Developer Hub	80
Figura 44. Ventana de Usuarios de la aplicación en Meta.....	80
Figura 45. Competencia Técnica promedio (Pre vs Post).....	87
Figura 46. Distribución de Puntajes.....	88
Figura 47. Calidad de Experiencia de Usuario según dimensiones UEQ.....	90
Figura 48. Prueba de usuario cafetería Slow Brew	92
Figura 49. Prueba de usuario cafetería Slow Brew	92
Figura 50. Prueba de usuario cafetería Slow Brew	93
Figura 51. Prueba de usuario cafetería Coffee Cor.....	93
Figura 52. Encuesta de satisfacción y conocimiento Coffee Cor	94
Figura 53. Consentimiento Firmado - Coffee Cof	135
Figura 54. Consentimiento Firmado - SlowBrew	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fases del Design Thinking	20
Tabla. 2. Actividades de cada fase del Design Thinking	21
Tabla 3. Tipos y Funciones de Herramientas de Barismo.....	27
Tabla 4. Simuladores referentes en el mercado	32
Tabla 5. Secciones de las encuestas para usuarios y negocios / instituciones	37
Tabla 6. Matriz AEIOU	42
Tabla 7. Método 5W + 1H	49
Tabla 8. Requerimientos funcionales para la experiencia de RV	53
Tabla 9. Requerimientos técnicos para la experiencia de RV	54
Tabla 10. Acciones y objetos usados para la técnica Foley.....	66
Tabla 11. Líneas de diálogo para voz en off dentro de la experiencia RV.....	67
Tabla 12. Ventana “Project Settings” de la aplicación Unity	82
Tabla 13. Ventana “Project Settings” de la aplicación Unity	84
Tabla 14. Estadística Descriptiva de los resultados del Pre-Test y Post-Test	86
Tabla 15. Prueba de Rangos con Signo de Wilcoxon	86
Tabla 16. Criterios de evaluación de las pruebas de usuario.....	104
Tabla 17. Resultados Prueba de Pres y Post - Test de cada participante	107
Tabla 18. Resultados de cada participante de la prueba UEQ.....	108
Tabla 19. Script de SnapPoint.....	109
Tabla 20. Script de SnapableObject.....	112
Tabla 21. Script de CoffeGrinder.....	115
Tabla 22. Script de CoffeTamper.....	118
Tabla 23. Script de EspressoMachine	121
Tabla 24. Script de ExtrationButton	125
Tabla 25. Script de TutorialAudioManager	128
Tabla 26. Script de TutoriaFaseTrigger	133

RESUMEN

La capacitación técnica en barismo enfrenta desafíos como altos costos de maquinaria, desperdicio de insumos y riesgos físicos por manipulación de vapor y agua hirviendo. Esta investigación desarrolló y validó un entorno de Realidad Virtual llamado "Let's Make a Coffee", orientado a la enseñanza segura y efectiva de los fundamentos del espresso.

Se diseñó un prototipo inmersivo de estética minimalista y se realizó un estudio cuasi-experimental con 10 usuarios novatos, evaluando el desempeño técnico mediante pre-test/post-test y la experiencia de usuario con el cuestionario UEQ.

Los resultados mostraron una mejora significativa en el desempeño (de 6.40, $SD=0.97$, a 8.30, $SD=0.95$; $p<0.01$), indicando fortalecimiento de la memoria procedimental. La usabilidad obtuvo alta calidad hedónica (1.95), superior a la pragmática (1.83), percibiéndose como motivante, seguro y estimulante.

Se concluye que la realidad virtual es una herramienta viable para estandarizar procesos y reducir riesgos en la formación gastronómica inicial.

Palabras clave: Realidad Virtual, Barismo, Capacitación Técnica, Simulación, Experiencia de Usuario (UEQ), Educación Inmersiva.

ABSTRACT

Technical barista training faces significant challenges: high machinery costs, waste of supplies, and physical risks from handling steam and boiling water. This study developed and validated a Virtual Reality (VR) environment, *Let's Make a Coffee*, for safe and effective teaching of espresso fundamentals.

An immersive prototype with minimalist aesthetics was designed, and a quasi-experimental study was conducted with 10 novice users. Technical performance was measured via pre-test/post-test, and user experience via the UEQ questionnaire.

Results showed significant performance improvement (from 6.40, SD=0.97, to 8.30, SD=0.95; $p < 0.01$), evidencing strengthened procedural memory. Usability scores revealed outstanding hedonic quality (1.95), surpassing pragmatic quality (1.83), indicating the environment is highly motivating, safe, and stimulating despite cognitive demands.

Virtual reality emerges as a viable tool for standardizing processes and reducing risks in initial gastronomic training.

Keywords: Virtual Reality, Barista Training, Technical Training, Simulation, User Experience (UEQ), Immersive Education.

Capítulo I: Generalidades

1.1 Introducción

La industria del café de especialidad ha experimentado un crecimiento exponencial en la última década, demandando cada vez más profesionales capacitados en la técnica del barismo. Sin embargo, la formación tradicional de estos expertos enfrenta barreras significativas: el alto costo de la maquinaria, el desperdicio constante de insumos durante las prácticas y los riesgos físicos inherentes a la manipulación de líquidos a altas temperaturas y vapor a presión. Ante este escenario, la tecnología emerge como una solución viable para democratizar y asegurar el acceso a la capacitación técnica.

El presente trabajo, titulado *Diseño, implementación y evaluación de una experiencia de realidad virtual para capacitación técnica en barismo*, propone una alternativa innovadora basada en la simulación inmersiva. A través del desarrollo del prototipo denominado *Let's Make a Coffee*, se busca trasladar el entorno de una cafetería real a un espacio virtual seguro, donde los estudiantes puedan adquirir y perfeccionar la memoria procedimental necesaria para la calibración del molino, la extracción del espresso y la vaporización de la leche, sin los costos y riesgos del mundo físico. La simulación inmersiva permite que el estudiante adquiera competencias técnicas en un entorno controlado, reduciendo la brecha entre la teoría y la práctica profesional (Jensen & Konradsen, 2018).

La investigación aborda el problema desde una perspectiva interdisciplinaria que combina el diseño de interfaces diegéticas, el modelado 3D bajo estética minimalista y la pedagogía técnica. El desarrollo se centró no solo en la replicación visual de la maquinaria, sino en la fidelidad del flujo de trabajo, permitiendo al usuario interactuar con los elementos clave de la estación de barismo mediante un visor de Realidad Virtual (RV).

1.2 Planteamiento del problema

El auge de la cultura del café de especialidad ha generado una creciente demanda de baristas altamente calificados; sin embargo, los modelos de capacitación técnica actuales enfrentan limitaciones críticas en términos de eficiencia y accesibilidad.

La formación tradicional en barismo requiere el uso constante de maquinaria de alto costo y el consumo masivo de insumos (café de fino aroma, leche, etc), lo que eleva los gastos operativos y limita las oportunidades de práctica repetitiva para los estudiantes.

Esta dependencia de recursos físicos limitados dificulta la estandarización de los procesos técnicos, ya que el aprendizaje se ve condicionado por la disponibilidad de insumos y equipos, impidiendo que el aspirante desarrolle la precisión y la memoria muscular necesarias para cumplir con los estándares internacionales de calidad exigidos en el mercado local.

1.3 Justificación

La presente investigación se justifica por la necesidad imperante de modernizar los procesos de enseñanza técnica en el sector gastronómico. De acuerdo con Escandell-Poveda et al. (2021), la integración de tecnologías inmersivas en la educación culinaria permite una democratización del conocimiento, superando las barreras de las infraestructuras físicas tradicionales. El método convencional de formación de baristas es, por naturaleza, ineficiente en el uso de recursos. Cada error cometido durante la etapa de aprendizaje implica el desperdicio de leche y café de alta calidad, insumos que representan un costo operativo significativo para las academias y emprendimientos locales.

Al respecto, la Specialty Coffee Association (SCA, 2023) enfatiza que la sostenibilidad económica en la formación técnica depende de la reducción de mermas. En este sentido, la implementación de una experiencia de realidad virtual permite trasladar este costo marginal de

aprendizaje a un entorno digital de gasto cero por repetición, transformando la formación en un proceso sostenible y económicamente viable.

En el barista profesional, la calidad del producto final depende de la precisión milimétrica y la consolidación de la memoria muscular. No obstante, la instrucción humana suele estar sujeta a criterios subjetivos. Investigaciones sobre aprendizaje motor en entornos inmersivos. Según Jensen y Konradsen (2018), validan que la RV ofrece un entorno controlado donde las variables técnicas son constantes y medibles. Esto facilita que el estudiante adquiera una memoria procedimental robusta y reduzca los riesgos operativos como quemaduras o daños en la maquinaria antes de interactuar con equipos reales.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar, implementar y evaluar una experiencia de RV enfocada en la capacitación técnica de barismo, que mejore la eficiencia y estandarización del proceso de preparación de café en el aprendizaje inicial, a través de un enfoque centrado en el usuario y validando su impacto en el desempeño técnico y la experiencia de los participantes.

1.4.2 Objetivos específicos

1. **Diagnosticar** las necesidades de formación técnica y los puntos de dolor del usuario, para establecer los requerimientos funcionales y técnicos de la experiencia virtual.
2. **Diseñar** la arquitectura de la información, el flujo de usuario y el apartado gráfico, proponiendo una solución minimalista y ergonómica basada en los hallazgos previos.
3. **Desarrollar** el prototipo funcional de RV utilizando el motor Unity y modelado 3D, implementando las mecánicas de interacción y físicas de fluidos definidas.

4. **Evaluar** la usabilidad y la experiencia de usuario del simulador mediante la fase de Testeo con la muestra seleccionada, para validar la hipótesis sobre la mejora en la curva de aprendizaje.

1.5 Hipótesis de investigación

La implementación de una experiencia de realidad virtual mejora el aprendizaje inicial técnico en barismo al proporcionar un entorno seguro que elimina el costo por error y el desperdicio de insumos, facilitando la adquisición de memoria procedimental, reduciendo la ansiedad operativa y generando un incremento significativo en el desempeño técnico de los usuarios, particularmente en aprendices novatos.

1.6 Alcance y limitaciones

1.6.1 Delimitación de la experiencia

El proyecto abarca el diseño y evaluación de un prototipo de RV para capacitación en técnicas de espresso, vaporización y mantenimiento de equipos, dirigido a baristas principiantes y profesionales. No cubrirá aspectos comerciales, ni profundizará en la formación teórica extensa fuera del ámbito técnico-práctico. La evaluación se realizará principalmente a nivel experimental en grupos controlados, utilizando métricas cuantitativas y cualitativas para medir la eficacia de la experiencia virtual. Las limitaciones incluyen la disponibilidad de recursos tecnológicos, la accesibilidad de los participantes y la posibilidad de sesgos en la evaluación de los resultados, además, en el aspecto técnico existe la limitación de software para el manejo de líquidos y físicas avanzadas para RV.

1.6.2 Hardware objetivo

El proyecto está diseñado para ejecutarse en dispositivos de RV, como lo son los visores Meta Quest, elegidos por ser dispositivos autónomos que no necesitan estar conectados a una computadora para funcionar. Esta característica hace que la capacitación sea mucho más

accesible de llevar a cualquier lugar sin la necesidad de instalaciones complejas. Al ser un sistema totalmente inalámbrico, permite que el usuario se mueva con total libertad para practicar las tareas de barismo de manera natural y cómoda facilitando así el proceso de aprendizaje.

1.7 Diseño metodológico

La presente investigación adopta un enfoque mixto con un alcance descriptivo-explicativo, estructurado bajo la metodología de Design Thinking para garantizar que la experiencia de RV responda a las necesidades reales del usuario (Chang et al., 2022). El estudio se define como cuasiexperimental, ya que busca establecer una relación de causalidad entre la implementación de la RV y la mejora en la capacitación técnica del barista, comparando el desempeño de un grupo bajo formación tradicional frente a un grupo experimental bajo el entorno inmersivo (Merchant et al., 2014).

La dimensión cuantitativa estará orientada a la medición de métricas de eficiencia, tiempos de ejecución y niveles de estandarización técnica según parámetros internacionales, mientras que la dimensión cualitativa profundiza en la experiencia del usuario, la percepción de confianza y la satisfacción durante las fases de empatía y testeo propias del diseño centrado en el humano; este enfoque integral permite neutralizar las debilidades de cada método por separado y ofrecer una comprensión holística del fenómeno de aprendizaje (Creswell & Creswell, 2018).

1.7.1 Metodología Design Thinking

Para el desarrollo del proyecto se ha seleccionado la metodología Design Thinking, la cual, según Leinonen y Durall (2014), se define como un enfoque de investigación centrado en el ser humano que trasciende la búsqueda de respuestas directas para enfocarse en la creación de soluciones colaborativas e iterativas que mejoren el estado actual del usuario.

Bajo esta premisa de Diseño Basado en la Investigación, el presente proyecto articula el rigor del análisis técnico del barismo con la flexibilidad de la innovación tecnológica, estructurado en cinco fases cíclicas: empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar.

Tabla.1

Fases del Design Thinking

Fase Design Thinking	Definición
Empatizar	Investigación profunda de las necesidades, miedos y limitaciones de los usuarios para entender el problema desde su perspectiva humana.
Definir	Síntesis de la información recolectada para identificar el problema central y establecer los requisitos técnicos y funcionales necesarios para la solución.
Idear	Proceso creativo para generar múltiples soluciones y diseñar el flujo de interacción, centrándose en cómo la tecnología VR puede facilitar el aprendizaje.
Prototipar	Construcción de una versión interactiva y tangible (aunque simplificada) de la solución para convertir las ideas en un modelo de prueba.
Evaluar (Test)	Fase de validación donde el prototipo es puesto a prueba por usuarios reales para medir su efectividad y contrastar la hipótesis inicial.

Nota. Elaboración propia, basado en

[https://www.europeanscrum.org/uploads/2/4/5/1/24513648/gui%CC%81a_design_thinking_oficial_2025.v1.0 - europeanscrum.org.pdf](https://www.europeanscrum.org/uploads/2/4/5/1/24513648/gui%CC%81a_design_thinking_oficial_2025.v1.0_-_europeanscrum.org.pdf)

En la tabla 2, se detallan las actividades a ejecutar en cada etapa, orientadas a crear una experiencia de realidad virtual de alta fidelidad.

Tabla.2*Actividades de cada fase del Design Thinking*

Fase Design Thinking	Fases de ejecución	Actividad Principal
1. Empatizar	Diagnóstico y Marco Referencial	Realización de encuestas y observación directa en cafeterías de Cuenca para identificar las mayores dificultades técnicas en el barismo.
2. Definir	Planteamiento y Requerimientos	Filtrado de hallazgos para determinar qué procesos específicos (ej. calibración de molienda) serán abordados por la realidad virtual.
3. Idear	Diseño de la Solución (Propuesta)	Elaboración de <i>storyboards</i> , diseño de la interfaz de usuario (UI) y planificación de las mecánicas de simulación inmersiva.
4. Prototipar	Desarrollo Técnico	Modelado 3D de la maquinaria, programación de la física de fluidos y ensamblaje del entorno virtual en el motor de desarrollo.
5. Evaluar (Test)	Validación y Análisis	Ejecución del experimento comparativo entre el método VR y el tradicional, aplicando rúbricas de evaluación técnica.

Nota. Elaboración propia, basado en

https://www.europeanscrum.org/uploads/2/4/5/1/24513648/gui%CC%81a_design_thinking_oficial_2025.v1.0_-_europeanscrum.org.pdf

1.8 Marco teórico y referencial

1.8.1 Fundamentos de realidad virtual

La Realidad Virtual (RV) se define como una tecnología que utiliza sistemas informáticos para generar entornos simulados, permitiendo al usuario interactuar y explorar un mundo tridimensional artificial en tiempo real (Yasar, 2024). Más allá de su aplicación lúdica, la RV representa una evolución en la interfaz humano-computadora, donde la barrera entre lo físico y lo digital se disuelve para sumergir los sentidos del usuario en una experiencia controlada.

Desde una perspectiva técnica, el funcionamiento de la RV se basa en un bucle continuo de interacción entre el organismo humano y el hardware. Según LaValle (2019), este sistema está diseñado para engañar a los sentidos mediante estímulos artificiales. El proceso inicia cuando el usuario realiza una acción física, la cual es capturada por sensores de rastreo. El sistema procesa esta información y genera una respuesta sensorial inmediata, visual o auditiva, que debe coincidir perfectamente con la expectativa propioceptiva del usuario para mantener la ilusión de realidad.

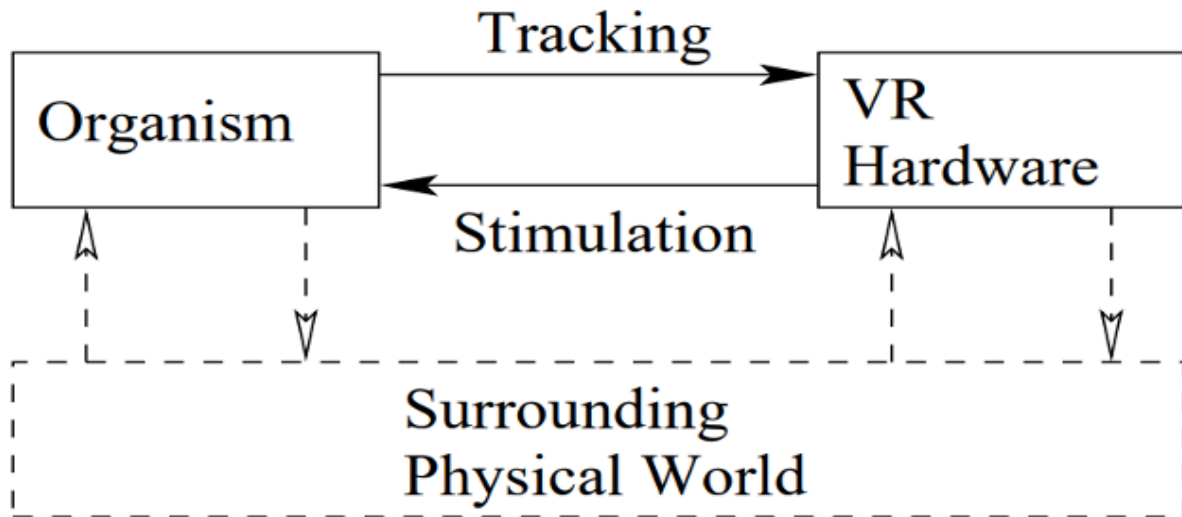
1.8.2 Contexto de Realidad Virtual y Hardware

Para entender cómo funciona la RV, no podemos limitarnos a verla solo como un conjunto de computadoras, cascos o controles. El factor más importante es el usuario, ya que el sistema está diseñado para engañar sus sentidos mediante estímulos controlados que generan una ilusión de lugar y una ilusión de plausibilidad (Slater, 2018).

Aunque el usuario está inmerso en un mundo virtual, su cuerpo sigue interactuando con el mundo real. El sistema de RV debe considerar este espacio físico para que los movimientos corporales sean seguros y naturales, permitiendo que el usuario se desplace o estire los brazos para alcanzar los utensilios de la barra virtual sin chocar con objetos reales; esta coordinación entre el espacio físico y el virtual es lo que define una presencia efectiva y segura (Bowman, 2020). El hardware de RV actúa, por tanto, como un puente o interfaz sensorial que traduce las intenciones biológicas del usuario en acciones dentro del entorno simulado (Anthes et al., 2016).

Figura 1

Modelo de Interacción entre el Organismo y el Hardware de RV



Nota. Tomado de *Virtual Reality*, por S. M. LaValle, 2019, Cambridge University Press (<https://msl.cs.uiuc.edu/vr/vrbook.pdf>)

1.8.2.1 Configuración Sensorial y Rastreo en RV

Para que la experiencia sea inmersiva, debemos entender que los órganos sensoriales no son estáticos; se mueven junto con el usuario y, en algunos casos, tienen autonomía propia respecto al resto del cuerpo. Cada uno de estos órganos posee un espacio de configuración, que son todas las posiciones o cambios posibles que puede realizar, definidos técnicamente como Grados de Libertad.

Un ejemplo claro es el complejo cabeza-ojos, que opera con seis grados de libertad (6DOF):

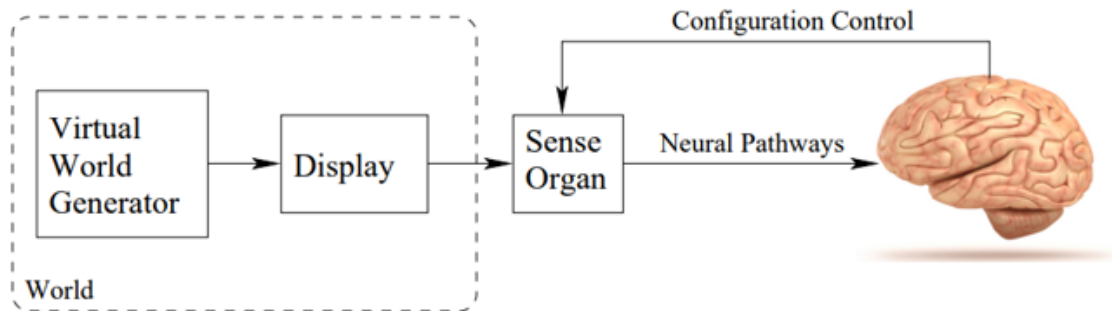
1. **Tres de posición:** Movimientos en los ejes x, y, z (lateral, vertical y profundidad).
2. **Tres de orientación:** Los giros sobre su propio eje, conocidos como pitch, yaw y roll (inclinación, giro y rotación).

Para que el simulador funcione correctamente, el sistema de rastreo debe ser capaz de identificar cada uno de estos movimientos con precisión. Solo así se puede garantizar que los

estímulos artificiales coincidan perfectamente con la posición real de sus sentidos, logrando una interacción natural.

Figura 2

Proceso de percepción y transmisión de estímulos sensoriales en RV



Nota. Tomado de *Virtual Reality*, por S. M. LaValle, 2019, Cambridge University Press (<https://msl.cs.uiuc.edu/vr/vrbook.pdf>)

1.8.2.2 La Percepción del Usuario y el Generador de Mundo Virtual (VWG)

Aunque el cerebro controla naturalmente nuestros órganos sensoriales para traducir los estímulos del entorno en impulsos neuronales, en la realidad virtual este proceso se ve alterado de forma controlada (LaValle, 2019). Para lograrlo, el sistema utiliza un Generador de Mundo Virtual (VWG), es el software encargado de crear ese universo alternativo donde el usuario va a interactuar.

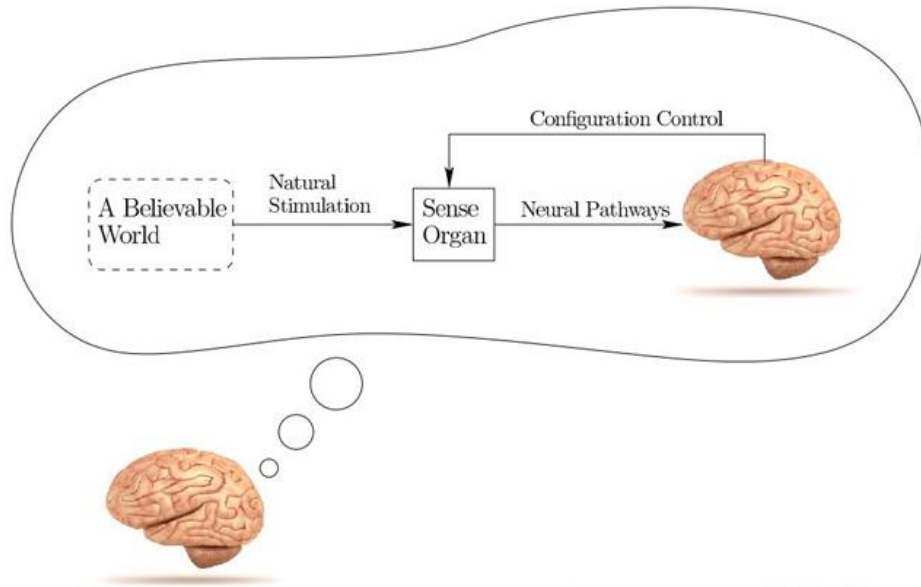
El proceso funciona de la siguiente manera:

- **Renderización de estímulos:** Mediante pantallas y dispositivos, el VWG genera energía (visual, auditiva o háptica) diseñada específicamente para imitar elementos de la naturaleza. Este proceso, llamado renderización, es el que nos permite ver y sentir el mundo virtual.
- **Adaptación Cerebral:** El éxito de un sistema de RV radica en que sea tan preciso que el cerebro termine adaptándose a estos estímulos artificiales. Si la simulación está bien hecha, el usuario deja de percibir la interferencia de los dispositivos y comienza a creer

que la estimulación sensorial es natural, aceptando el mundo virtual como una realidad lógica.

Figura 3

Modelo de percepción humana y procesamiento de estimulación natural



Nota. Tomado de *Virtual Reality*, por S. M. LaValle, 2019, Cambridge University Press (<https://msl.cs.uiuc.edu/vr/vrbook.pdf>)

En la actualidad, el desarrollo de sistemas de RV presenta un desafío técnico considerable, ya que muchas funciones deben implementarse desde la base. Los desarrolladores suelen enfrentarse a dos caminos principales:

- **Uso de SDKs específicos:** Utilizar kits de desarrollo de software propios de cada visor para gestionar operaciones de bajo nivel, como los controladores de dispositivos, el rastreo de la cabeza y la salida de video.
- **Motores de Videojuegos:** Emplear motores como Unity o Unreal Engine. Aunque originalmente fueron diseñados para pantallas 2D, han sido adaptados para RV, permitiendo ahorrar tiempo en las etapas iniciales, aunque pueden presentar limitaciones al intentar implementar mecánicas pedagógicas que se alejen de los estándares de un videojuego convencional (Unity Technologies, 2023).

Independientemente de la ruta elegida, el corazón del sistema es el VWG. Este componente es el encargado de recibir y procesar las entradas de los sistemas de bajo nivel, como las estimaciones de posición del rastreador de cabeza y los eventos de los controladores que llegan en cola para ser procesados. La función crítica del VWG es mantener una coherencia interna o realidad lo suficientemente sólida para que los renderizadores extraigan los datos necesarios y calculen las imágenes que el usuario verá en las pantallas.

1.8.3 Concepto y Evolución del Barismo

Para comprender la complejidad de esta profesión, es necesario remontarse a sus orígenes en los bares de Italia, donde algunos bármanes comenzaron a especializarse exclusivamente en el manejo de máquinas espresso. El término barista tiene un trasfondo histórico particular; surge oficialmente en 1938 como parte de una campaña nacionalista en Italia para sustituir anglicismos como barman, vinculando definitivamente el espresso con la identidad italiana (Morris, 2019).

En la actualidad, el perfil del barista se define por un dominio integral de variables físicas y químicas, lo que implica no solo comprender la interacción del agua y sus propiedades como el pH, la dureza y los minerales, sino también una gestión experta del insumo. Dado que cada grano es único, resulta indispensable poseer un conocimiento profundo sobre los procesos de tueste y la molienda correcta para lograr extraer las propiedades óptimas de sabor, aroma y cuerpo. A este rigor técnico se suma la necesidad de una habilidad motriz y sensorial refinada, fundamental para el manejo preciso de la emulsión de la leche y la innovación a través del arte latte. En última instancia, recae sobre el profesional la responsabilidad total de la experiencia; de su destreza, práctica constante y creatividad depende que el acto de beber café trascienda lo cotidiano (Hoffmann, 2018).

Tabla.

3

Tipos y Funciones de Herramientas de Barismo

Utensilio	Uso y Función en el Proceso	Impacto en la Calidad del Café
<p data-bbox="331 421 446 454">Tamper</p> 	Se usa para presionar, prensar y compactar manualmente el café molido en el filtro.	Elimina el aire entre el producto para que el agua tarde más en penetrar y aumente el tiempo de extracción del espresso.
<p data-bbox="284 748 494 781">Jarra de Acero</p> 	Su forma permite distribuir el flujo de leche de manera precisa, facilitando la creación de figuras.	Es necesaria para la emulsión correcta en bebidas como el cappuccino o el latte.
<p data-bbox="300 1059 478 1093">Termómetro</p> 	Sirve para monitorear que la leche no se recaliente más de lo debido, lo cual toma solo pocos segundos.	La temperatura ideal es de 65-68 °C; si se pasa, la leche se quema y pierde su dulzura habitual.
<p data-bbox="245 1317 533 1350">Báscula de Precisión</p> 	Se utiliza para determinar la cantidad precisa de café molido necesaria para la preparación.	El estándar técnico requiere exactamente 7 gramos de café para un espresso.
<p data-bbox="272 1653 505 1686">Pen de Latte Art</p> 	Se utiliza para realizar figuras detalladas sobre la crema de la leche una vez servida.	Es el complemento para que el resultado visual del "lateo" sea superior.

Molinillo de cafe

Ajusta el tamaño de la molienda según el método; el espresso requiere una molienda fina. Una molienda muy fina da notas amargas o a ceniza; una muy gruesa da una taza poco coposa y aguada.

Not

basada en

https://decentespreso.com/doc/everybody_espresso_es/everybody_espresso_es.pdf

1.8.4 Física de fluidos

La representación de fluidos en RV presenta un choque de técnica entre la fidelidad física y el rendimiento gráfico. Si bien la simulación basada en partículas es el estándar para representar el flujo o caída del líquido, su uso para volúmenes contenidos como el café dentro de una taza resulta computacionalmente inviable para dispositivos autónomos. Según Roldán-Reche (2024), el procesamiento de miles de partículas individuales conlleva un costo elevado tanto en la CPU como en la GPU, lo que drásticamente reduce la tasa de cuadros por segundo.

En el contexto de los motores de desarrollo modernos, la simulación de fluidos suele priorizar la estabilidad visual sobre la precisión física absoluta. Como señalan Macklin y Müller (2013), las técnicas basadas en la posición permiten controlar la incompresibilidad del fluido y la colisión con objetos sólidos de manera robusta, garantizando que el líquido no atraviese las geometrías del entorno virtual.

1.8.4.1 Carga geométrica constante

A diferencia de los sistemas de partículas, donde la carga poligonal aumenta linealmente con la cantidad de líquido, un shader opera sobre una malla geométrica fija. Como explican las guías de optimización de Unity Technologies (2023), esto permite simular un volumen de

líquido complejo manteniendo un número de llamadas de dibujo constante, independientemente de la cantidad del líquido servido. El motor gráfico no necesita instanciar nuevos objetos, sino simplemente modificar la posición matemática de los vértices existentes en la fase de renderizado.

En lugar de calcular colisiones físicas en cada cuadro, el shader emula el comportamiento inercial del líquido mediante funciones matemáticas. Bouchard (2020) detalla que al vincular la normal de la superficie del líquido con la rotación del contenedor y aplicar una función de oscilación amortiguada, se logra una apariencia de viscosidad y movimiento realista con un costo de procesamiento cercano a cero para la CPU, ya que todo el cálculo se delega a la GPU de manera paralela.

1.8.5 Herramientas y tecnologías

1.8.5.1 Unity como motor de desarrollo XR

El desarrollo de sistemas de Realidad Virtual presenta desafíos técnicos que requieren herramientas capaces de gestionar operaciones de bajo nivel y renderizado en tiempo real. Para este proyecto, se ha seleccionado Unity como motor de desarrollo principal, debido a su robusta arquitectura orientada a experiencias de Extended Reality (XR) y su capacidad para integrar kits de desarrollo de software (SDKs) específicos de hardware autónomo como los visores Meta Quest.

Los componentes técnicos que definen a Unity como un motor XR eficaz son:

- **Generador de Mundo Virtual (VWG):** Unity funciona como el núcleo del software, encargado de recibir y procesar las entradas de los sensores de posición para mantener una coherencia interna que los renderizadores transforman en imágenes.

- **Gestión de Grados de Libertad (6DOF):** El motor permite mapear con alta fidelidad los seis grados de libertad del usuario, incluyendo los tres ejes de posición y los tres de orientación.
- **Bucle de Interacción Instantáneo:** El sistema garantiza que el proceso entre la acción física del usuario (Tracking) y la respuesta sensorial (Stimulation) sea casi instantáneo, lo cual es crítico para evitar el mareo y asegurar el realismo.
- **Renderización de estímulos:** Mediante pantallas y dispositivos, el motor genera energía visual, auditiva o háptica diseñada para imitar elementos naturales, permitiendo que el cerebro acepte la estimulación sensorial como una realidad lógica.
- **Arquitectura para Dispositivos Autónomos:** Unity facilita la compilación de software optimizado para hardware inalámbrico como los visores Meta Quest, eliminando la dependencia de cables y permitiendo que el usuario se mueva con total libertad.

1.8.6 Software de modelado y texturizado

En el marco del desarrollo de entornos virtuales, Blender se define como una suite de creación tridimensional multiplataforma que permite la gestión integral del pipeline de producción de activos digitales. Su rol es crítico para la generación de la realidad interna necesaria para que el Generador de Mundo Virtual ejecute una renderización de estímulos coherente con la percepción del usuario.

Las capacidades técnicas de Blender en el desarrollo de sistemas XR resultan críticas para equilibrar la fidelidad visual con el rendimiento del hardware. A través de su modelado geométrico y topología avanzada, el software permite la construcción de mallas poligonales con precisión métrica, garantizando que los objetos respeten los grados de libertad necesarios para una interacción natural. Este proceso se complementa con herramientas de mapeado UV y shading que facilitan la aplicación de materiales PBR, vitales para imitar la naturaleza y lograr

que el cerebro acepte la estimulación sensorial como una realidad lógica. Asimismo, Blender integra algoritmos de retopología y optimización imprescindibles para reducir la carga poligonal y mantener la tasa de refresco exigida por dispositivos autónomos como Meta Quest, mitigando así los efectos de la cinetosis. Finalmente, su arquitectura de exportación asegura una transferencia sistémica de activos hacia motores de desarrollo mediante formatos .FBX o .glTF, conservando intactas las jerarquías de transformación, los puntos de anclaje y los datos de normales (Unity Technologies, 2023).

1.8.7 Análisis de referentes

En el marco de la investigación sobre sistemas de entrenamiento inmersivo, se ha procedido a realizar un levantamiento de los principales referentes tecnológicos en el ámbito del barismo y la simulación de servicios. Estos sistemas representan el estado del arte actual y sirven como base comparativa para determinar el valor diferenciador de la presente propuesta.

Los hallazgos de este diagnóstico se encuentran sistematizados en la Tabla 4, en la cual se desglosan variables críticas como la estructura de costos, la modalidad de la experiencia y los objetivos pedagógicos subyacentes. Asimismo, se incluye una dimensión de análisis sobre la viabilidad de adquisición y despliegue técnico dentro del territorio ecuatoriano, considerando factores como la compatibilidad de hardware y el acceso a licencias digitales.

Nombre del Simulador	Plataformas Principales	Enfoque Principal	Mecánicas Detalladas	Disponibilidad en Ecuador	Costo (Aprox. USD)
Coffee Quest VR (Figura 4)	Meta Quest (App Lab), SteamVR	Formativo / Gestión	Calibración de molienda, texturización de leche, limpieza de estación, gestión de stock y recetas complejas.	Alta (Descarga digital directa).	\$3.99 - \$9.99
Barista Simulator (Figura 5)	SteamVR, PC VR, Xbox (vía Link)	Técnico / Operativo	Uso de máquinas profesionales, mantenimiento de equipos, más de 30 recetas reales, simulación de físicas de líquidos.	Media (Requiere PC potente + Visor).	\$14.99 (Suele haber ofertas).
Varista (Figura 6)	SteamVR (Oculus Quest 2/3 compatible)	Simulación Pura	Enfoque en la precisión del vertido y el orden lógico de preparación de pedidos. Menos "juego", más "entrenamiento".	Media (Vía Steam).	Por confirmar (Próximo lanzamiento).
The Mixologist (Figura 7)	Meta Quest 2, 3 & Pro	Técnico / Coctelería & Café	Aunque es de barra general, sus mecánicas de vertido y "recetario real" son las más avanzadas para Quest 3.	Alta (Optimizado para Quest 3).	\$19.99
Soluciones B2B (Ej. Invelon / VIVE Business) (Figura 8)	VIVE Focus, Meta Quest Pro	Corporativo / Entrenamiento	Módulos personalizados para cadenas de cafeterías, métricas de desempeño, evaluación de errores en tiempo real.	Baja (Bajo contrato para empresas).	Licencias corporativas (\$\$\$).
Barista Express (Figura 9)	Navegador VR (Oculus Browser)	Arcade / Introductorio	Preparación rápida de bebidas básicas. Ideal para eventos o demostraciones rápidas sin instalación.	Alta (Gratuito y Web-based).	Gratis

Nota. Elaboración propia

Figura 4
Coffee Quest VR



Figura 5
Barista Simulator



Figura 6
Barista Simulator

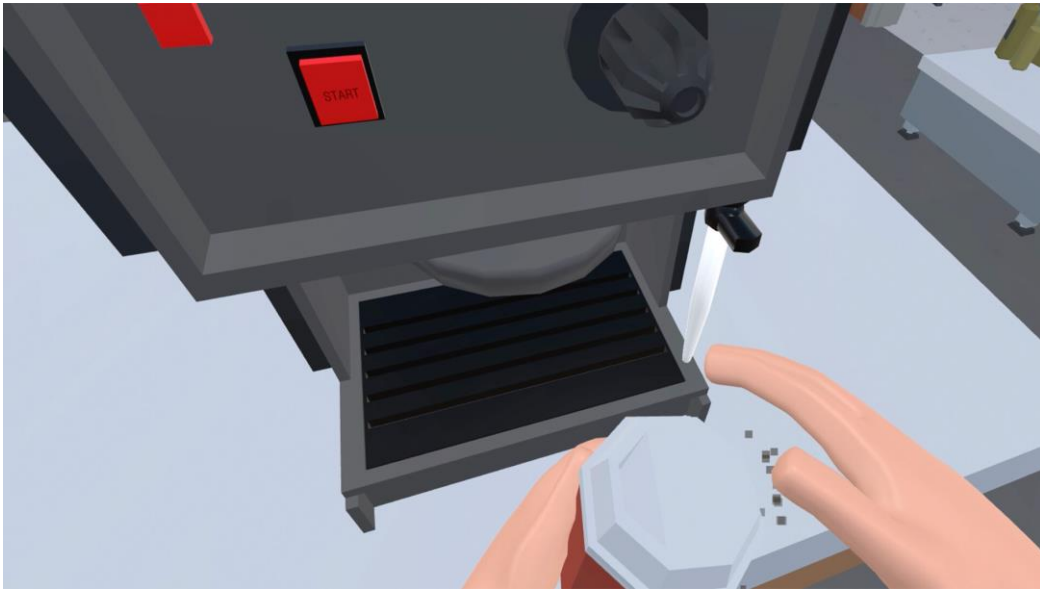


Figura 7
The Mixologist



Figura 8
B2B Vive Business



Figura 9
Barista Express



Capítulo II. Análisis del perfil del usuario y determinación de requerimientos técnicos para la capacitación en barismo

El presente capítulo desarrollará la fase de diagnóstico de la investigación, integrando las etapas de Empatizar, Definir e Idear bajo el marco metodológico del Design Thinking. El proceso iniciará con una inmersión en el contexto local para caracterizar de manera multidimensional el perfil del usuario, utilizando encuestas semi estructuradas que permiten identificar las brechas críticas en el aprendizaje tradicional del barismo.

A partir de este diagnóstico, se procederá con la definición de los requerimientos funcionales y técnicos, transformando las necesidades detectadas en especificaciones precisas para la solución tecnológica. Finalmente, el capítulo abordará la fase de ideación, donde se establece la arquitectura de la experiencia de realidad virtual y el flujo pedagógico necesario para optimizar la transferencia de conocimiento. Este enfoque garantiza que la propuesta no solo sea técnicamente viable, sino que esté rigurosamente fundamentada en las demandas reales del sector cafetalero y las facultades cognitivas de los aspirantes a baristas.

2.1 Fase 1: Empatizar

2.1.1 Recolección de información

Con el fin de obtener datos que sustenten el diseño de la experiencia de Realidad Virtual del proyecto, se lleva a cabo un proceso de investigación de campo mediante la aplicación de encuestas semiestructuradas. La muestra total estuvo conformada por 30 participantes, divididos en dos grupos: 25 usuarios que incluyen personas comunes, estudiantes, baristas, etc y 5 propietarios de negocios o representantes de instituciones vinculadas al sector de cafetería. Para el levantamiento de información se diseñaron dos cuestionarios estructurados. En la tabla 5 se detalla la composición y los objetivos de cada sección de los instrumentos aplicados.

Tabla.

Secciones de las encuestas para usuarios y negocios / instituciones

5

USUARIOS		NEGOCIOS / INSTITUCIONES	
DENOMINACIÓN	OBJETIVO	DENOMINACIÓN	OBJETIVO
Sección 1. Datos Generales	Identificar el perfil sociodemográfico de la muestra	Sección 1. Datos Personales	Identificar el cargo y experiencia
Sección 2. Perfil del Usuario	Determinar el nivel de experiencia previa en el área de barismo	Sección 2. Perfil del Negocio	Caracterizar el tipo de establecimiento y su flujo de personal
Sección 3. Puntos de Dolor	Identificar las dificultades críticas en el proceso de aprendizaje	Sección 3. Costos y Desperdicios	Conocer las pérdidas económicas en los procesos de entrenamiento
Sección 4. Validación RV	Medir el grado de aceptación a la RV como método de enseñanza	Sección 4. Validación de la propuesta	Evaluar el interés comercial en la implementación de la solución RV
Sección 5. Diseño UX / UI	Recoger preferencias visuales funcionales para el desarrollo del software	Sección 5 Barreras de entrada	Identificar los posibles obstáculos logísticos para la adopción.
Sección 6. Cierre	Recopilación, sugerencias adicionales y comentarios		

Nota. Elaboración propia

2.1.2 Análisis de los datos obtenidos de encuestas hacia los usuarios

2.1.2.1 Identificación de puntos de dolor y dificultades técnicas

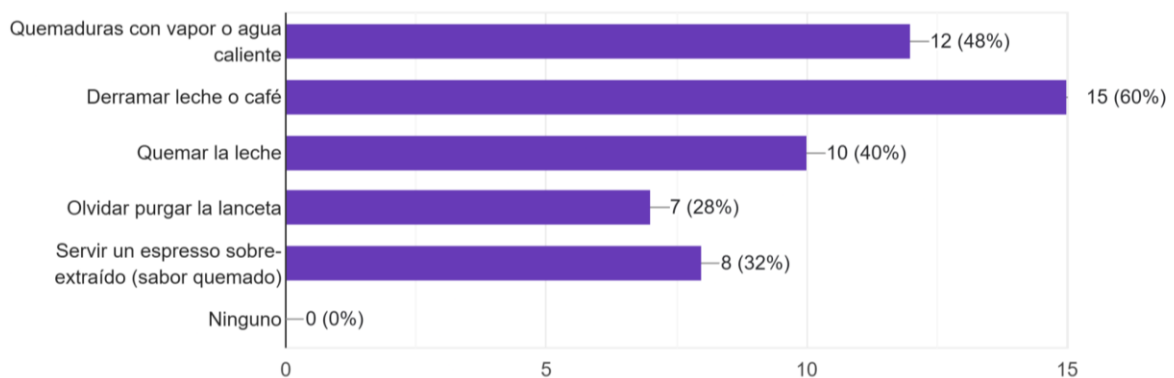
Al análisis de los datos obtenidos a partir de las encuestas aplicadas a 25 participantes, de los cuales en su mayoría de perfiles varían desde principiantes hasta baristas senior, esto permite fundamentar el diseño de la aplicación de realidad virtual basándose en las necesidades críticas de seguridad y aprendizaje.

Se identificó que la seguridad es un factor determinante para la adopción de un entorno simulado, dado que los métodos tradicionales conllevan riesgos físicos y psicológicos.

Se muestra que el 60% de los encuestados han experimentado o teme derramar leche o café y un 48% señala las quemaduras con vapor o agua caliente como incidentes frecuentes. A esto se le suma que una mayoría de los participantes manifestó estar de acuerdo con sentir miedo de dañar la máquina de espresso por falta de conocimiento. Dichos hallazgos sirven para validar la aplicación de la RV como un entorno libre de riesgos donde el error no implica costos operativos ni lesiones.

Figura 10

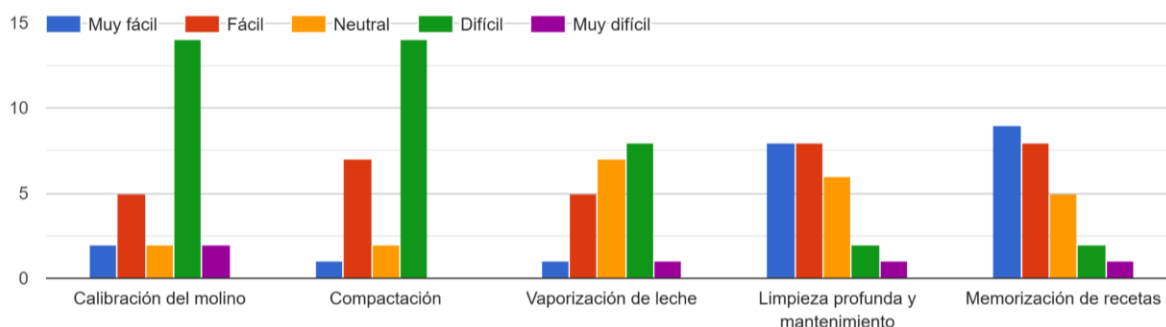
Accidentes Frecuentes dentro del Barismo



En cuanto a la estructuración del contenido, los datos dan a conocer que la Calibración del molino se posiciona como la competencia más compleja siendo calificada como difícil por 15 participantes siendo está la mayoría en comparación con otras áreas. Por el contrario, tareas como la memorización de recetas o limpieza de máquinas fueron percibidas mayoritariamente como fáciles. Estos datos sugieren que el desarrollo de la experiencia de RV debe centrarse en la fidelidad de la maquinaria y los procesos de calibración junto con la extracción.

Figura 11

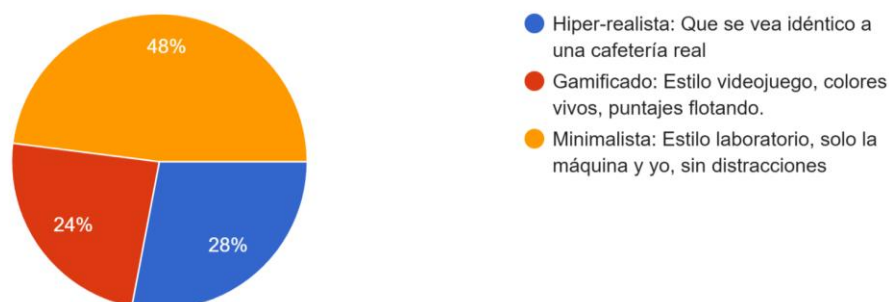
Módulos con mayor Complejidad dentro del Barismo



Como punto final, respecto al diseño UX/UI, la investigación muestra la necesidad de un entorno a favor de la funcionalidad. Contrario a la tendencia de replicar cafeterías reales con alto detalle, el 48% de la muestra expresó su preferencia por un estilo minimalista, el cual se describió como un entorno de tipo laboratorio sin distracciones. Dicho dato superó al 28% que prefirió el hiperrealismo junto con el 24% que optó por la gamificación. Este dato justifica la creación de escenarios limpios que reduzcan la carga cognitiva permitiendo al usuario concentrar su atención en la interacción de la máquina. La preferencia por entornos minimalistas responde a la necesidad de reducir la carga cognitiva extraña, permitiendo que el sistema sensorial se enfoque exclusivamente en los elementos relevantes para el aprendizaje procedimental (Mayer, 2014).

Figura 12

Preferencias de los usuarios respecto al estilo visual del entorno de RV



2.1.3 Análisis de los datos obtenidos de encuestas hacia los clientes

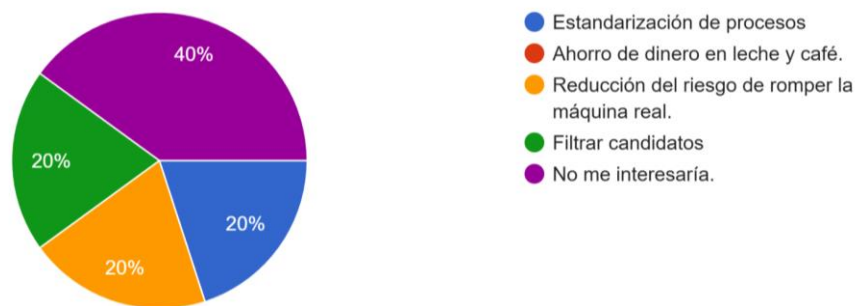
2.1.3.1 Identificación de puntos de dolor y dificultades técnicas

El análisis de la perspectiva de los empleadores y capacitadores los cuales están conformados por una muestra estratégica de dueños de cafeterías, cadenas y formadores de barismo, ofrece un punto de vista hacia la viabilidad económica del proyecto al identificar costos ocultos del entrenamiento tradicional como la principal problemática a resolver.

Los resultados indican una resistencia inicial a la adopción tecnológica, dado que la opción predominante fue la falta de interés, seleccionada por el 40% de la muestra. Por otro lado, las motivaciones favorables se distribuyeron equitativamente entre los participantes restantes. Es relevante notar que la opción referente al ahorro de insumos no obtuvo respuestas lo que sugiere que para este grupo la protección de activos físicos y la gestión del talento humano prevalecen sobre la reducción de costos en materias primas.

Figura 13

Principales motivadores para la adopción de herramientas virtuales en la formación de baristas

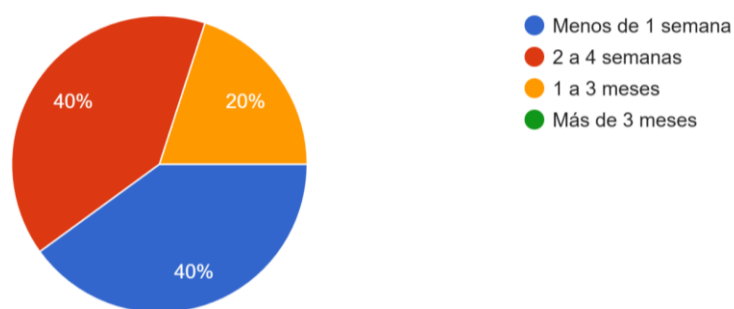


Además del impacto económico en insumos, el estudio revela una problemática crítica en cuanto a los tiempos de improductividad laboral durante la formación de nuevos talentos. Según los datos recolectados, el 40% de los baristas requiere entre 1 semana para ser autónomo, esto únicamente enfocado al área de manejo de maquinaria o de limpieza. Por otro lado, el 40% necesita de 2 a 4 semanas para lograr productividad sin supervisión para aprender técnicas de

extracción y de vaporización. Este periodo de curva de aprendizaje implica que el personal debe descuidar sus funciones para enseñar, lo cual fue calificado mayoritariamente como un problema de impacto medio y alto. De este modo, la propuesta de valor de la aplicación se fortalece al ofrecer un entorno de práctica acelerada que reduce la dependencia de supervisores humanos en las etapas iniciales.

Figura 14

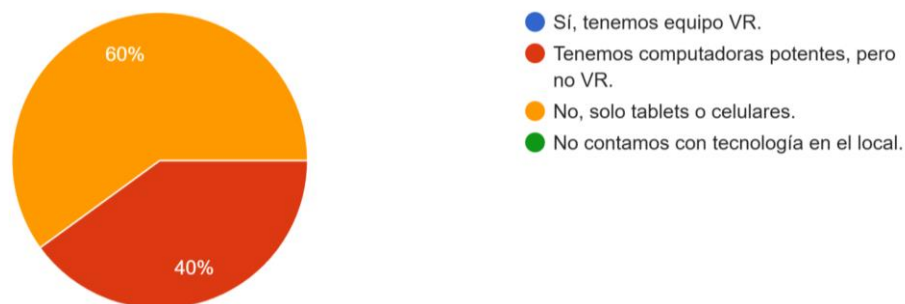
Tiempo que le Toma a un Barista ser Autónomo en su Trabajo



En términos de infraestructura tecnológica y viabilidad de implementación, el análisis muestra que el 60% de los establecimientos encuestados afirma contar con equipos tecnológicos primordiales como tabletas o celulares además afirmando no poseer equipos de RV. Este hallazgo es fundamental para la estrategia de distribución del proyecto, pues sugiere que el mercado objetivo no posee dichos dispositivos pero que estaría de acuerdo en realizar la inversión, especialmente en el mercado de formación de barismo antes de las cafeterías.

Figura 15

Nivel de equipamiento técnico y acceso a hardware especializado en cafeterías



2.1.4 Observación del proceso de preparación del café - MATRIZ AEIOU

La matriz A.E.I.O.U. es una técnica que sintetiza la información obtenida mediante observaciones directas, organizándose en cinco categorías fundamentales. Esta clasificación facilita la visualización de los factores involucrados en la experiencia de uso, permitiendo a los diseñadores comprender mejor el sistema estudiado e identificar áreas de oportunidad o problemáticas en la interacción entre el usuario y el producto (Gómez M, et al., 2009).

Para garantizar que la experiencia de RV ofrezca una práctica más fiel, se realiza un proceso de observación en las instalaciones de la cafetería Monte Bianco. Se analizaron los flujos de trabajo, la ergonomía y las interacciones críticas del personal. Los hallazgos se presentan organizados en la siguiente matriz AEIOU, la cual vincula las dinámicas del mundo real con los activos y mecánicas necesarios para el desarrollo de la experiencia de RV.

Tabla. 6

Matriz AEIOU

CATEGORÍA	OBSERVACIÓN	APLICACIÓN A RV
A (ACTIVIDADES)	Secuencia que consiste en: Purga de los Equipos Molienda Nivelación Tamping Colocación Extracción Vaporización Latte Art	La secuencia se coloca como mecánicas principales dentro de la experiencia, donde el sistema debe permitir hacer varias tareas al mismo tiempo con cierta libertad.

Se observa que mientras el

	<p>espresso cae alrededor de 25 a 30 seg, el barista purga la lanceta y texturiza la leche. De forma inmediata después del proceso de extracción, golpea el portafiltro con un trapo.</p>	
E (ENTORNO)	<ul style="list-style-type: none"> - El área detrás de la barra de monte bianco es estrecha donde el barista apenas da un pasó lateral para moverse entre el molino y la máquina. - Sonido constante de vapor junto con golpes ocasionados por la molienda. 	<p>El entorno 3D no debe ser enorme, sin embargo debe tener un pasillo confinado con un flujo de trabajo según las máquinas para garantizar un proceso más lineal. En cuanto a los sonidos se necesita tener los audios reales o más fieles para garantizar un feedback auditivo.</p>
I (INTERACCIONES)	<ul style="list-style-type: none"> - El barista mantiene una interacción constante con la máquina. - Si al vaporizar la leche se escucha un chillido el barista corrige la posición de la jarra de manera inmediata. 	<p>Se necesitan indicadores visuales en la máquina junto con el texto. Además de incluir un sistema de feedback ya sea auditivo o visual para los momentos de error que tengan al vaporizar o trampear.</p>
O (OBJETOS)	<ul style="list-style-type: none"> - La máquina de espresso es grande, metálica de 3 espacios de la marca Marzocco siendo de las más estándares. - El tamper se presenta como un objeto pesado de presión y ergonómico. - La molienda EK 43 de la marca Mahlkonig grande y con una modificación al tener un soporte improvisado. - En cuanto a los insumos se visualiza granos de café, leche y trapos. 	<p>Dichos objetos se presentan como los modelos 3D a realizar siendo lo más fieles posibles para tener una mejor familiaridad para los baristas.</p>
U (USUARIOS)	<ul style="list-style-type: none"> - El barista separa las piernas para tener equilibrio y mantiene el brazo horizontal al prensar. - Tensión en los hombros si la máquina está muy alta y una frustración visible cuando cometen un error en la extracción por la rapidez del proceso. 	<p>Posición de las máquinas ajustables junto con una mejor manejo en las mecánicas de agarre de los controles para simular el ambiente real.</p>

Nota. Elaboración Propia

La aplicación de la matriz AEIOU es fundamental para sistematizar la observación de campo, permitiendo una comprensión profunda de la interacción entre el usuario, los objetos y su entorno físico (Gómez Mendiola et al., 2009). La observación mediante la matriz en la

heladería Monte Bianco reveló que el barismo no es solo un procedimiento de recetas, sino un ejercicio de ergonomía y estandarización. Se identificó que el mayor desafío para el diseño de la experiencia de RV no es sólo la fidelidad visual de los objetos, sino la simulación precisa de los procesos como extracción, trampeo y vaporización. Asimismo el entorno ruidoso y estrecho obliga al barista a desarrollar una concentración selectiva.

2.1.5 Mapa de empatía

Para Samaniego E, et al (2022) el mapa de empatía es una herramienta de síntesis que permite profundizar en el conocimiento del cliente para comprender realmente sus necesidades. Se utiliza para organizar la información recolectada y entender lo que el usuario ve, oye, piensa, siente, dice y hace, ayudando a identificar tanto sus esfuerzos como sus resultados.

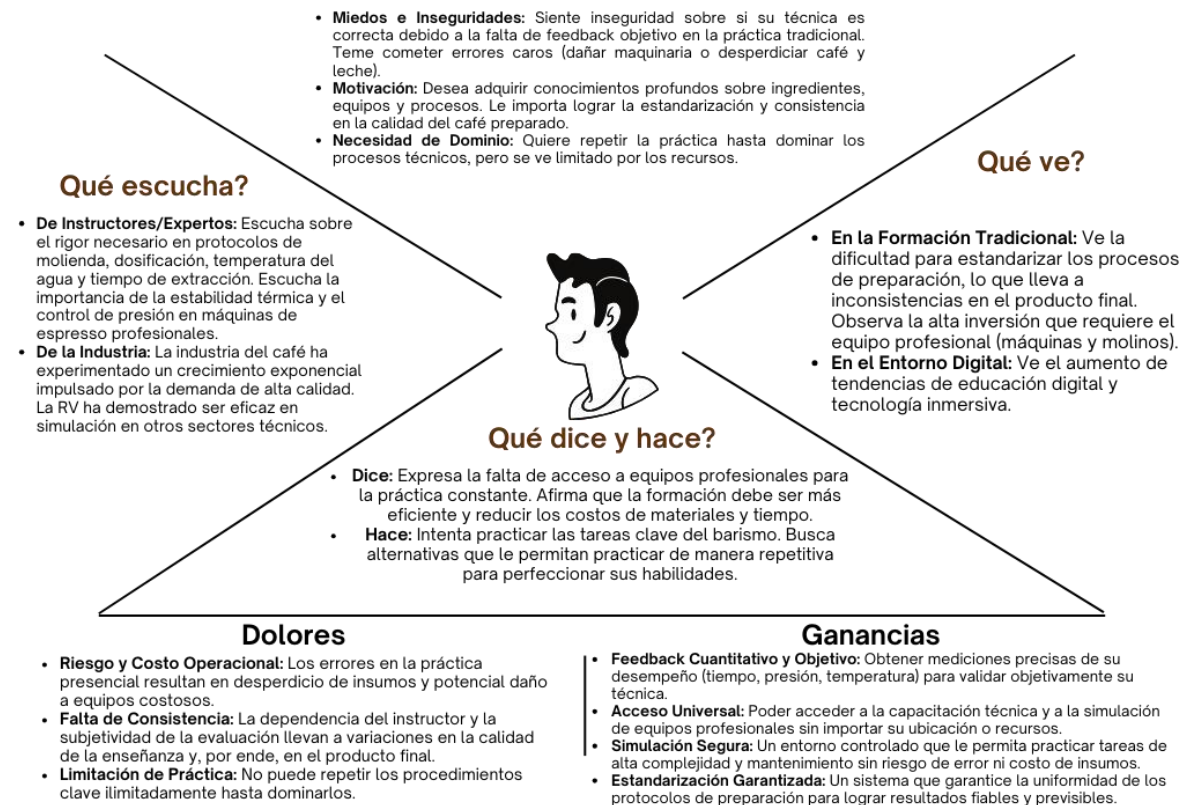
El Mapa de Empatía, ilustrado en la figura 16, constituye una herramienta metodológica de diseño centrado en el usuario (UCD) que permite decodificar el ecosistema mental del aspirante a barista en el Ecuador. A través de este análisis, se identifican las tensiones entre los métodos de formación tradicional y las expectativas de innovación tecnológica.

Figura 16

Mapa de empatía del perfil de usuario aplicado a la fase de empatía

MAPA DE EMPATIA

Qué piensa y qué siente?



A. Esfera Sensorial y de Influencia (¿Qué ve y qué escucha?)

El análisis del entorno revela que el usuario se encuentra inmerso en una industria del café que exige altos estándares de especialidad, pero que carece de infraestructuras de práctica accesibles.

- **Percepción del Entorno:** El sujeto observa una formación tradicional donde la estandarización es difícil de alcanzar, lo que genera productos finales inconsistentes y una percepción de alta barrera económica debido a la inversión requerida en maquinaria profesional.
- **Influencia Externa:** El usuario escucha de instructores y expertos sobre el rigor necesario en variables como el tiempo de extracción y la temperatura, mientras percibe

que la industria está adoptando tendencias digitales y tecnologías inmersivas como soluciones de vanguardia.

B. Esfera Conductual y de Comunicación (¿Qué dice y qué hace?)

Esta dimensión refleja la brecha entre el deseo de perfeccionamiento y las limitaciones físicas de los recursos disponibles.

- **Declaraciones Públicas:** El usuario manifiesta explícitamente la falta de acceso a equipos profesionales para la práctica constante, afirmando que los procesos de formación actuales deberían ser más eficientes en términos de tiempo y recursos.
- **Acciones Observadas:** En la práctica, el aspirante intenta ejecutar tareas clave del barismo, pero busca desesperadamente alternativas digitales o de bajo costo que le permitan realizar una repetición constante para perfeccionar su técnica procedimental.

C. Esfera Cognitiva: Dolores y Frustraciones (Pains)

El núcleo de la problemática radica en la carga cognitiva y el estrés que genera el aprendizaje en entornos reales.

- **Riesgo Operacional:** Existe un miedo latente a cometer "errores caros", que incluyen desde el desperdicio de insumos de especialidad hasta el daño permanente de maquinaria costosa.
- **Subjetividad en la Evaluación:** El dolor se ve agravado por la falta de consistencia en la evaluación del instructor; la dependencia de criterios subjetivos genera variaciones en la calidad del aprendizaje y, por ende, en el producto final.

D. Esfera de Aspiración: Ganancias y Resultados Esperados (Gains)

El simulador de Realidad Virtual se posiciona como la respuesta directa a las necesidades detectadas en el mapeo de empatía.

- **Feedback Cuantitativo:** El usuario aspira a obtener mediciones precisas y objetivas (tiempo, presión, temperatura) que validen su técnica sin sesgos humanos.

- Estandarización Garantizada: El beneficio último es la democratización del acceso a la capacitación técnica de alto nivel, garantizando que los protocolos de preparación sean uniformes y previsibles, independientemente de la ubicación geográfica del estudiante.

2.2 Fase 2: Definir

2.2.1 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa permite identificar con precisión el objeto de estudio, investigando tanto las causas que lo generan como los efectos o impactos que este ocasiona. Este análisis sistemático permite verificar si el problema merece ser resuelto y ayuda a visualizar el camino para la búsqueda de soluciones creativas (Samaniego E, et al., 2022).

Tras el procesamiento y análisis de los datos de la fase anterior se procede a sistematizar las relaciones causales que obstaculizan la formación técnica eficiente de baristas. Para ello, se emplea el Diagrama de Ishikawa, el cual permite descomponer la problemática central caracterizada. La figura 17 ilustra cómo las variables de mano de obra, maquinaria, insumos y métodos convergen para generar las ineficiencias detectadas en el modelo de aprendizaje tradicional.

Figura 17

Diagrama de Ishikawa que Extrae los Principales Efectos de la Capacitación Tradicional



La figura permite diagnosticar que la ineficiencia en la capacitación de baristas no es un problema aislado, sino que surge porque los recursos físicos actuales no se adaptan a las necesidades de aprendizaje de los usuarios.

Por un lado, se detecta una barrera psicológica importante relacionada con la mano de obra y el método, siendo que la mayoría de usuarios siente ansiedad por miedo a quemarse o a desperdiciar consumos. Este temor, sumado a la falta de correcciones precisas en el momento, impide que desarrollen la confianza y la memoria muscular necesarias para operar la maquinaria fluidamente.

Además, en cuanto a maquinaria y materiales, el problema es económico. Practicar con café y leche reales es caro y el riesgo de dañar máquinas costosas hace que se limite el acceso a los principiantes. Esto crea un bucle: no practican porque no tienen experiencia y no consiguen experiencia porque no se les permite practicar.

2.2.2 Método 5W + 1H

De acuerdo con Samaniego, E. et al (2022) es una herramienta de análisis utilizada para identificar los factores y condiciones que provocan un problema determinado. Su nombre proviene de las siglas en inglés de las seis preguntas fundamentales que estructuran el análisis: ¿quién participa?, ¿Cuál es el problema?, ¿cuándo ocurre?, ¿dónde ocurre?, ¿por qué ocurre? y ¿cómo ocurre?.

Tras identificar las causas principales del problema, es necesario definir el alcance exacto de la propuesta tecnológica. Utilizando la técnica 5W + 1H, establecemos las guías que orientarán el diseño de la aplicación, la tabla 7 resumen está definición y conecta los hallazgos anteriores con una solución pensada específicamente para eliminar las barreras económicas y físicas que frenan el aprendizaje del usuario.

Tabla. 7
Método 5W + 1H

INTERROGANTE	DEFINICIÓN	JUSTIFICACIÓN
WHAT	Una experiencia de entrenamiento simulado en RV con retroalimentación visual y auditiva	Reemplazar la necesidad de maquinaria física en las etapas iniciales de formación
WHO	Baristas principiantes que buscan aprender sin riesgos	40% de los dueños buscan proteger sus activos y el usuario busca seguridad y repetición
WHERE	En un entorno digital inmersivo, seguro y controlado ejecutado en visores Meta Quest	Permite practicar en cualquier lugar sin depender de una barra de cafetería real
WHEN	Durante la etapa de inducción y pre-entrenamiento técnico	Antes de que el estudiante toque la máquina real, para asegurar que ya tenga conocimientos base
WHY	Porque el método actual genera desperdicio de insumos y riesgos de quemaduras que frenan el aprendizaje	Se busca eliminar el costo por error y aumentar la confianza del alumno
+		
HOW	Mediante una experiencia de simulación de físicas y mecánicas desarrolladas en Unity	Replicando variables técnicas como la molienda, presión, vaporización que fueron identificadas como difíciles en las encuestas.

Nota. Elaboración Propia

La aplicación del método 5W en esta etapa permite desglosar la complejidad del entorno del barista y estructurar los hallazgos de la fase de diagnóstico. Según Vianna et al. (2012), esta técnica es fundamental en la etapa de inmersión, ya que funciona como un marco de referencia que ayuda a organizar la información recolectada y asegura que no se pasen por alto aspectos críticos del contexto de uso, facilitando una visión panorámica y detallada de las necesidades que la solución de realidad virtual debe resolver.

2.2.3 User persona

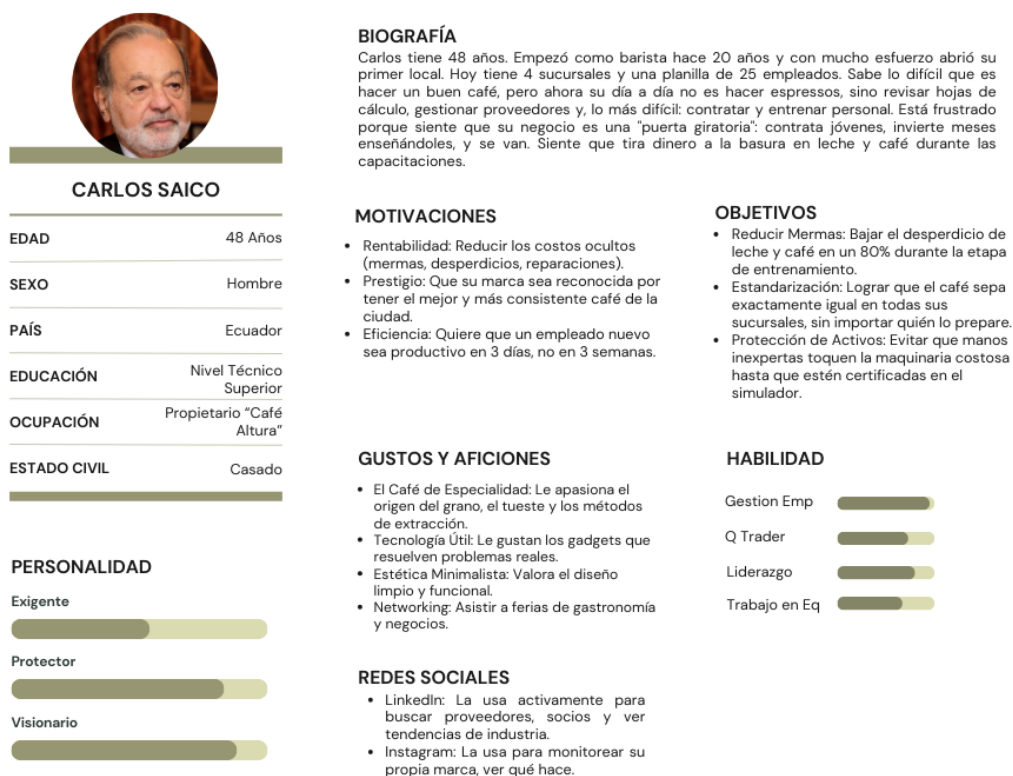
La fase de diagnóstico requiere una delimitación que permita identificar las necesidades específicas de los actores clave en el ecosistema del café. Para este estudio, se han definido dos

perfiles de usuario que representan los extremos de la demanda operativa y educativa. De acuerdo con Dam y Siang (2020), el desarrollo de Personas es una etapa crítica en el Design Thinking ya que permite que el equipo de diseño humanice los datos, enfocándose en las metas, comportamientos y puntos de dolor específicos de individuos reales, evitando así el error de diseñar para un usuario genérico o inexistente.

Como se detalla en la figura 18, el perfil de Carlos Saico personifica al propietario de negocios con múltiples sucursales que enfrenta el fenómeno de la puerta giratoria de personal. Este usuario se ve afectado por los costos ocultos que implican las mermas de leche y café durante las capacitaciones, lo que justifica la implementación de una solución RV capaz de reducir este desperdicio en un 80%. Su motivación principal radica en la estandarización del producto y la protección de su maquinaria de alta gama frente a la impericia de nuevos empleados.

Figura 18

User Persona Enfocado a Dueños de Cafeterías / Clientes



En contraste, la figura 19 presenta a Javier Ríos, un joven emprendedor cuya principal barrera es el riesgo financiero que supone la práctica con equipos reales y la falta de feedback cuantitativo. Para este perfil, la solución de Realidad Virtual no es solo un simulador, sino una herramienta de adquisición de memoria procedimental que le permite dominar variables críticas de extracción antes de enfrentarse a un entorno físico.

Figura 19

User Persona Enfocado a Usuarios / Principiantes en Barismo



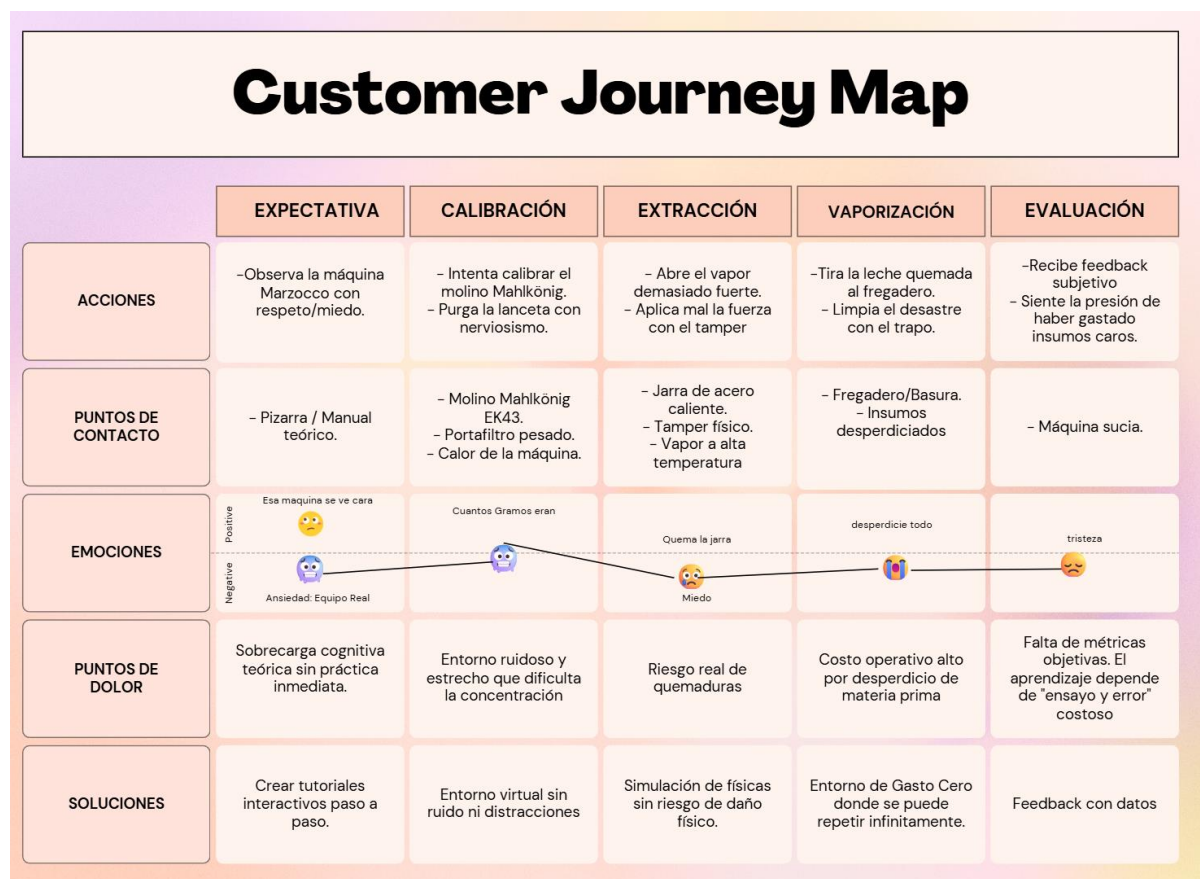
2.2.4 User journey map

Para comprender a fondo la problemática, se elaboró un User Journey Map del estado actual de la formación. En la figura 20 se visualiza la experiencia de un estudiante promedio, durante una sesión de entrenamiento tradicional. En él se evidencian los momentos críticos de fricción identificados en la investigación de campo, tales como la ansiedad generada por el riesgo de quemaduras al operar la lanceta de vapor y el sentimiento de culpa asociado al desperdicio recurrente de insumos como leche y café de especialidad. Este análisis valida que la curva de

aprendizaje actual es costosa y emocionalmente desgastante, justificando la intervención mediante una herramienta de realidad virtual.

Figura 20

Journey Map del Proceso que Realiza un Barista en Monte Bianco



2.2.5 Definición de requerimientos funcionales y técnicos

2.2.5.1 Requerimientos Funcionales

Como resultado de los análisis anteriores, se definen los requerimientos formales del sistema.

Esta etapa traduce las necesidades diagnosticadas en parámetros claros de diseño y programación para la fase de desarrollo. La tabla 8 detalla los RF, los cuales traducen las necesidades pedagógicas del usuario en características interactivas específicas dentro del entorno virtual.

Tabla. 8
Requerimientos funcionales para la experiencia de RV

ID	REQUERIMIENTO	DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN
RF-01	Entorno Minimalista	El escenario debe ser un espacio limpio, reduciendo texturas complejas o elementos decorativos innecesarios	48% prefiere evitar distracciones para reducir carga cognitiva.
RF-02	Interfaz Diegética	Las guías y menús deben integrarse en el espacio 3D en lugar de recuadros flotantes	Reduce la ansiedad y mantiene la inmersión.
RF-03	Módulo de Calibración y Extracción	Simulación interactiva del ajuste de muelas del molino. El sistema debe alternar el flujo del café según el ajuste. Además incluir el proceso de extracción y de la maquinaria	Tarea de alta complejidad técnica y riesgo de desperdicio
RF-04	Física de Fluidos	Simulación del comportamiento de la vaporización de la leche (simulación limitada)	Necesidad de práctica motriz sin riesgo de quemaduras
RF-05	Sistema de Métricas	Recopilación en tiempo real de tareas completadas o de un sistema de feedback para saber si el usuario completó exitosamente la tarea	Necesidad de validación objetiva y medible

Nota. Elaboración Propia

2.2.5.2 Requerimientos Técnicos

Para garantizar la viabilidad operativa y la calidad de la experiencia inmersiva, es necesario establecer parámetros estrictos de hardware y rendimiento. En la tabla 9 se presentan los RT, enfocados en la optimización de recursos gráficos y la estabilidad del sistema para asegurar su ejecución fluida en dispositivos autónomos.

Tabla. 9
Requerimientos técnicos para la experiencia de RV

ID	REQUERIMIENTO	ESPECIFICACIÓN
RT-01	Plataforma	Ejecución nativa en visor Meta Quest sin conexión a PC, garantizando 6 grados de libertad para movimiento ergonómico.
RT-02	Optimización 3D	Todos los assets deben tener retopología y backing de texturas para asegurar que el rendimiento
RT-03	Tasa de Refresco (FPS)	El sistema debe mantener una tasa estable para prevenir mareos o frustración en el usuario
RT-04	Motor de Desarrollo	Desarrollo en Unity 3D con implementación de físicas optimizadas teniendo en cuenta la limitación de Fluidos.

Nota. Elaboración Propia

La selección de los activos tridimensionales para la experiencia no fue aleatoria; se optó por modelar la máquina La Marzocco y el molino Mahlkönig EK43 debido a que representan los estándares más extendidos en la industria del café de especialidad a nivel global. Esta decisión garantiza que la familiaridad visual y operativa del usuario facilite la transferencia de conocimiento desde el entorno virtual hacia la práctica en barras reales.

2.3 Fase 3: Idear

2.3.1 Brainstorming mediante la técnica SCAMPER

La técnica SCAMPER en brainstorming para Samaniego, E. et al (2022) facilita la generación de soluciones creativas mediante siete acciones: sustituir, combinar, adaptar, modificar, proponer otros usos, eliminar y reordenar. Su premisa fundamental es que cualquier idea nueva es, en realidad, una modificación de algo que ya existe, por lo que utiliza preguntas estructuradas para transformar productos o procesos actuales y encontrar nuevas oportunidades de innovación.

Con el fin de fortalecer la fase de ideación y la búsqueda de soluciones disruptivas, se aplica la técnica SCAMPER, presentada en la figura 21, con el objetivo de sistematizar las ideas

creativas que resuelvan las deficiencias detectadas en la formación técnica tradicional de baristas. Esto permite cuestionar los elementos convencionales de la capacitación como el uso de la maquinaria física costosa, el desperdicio de insumos y los riesgos de accidentes, para transformarlos en una experiencia de RV optimizada.

Figura 21
Brainstorming Realizado con el Método SCAMPER

S	<i>¿Qué podemos sustituir para mejorarlo?</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Insumos físicos por digitales - Maquinaria de café por visores autónomos - Evaluación con métricas - Manuales físicos por guías en línea - Riesgo físico por seguridad virtual
C	<i>¿Qué podemos combinar para crear algo mejor?</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Físicas con retroalimentación háptica - Audio real con entorno 3D - Visualizador de presión y temperatura
A	<i>¿Qué podemos modificar y usarlo de manera diferente?</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Horas de práctica obligatoria - Adaptar un diseño mas minimalista - Minitutoriales de movimiento de manejo - Ergonomía ajustable
M	<i>¿Qué pasaría si cambiaras drásticamente sus elementos?</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Visualización interna del funcionamiento de las máquinas - Magnificar efectos ante un error para hacerlos muy notorios
P	<i>¿Para qué otra cosa podría servir?</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Filtro para reclutar al personal - Marketing en ferias de la ciudad - Pruebas antes de adquirir equipos - Capacitación sustituta - Certificación o Aval de baristas
E	<i>¿Qué se puede eliminar para mejorar?</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar costos por error - Eliminar cables y equipos PC - Eliminar distracciones - Eliminar el tiempo de limpieza
R	<i>¿Cómo se puede cambiar para añadir valor o crear mejoras?</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Reforzar hábitos para los procesos - Mostrar resultados en tiempo real - Permitir intentos indefinidos - Reordenar el flujo de trabajo

Se revela una transición estratégica desde un modelo de aprendizaje condicionado por limitaciones físicas y económicas hacia un ecosistema digital de alta eficiencia. Al sustituir el

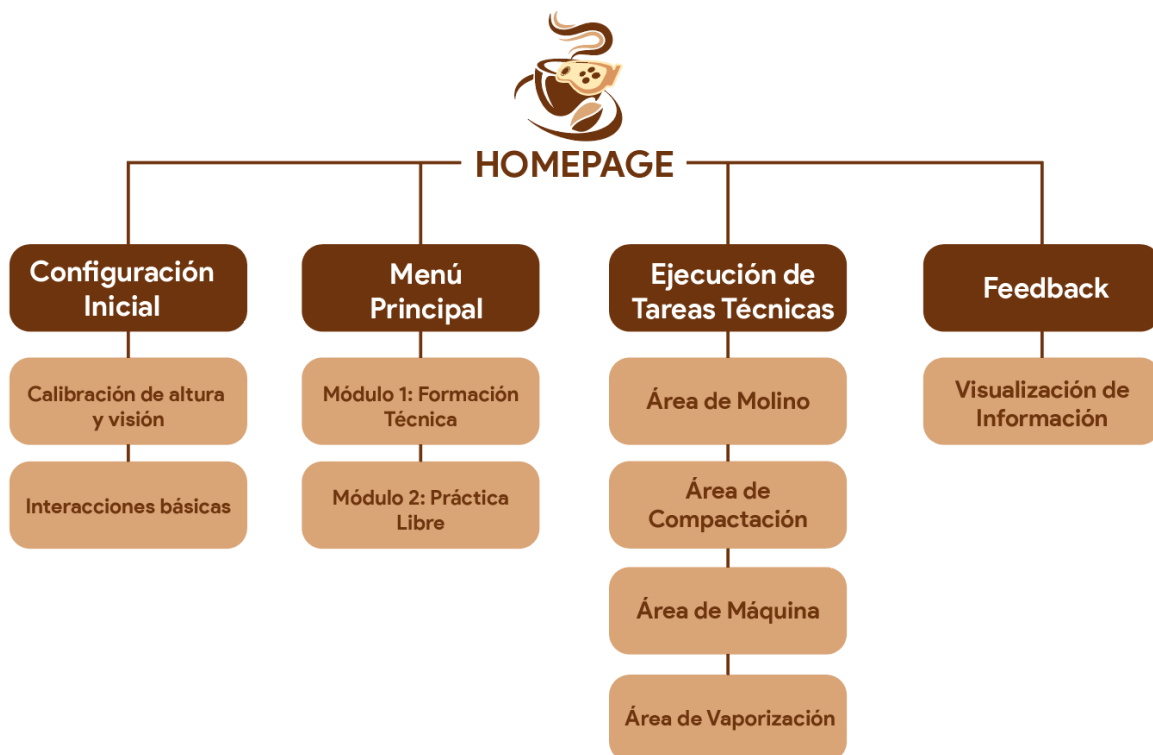
riesgo de quemaduras y el gasto operativo por una simulación segura con métricas, se democratiza el acceso a la práctica repetitiva necesaria para desarrollar memoria muscular. La propuesta de eliminar distracciones visuales responde directamente al perfil de usuario identificado, quien prefiere un entorno minimalista de tipo laboratorio para reducir la carga cognitiva.

2.3.2 Arquitectura de la Información

La arquitectura de la información de la experiencia de RV se define como la estructura lógica que organiza los contenidos, en la figura 16 se observan los módulos de aprendizaje e interacciones dentro del entorno virtual. El objetivo primordial es reducir la carga cognitiva del usuario alineándose con la preferencia del 48% por un diseño minimalista y garantizar un flujo de navegación intuitivo.

Figura 22

Arquitectura de la Experiencia de RV

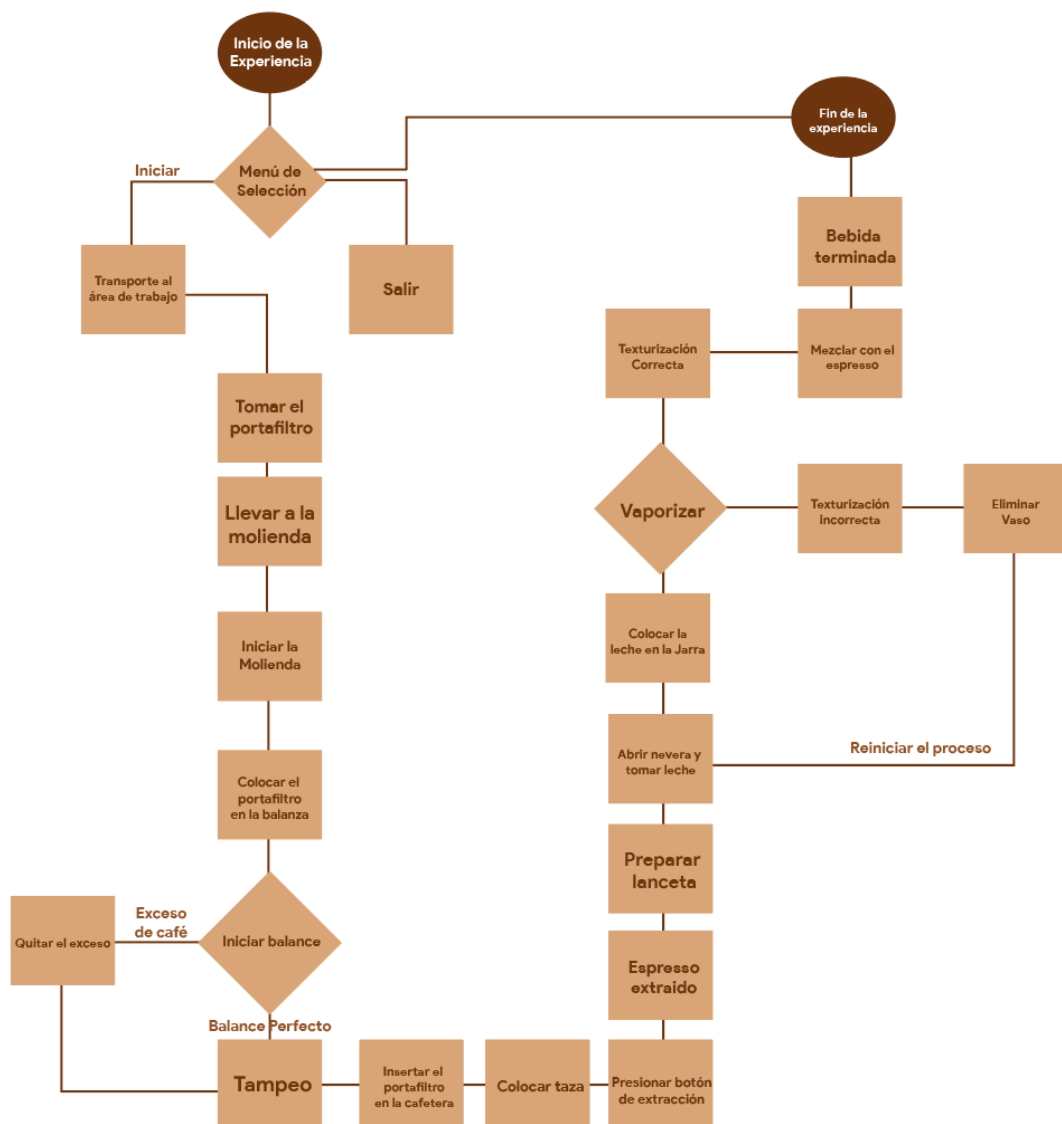


2.3.3 User Flow

La figura 23 ilustra el mapeo lógico de la experiencia inmersiva, detallando la ruta secuencial que el usuario recorre desde el inicio de la aplicación hasta el fin de la experiencia. Está estructura organiza las interacciones en el entorno virtual, dividiendo la capacitación en nodos de acción y puntos de decisión que replican el flujo de trabajo técnico observado en una barra de especialidad real.

Figura 23

Proceso de User Flow que Recorre el Usuario dentro de la Aplicación



La figura ilustra el mapeo lógico de la experiencia inmersiva, detallando la ruta secuencial que revela un diseño centrado en la memoria procedimental, donde el uso de rombos de decisión para el balance de molienda y la vaporización actúa como un sistema de validación técnica antes de avanzar en la secuencia. Un aspecto crítico identificado es el bucle de aprendizaje por error en la etapa de texturización; si el sistema detecta una técnica incorrecta, el usuario es redirigido a repetir el proceso de preparación de la leche, lo que refuerza el aprendizaje sin incurrir en el desperdicio de insumos físicos. Al establecer este recorrido, se garantiza que el estudiante no solo aprenda la receta, sino que internalice la jerarquía de pasos necesaria para una operación eficiente.

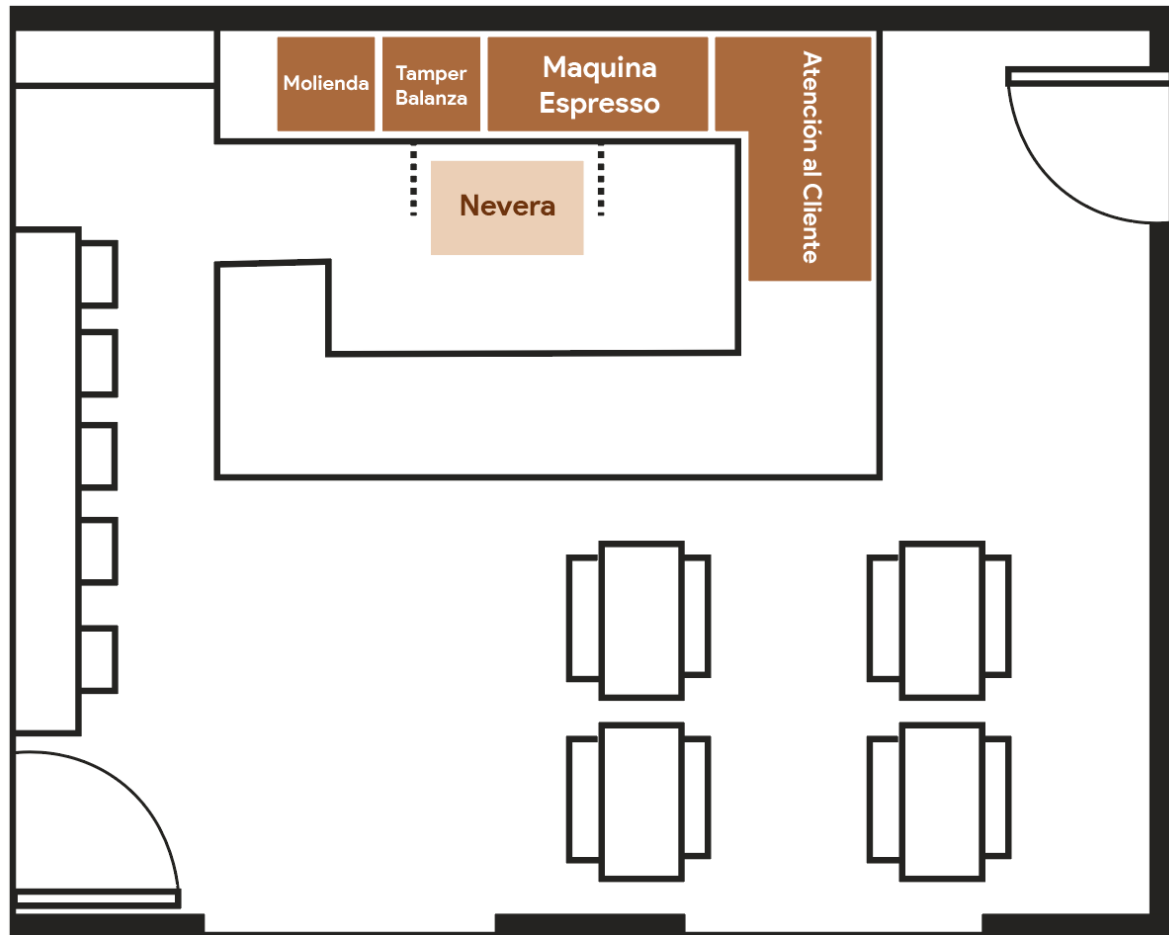
2.3.4 Plano del espacio de la cafetería y distribución óptima para flujo de trabajo

El desarrollo del entorno virtual para la capacitación de baristas inició con la creación de un plano de distribución espacial o layout. Este diseño bidimensional actúa como un prototipo de baja fidelidad que define la arquitectura física, estableciendo las dimensiones y la ubicación estratégica de los elementos para la operación de una barra de café de especialidad.

La distribución propuesta se presenta en la figura 24 y se fundamenta en un flujo de trabajo lineal y ergonómico, diseñado para optimizar el rendimiento del usuario dentro de la experiencia inmersiva. El orden secuencial de las estaciones molienda, pesado y prensado, extracción de espresso y atención al cliente busca replicar el movimiento de un barista profesional. Al situar la máquina de expreso como el núcleo central de la interacción y la nevera en una posición de fácil acceso inferior, se garantiza que el usuario pueda completar los módulos de aprendizaje con un desplazamiento mínimo, reduciendo la fatiga física y optimizando el seguimiento del movimiento en el entorno de realidad virtual.

Figura 24

Mapa del Escenario y Organización de la Estación de Trabajo Barista



CAPÍTULO III: Prototipado y desarrollo

3.1 Diseño de la interfaz y la experiencia

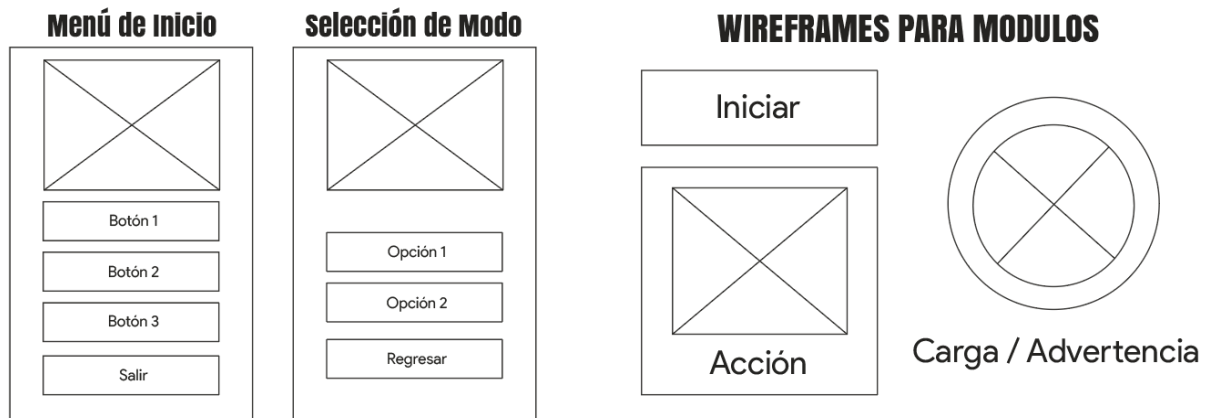
3.1.1 Wireframes de menús

Para tener una guía visual de la información definida en la fase de ideación, se diseñaron esquemas de baja fidelidad o wireframes orientados en una interfaz de usuario espacial. Este enfoque implementa menús y paneles informativos como cuadros flotantes suspendidos en el entorno virtual frente al usuario. Esta decisión de diseño permite que la información sea legible y accesible sin obstruir la visión periférica necesaria para operar la maquinaria, manteniendo una separación clara entre la simulación técnica y los controles del sistema.

Como se visualiza en la figura 25, la arquitectura de los wireframes se organiza en tres niveles de interacción

Figura 25

Prototipos de Baja Fidelidad de las Interfaces y Alertas de la Aplicación



Se diseñó como un panel flotante al menú de inicio que se despliega al iniciar la aplicación. Su disposición vertical y botones de gran escala están pensados para facilitar la interacción mediante los raycasting o punteros láser de los controladores, asegurando una navegación fluida antes de entrar en la inmersión del entorno.

Por otro lado, el panel de la selección de modos se presenta como un panel intermedio que permite al usuario dividir su experiencia hacia dos componentes educativos como lo es el modo de formación técnica y el modo libre. La estructura de cuadro flotante permite que este menú aparezca y desaparezca según la demanda del usuario.

Además, se presentan wireframes para los HUD de los módulos que serán vistos durante la ejecución de las tareas de barismo, en el caso del botón inicial destinado para iniciar procesos o terminarlos, el panel grande servirá para dar indicaciones con imágenes extras que sirven de apoyo, junto con alertas de carga o advertencia que se superponen en el espacio 3D únicamente cuando es necesario notificar un error o para mantener en espera de un proceso.

El estilo visual de los paneles responde al requerimiento funcional RF-01 (entorno minimalista) priorizando la funcionalidad y limpieza visual sobre elementos con mucha decoración visual.

3.1.2 Guía de estilo visual

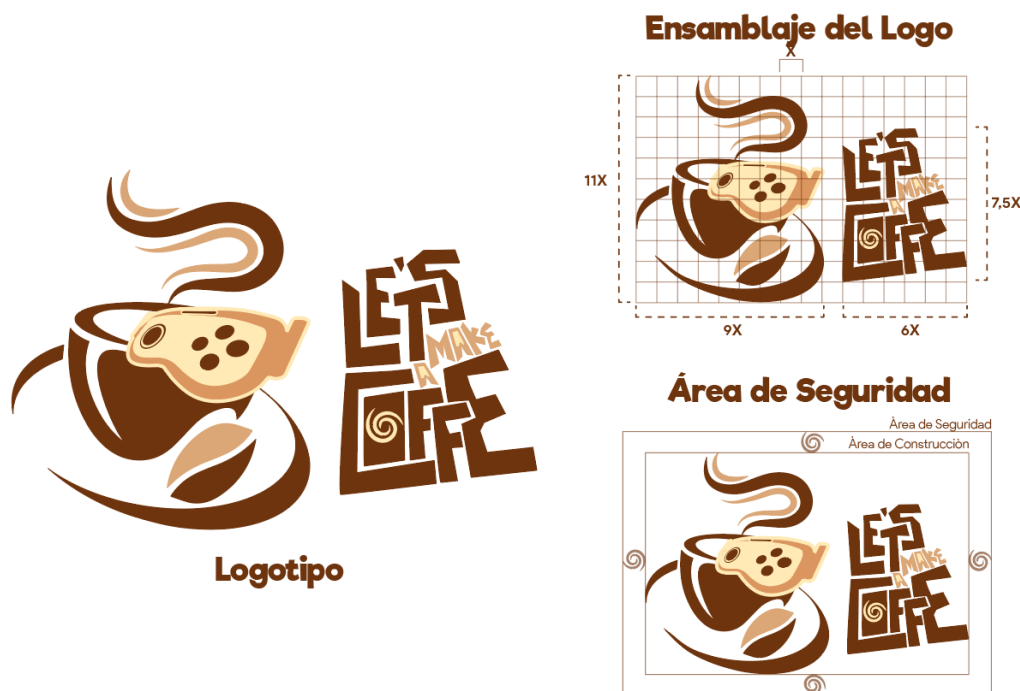
Para garantizar la coherencia gráfica entre la identidad corporativa de la marca y el entorno simulado, se tomó como base normativa el Manual de Marca - Let 's make a coffee propio empleado para esta experiencia virtual. Sin embargo, se realizó una adaptación técnica para su óptima visualización en disposición de RV.

3.1.2.1 Logotipo

El identificador visual principal de la aplicación corresponde al logotipo corporativo, el cual ha sido integrado en el entorno virtual bajo dos modalidades distintas para reforzar la inmersión. En primer lugar, se aplica como objeto diegético sobre los activos tridimensionales principales, tales como ordenadores, refrigeradores o de letrero interno. En segundo lugar, la versión completa del logotipo sobre el fondo corporativo se utiliza exclusivamente en las pantallas de transición, con el objetivo de generar un reconocimiento de marca, la construcción del logotipo se puede observar en la figura 26.

Figura 26

Construcción y Área de Seguridad de la Marca Lets Make a Coffe



El logotipo mezcla la interacción de RV con el arte del barismo, el mismo logo puede dividirse en dos distintos identificativos con su isotipo y texto que ayudan a identificar mejor a la aplicación. Se presenta el ensamblaje del mismo junto con el área de seguridad que se debe respetar en los artes gráficos aplicados a la experiencia de RV.

3.1.2.2 Colores Institucionales

La figura 27 presenta la paleta de colores, en donde se seleccionó como color primario el tono marrón tostado, aplicado en los marcos estructurales de la interfaz para evocar la calidez de la materia prima. Para los elementos interactivos, como botones y manijas virtuales, se empleó el color marrón oscuro junto con la crema pálida cuya función es guiar la atención visual del usuario hacia los puntos de acción. Adicionalmente, se estandarizó el uso de colores semánticos universales para la retroalimentación del sistema.

Figura 27

Paleta de Colores Institucionales de la Marca Lets Make a Coffe

<p>Marrón Oscuro RGB: 98, 51, 6 CMYK: 0, 48, 94, 62 HEX: #623306</p>	<p>Marrón Terracota RGB: 135, 83, 40 CMYK: 0, 38, 70, 47 HEX: #875328</p>	<p>Marrón Tostado RGB: 159, 108, 64 CMYK: 0, 32, 60, 38 HEX: #9F6C40</p>	<p>Arena RGB: 208, 170, 123 CMYK: 0, 18, 41, 18 HEX: #D0AA7B</p>	<p>Crema Pálido RGB: 255, 236, 185 CMYK: 0, 7, 27, 0 HEX: #FFECB9</p>
--	---	--	--	---

3.1.2.3 Tipografía

Considerando la resolución de los paneles de visualización en realidad virtual, se optó por utilizar la familia tipográfica Riffic, definida en el manual corporativo. Se seleccionaron exclusivamente los estilos palo seco o Sans Serif, descartando las variantes con remates que tienden a generar parpadeo cuando el usuario realiza movimientos con la cabeza. Para asegurar una jerarquía visual se emplean los pesos Bold en los encabezados de menús y la tipografía

Product Sans en las instrucciones operativas, garantizando que los textos sean legibles sin provocar fatiga visual durante sesiones prolongadas. Se presenta en la siguiente figura el orden jerárquico de las tipografías primarias junto con las secundarias.

Figura 28

Tipografías Principales y Secundaria de la Marca Lets Make a Coffe



Para garantizar la legibilidad, la tipografía principal únicamente será usada para la parte de títulos comunes y de impacto, en caso de que la tipografía riffic presente una menor lectura en ciertos aspectos o si la aplicación Unity no la logre cargar se aplicará la tipografía Gotham Ultra. De la misma forma, la tipografía secundaria servirá para todo el texto informativo y de alerta en general al ser mucho más familiar al sistema de navegación diaria al estar basada en la tipografía visual de Google.

3.1.2.4 Usabilidad: Variación del Logotipo

Con el fin de optimizar el espacio en la interfaz de usuario espacial, se determinó el uso exclusivo de la variante isotipo sin texto, para los componentes de navegación permanente y HUD. Esta decisión responde a la necesidad de economizar el campo de visión del usuario, evitando que elementos gráficos extensos obstruyan la visibilidad de la maquinaria crítica. El isotipo tendrá mayor participación dentro de los paneles de menú inicial y de selección de modo. Dichas variantes se presentan en la siguiente figura.

Figura 29

Variantes de Uso del Logotipo de la Marca Lets Make a Coffe



3.1.2.5 Identidad Verbal

La experiencia de usuario se refuerza mediante una identidad verbal definida, que establece el tono de voz del sistema como el de un instructor senior y empático. La redacción de los mensajes de la interfaz utiliza un trato directo pero formal, diseñado para motivar al estudiante durante el proceso de aprendizaje. En el manejo de errores se sustituyeron por los mensajes tradicionales por retroalimentación constructiva; por ejemplo, ante un fallo en el proceso, el sistema indica la causa técnica específica y sugiere una corrección inmediata.

3.1.3 Feedback visual y sonoro

Para garantizar una inmersión sensorial completa, el sistema de retroalimentación se diseñó bajo un enfoque que combina estímulos visuales establecidos en los wireframes junto con sonidos. Esta estrategia responde a la necesidad detectada en la fase de observación de campo, donde se identificó que el barista depende tanto de la vista como del oído para monitorear procesos críticos como la texturización de la leche o la molienda del grano.

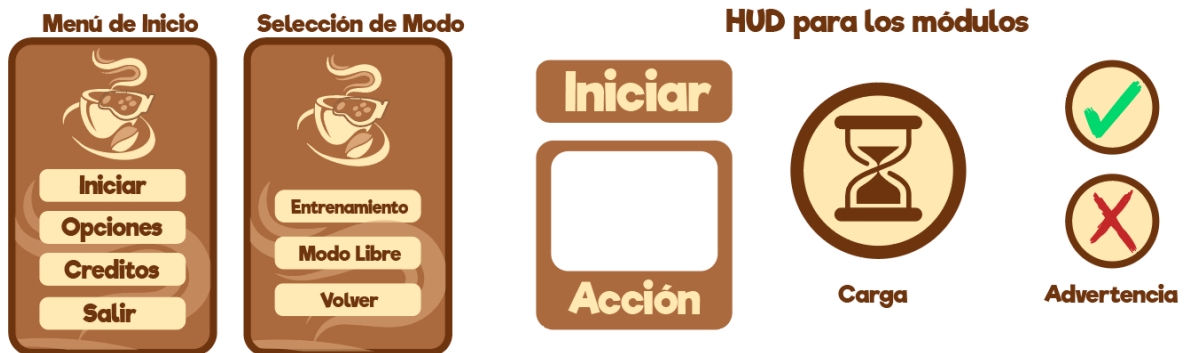
3.1.3.1 Retroalimentación visual y paneles de interfaz

El feedback visual actúa como la primera capa de confirmación de las acciones del usuario. Se implementó un sistema de semáforo semántico en los elementos de interfaz, el color verde

confirma la ejecución correcta de procedimientos, mientras que el rojo alerta sobre errores técnicos o de seguridad.

Figura 30

Prototipos de Alta Fidelidad de las Interfaces y Alertas de la Aplicación

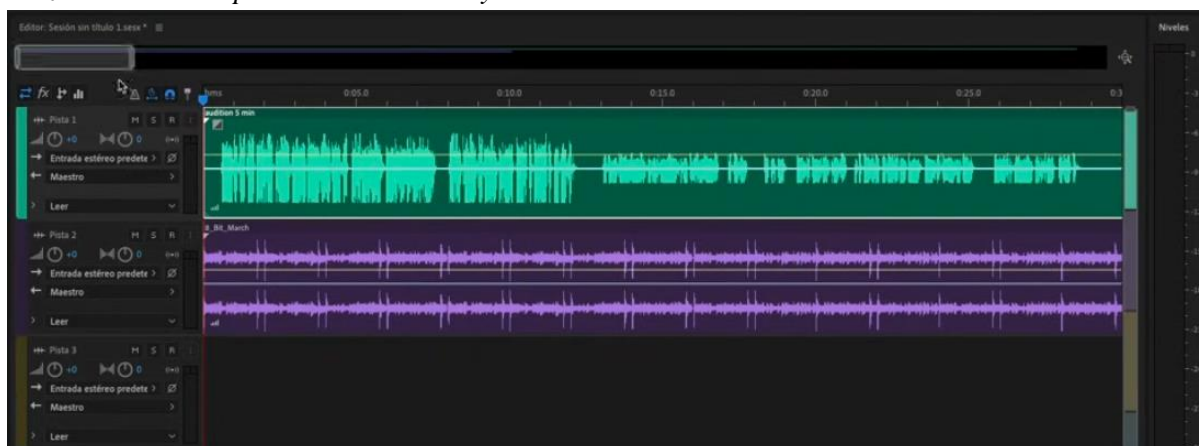


3.1.3.2 Diseño y efectos visuales

Para la construcción del paisaje sonoro de la experiencia, se implementó una estrategia híbrida que combina librerías digitales de alta fidelidad con grabaciones originales mediante técnica Foley. Esta decisión responde a la necesidad de diferenciar acústicamente el entorno mecánico de las interacciones orgánicas.

Debido a la complejidad acústica de los motores industriales y la necesidad de un audio limpio sin ruido ambiente, los efectos sonoros correspondientes a la maquinaria pesada específicamente el funcionamiento del motor de la máquina de espresso y la vibración del molino fueron obtenidos de bancos de sonido especializados. Estos activos fueron sometidos a un proceso de postproducción para ecualización y normalización, asegurando que se integren coherentemente con el entorno virtual sin saturar la mezcla de audio.

Figura 31
Mezcla de Sonidos para la Técnica Foley



Para las interacciones cercanas, se optó por la técnica de Foley, creando y grabando los sonidos manualmente para garantizar una sensación de realismo físico. Se recrearon los sonidos de la caída de granos, el flujo de líquidos y el choque de cerámica utilizando diversos materiales en un entorno controlado.

En la tabla 10, se detalla la matriz de producción de efectos Foley, relacionando la acción virtual con el objeto real utilizado para su simulación sonora.

Tabla. 10
Acciones y objetos usados para la técnica Foley

ACCIÓN VIRTUAL	OBJETO REAL	TÉCNICA DE GRABACIÓN
Caida de granos de cafe	Arroz y frijoles secos cayendo sobre plástico	Micrófono a 10 cm para captar el sonido al caer
Chorro de espresso	Agua jabonosa cayendo sobre una taza	Se usó jabón para generar burbujas y densidad sonora
Choque de tazas	Dos tazas de cerámica reales	Impactos suaves controlados
Vaporización	Sonido de agua hirviendo en un tetera	Grabación mixta

Nota. Elaboración Propia

3.1.3.3 Accesibilidad y guía auditiva

Con el objetivo de mitigar las barreras de aprendizaje identificadas en la fase de investigación, se implementó un sistema de guía auditiva. Esta decisión de diseño responde a la necesidad de reducir la carga cognitiva visual del usuario, permitiendo que la atención se centre

exclusivamente en la manipulación de la maquinaria y los insumos, en lugar de la decodificación de textos en pantalla.

En los entornos de Realidad Virtual, la lectura prolongada de paneles de texto flotantes puede generar fatiga visual y desorientación espacial. Para solucionar esto, se optó por trasladar la instrucción teórica al canal auditivo. Esta estrategia permite la ejecución simultánea: el estudiante puede escuchar la explicación técnica sobre el calibrado del molino mientras mantiene sus manos y su mirada en el objeto virtual. Esto simula la dinámica real de un taller presencial, donde el instructor habla mientras el alumno practica, facilitando la transferencia de memoria procedimental sin interrupciones visuales. En la tabla 11 se presenta el trabajo de producción para la grabación de audio.

Tabla. 11

Líneas de diálogo para voz en off dentro de la experiencia RV

MOMENTO DE SIMULACIÓN	GUION LITERARIO	INTENCIÓN
Bienvenida	Hola y bienvenido a Let's Make a Coffee. Nos alegra tenerte aquí. Antes de empezar, es importante que estés cómodo; por favor, ajusta la altura y la posición de tu visor para garantizar la mejor experiencia posible.	Amable, pausando y acogedor
Módulo Calibración	Vamos a comenzar con la preparación de un expreso. Toma el filtro de café. Ahora, trasládalo a la molienda para dosificar el café. Excelente. Coloca el filtro sobre la balanza. Toma el támara y sitúalo sobre el filtro para prensar el café.	Profesional, introductorio y calmado.
Módulo Extracción	A continuación, toma el filtro e insértalo en la cafetera. Toma una taza y ubícala bajo el filtro de café. Apunta con tu control al botón superior de la cafetera y presiona el gatillo para iniciar la extracción del expreso. Ahora, toma la leche y viertela en la jarra de acero.	Técnico, corrección ergonómica.
Módulo Vaporización	Antes de utilizar el vaporizador, debemos purgarlo. Sujeta la perilla y ábrela durante unos segundos. Levanta el vaporizador orientándose hacia ti. Toma la jarra con leche y ubícala de modo que la punta de la vara quede justo en la superficie de la leche. Una vez que la leche esté tibia, eleva ligeramente la jarra y mantén esta posición hasta alcanzar la temperatura adecuada.	Grabación mixta

Al llegar a la temperatura ideal, gira nuevamente la perilla para cerrar el vaporizador.

Finalmente, toma la jarra y vierte la leche en la taza con el expreso.

Excelente, has logrado preparar con éxito un capuchino.

Nota. Elaboración Propia

3.2 Producción de objetos 3D

Esta fase del proyecto abarca el modelado de los objetos estándares de una barra de café en elementos tridimensionales interactivos. Para ello, se utilizó Blender, siguiendo un flujo de trabajo para garantizar la correcta inserción de los assets dentro del programa de Unity.

3.2.1 Modelado de objetos para la cafetería y entorno

El proceso de modelado se dividió en dos categorías según la importancia del objeto en la interacción: objetos principales y entorno. Se empleó la técnica de modelado de superficie dura Hard Surface Modeling para replicar la maquinaria con precisión. Se modelaron los equipos identificados en la matriz de observación AEIOU, teniendo en cuenta su versión estándar para el oficio de barista.

Para el modelado de los objetos principales, se aplicó un criterio de estandarización de mercado. El objetivo fue replicar equipos que un barista profesional encontrará con alta probabilidad en su entorno laboral real, asegurando que la ergonomía virtual de las perillas, botones y tolvas coincida con los equipos industriales de referencia

3.2.2 Máquina de Espresso - La Marzocco

Se modeló la línea La Marzocco por ser el referente de estabilidad térmica y presión en el barismo de alta gama, permitiendo una simulación fiel de los grupos de extracción. Para la construcción de la maquinaria principal, específicamente la máquina de expreso de *La Marzocco*, se implementó un flujo de trabajo dividido en dos fases críticas, tal como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 32

Modelo Low Poly y Final de la Máquina de Espresso



El proceso inició con la creación de un modelo inicial low poly. En esta etapa, se utilizaron formas geométricas básicas para establecer las dimensiones generales del objeto dentro del espacio tridimensional. Este modelo simplificado fue exportado prematuramente al entorno de realidad virtual Unity para realizar pruebas. El objetivo fue validar que la altura de la máquina y la distancia de los grupos de extracción fueran ergonómicamente accesibles para el usuario antes de invertir tiempo en detalles estéticos.

Una vez validada la escala, se procedió al modelado de mayor nivel. Sobre la base de low poly, se esculpieron y modelaron los componentes funcionales identificados previamente en la matriz de observación.

Se detallaron con mayor densidad las perillas de vaporización, los botones de activación y las lancetas, ya que son los puntos donde el usuario focalizará su atención. Se incorporaron las características estéticas de la marca, como el isologo frontal y las rejillas de la bandeja de goteo, elementos necesarios para generar familiaridad en el barista.

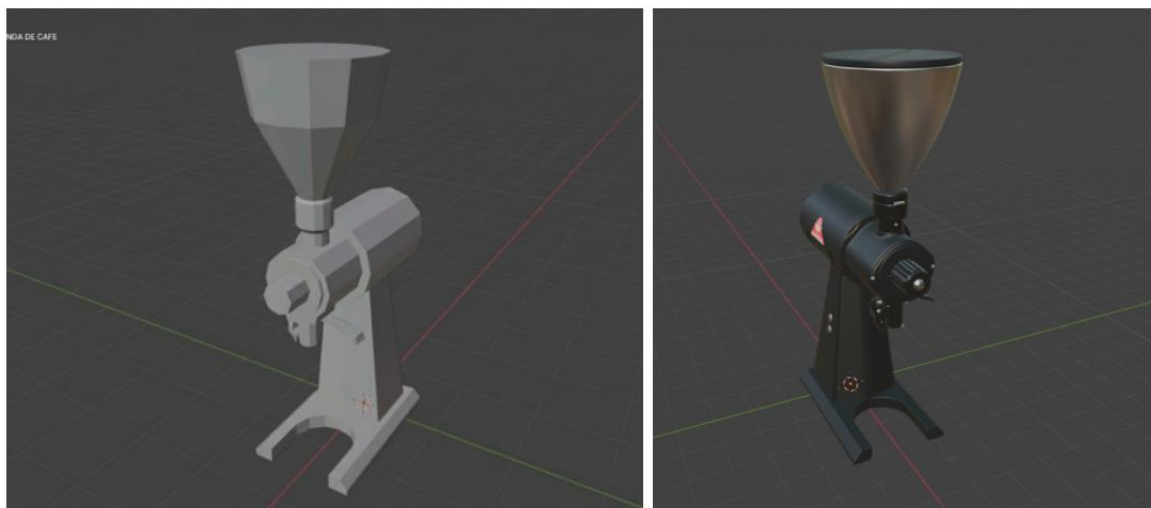
A pesar del nivel de detalle visual alcanzado en la imagen derecha, la geometría fue optimizada eliminando caras ocultas y bucles de aristas innecesarios, garantizando que el modelo presente una carga estable en el visor Meta Quest (RT-03).

3.2.3 Molienda - Mahlkönig EK43

De la misma forma, el modelo Mahlkönig EK43 fue seleccionado por ser la herramienta estándar para molienda de precisión, lo que permite que el usuario identifique rápidamente los componentes de calibración que ya se conocen en el mundo físico. Se realizó el modelado del molino de café, tomando como referencia el modelo industrial Mahlkönig EK43, estándar en las cafeterías de especialidad. Como se observa en la figura 33.

Figura 33

Modelo Low Poly y Final de la Molienda de Café



La fase de Low Poly fue fundamental para verificar la altura de la tolva. Esto para que un usuario de estatura promedio pudiera realizar el gesto de verter el grano en la parte superior sin tener que estirar los brazos de manera exagerada, evitando así incomodidad.

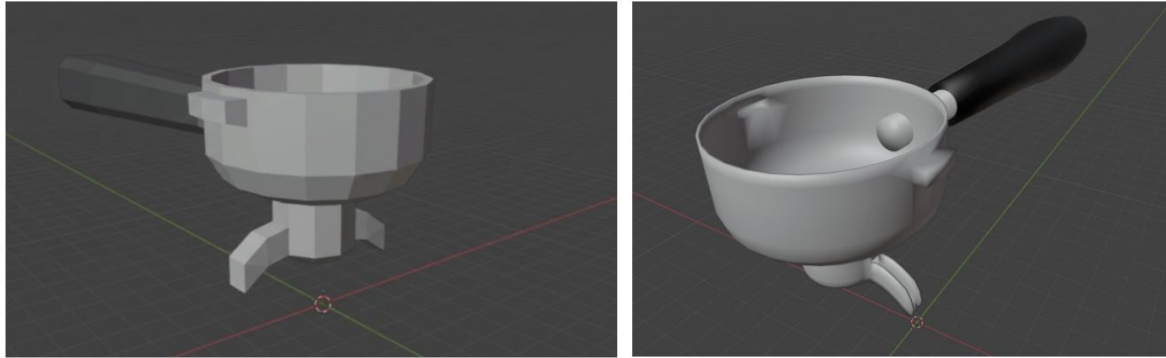
A diferencia del cuerpo original del molino, el soporte se modeló como un objeto nuevo con su propio punto de apoyo. Esto permite que, en el motor Unity, el usuario pueda colocar el portafiltro sin necesidad de mantenerlo en el aire esperando a que caiga el café molido.

3.2.4 Portafiltro

Se desarrolló el portafiltro como se evidencia en la siguiente figura.

Figura 34

Modelo Low Poly y Final del Portafiltro

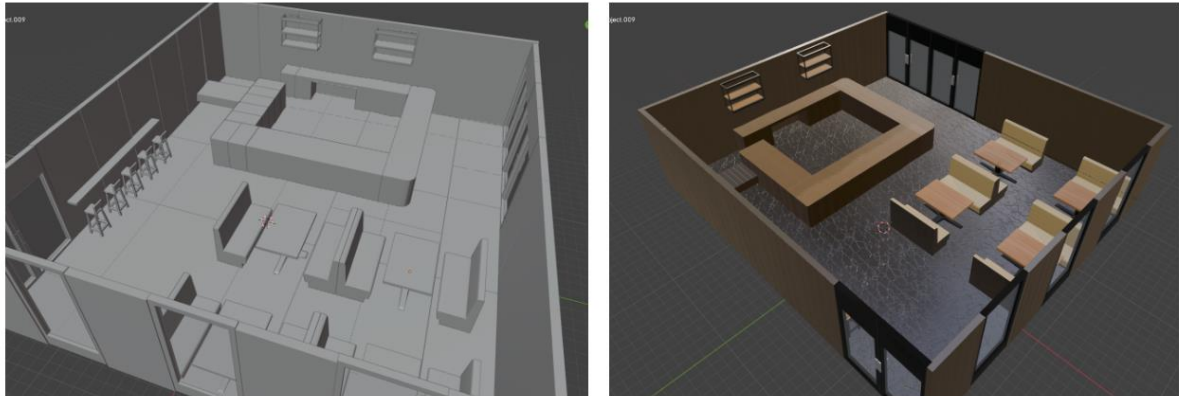


Este modelo de baja fidelidad se importó a Unity para comprobar que sus dimensiones encajaran físicamente tanto en la horquilla del molino como en el grupo de la máquina de espresso. Si el diámetro de la canasta hubiera sido incorrecto, la mecánica de insertarla en la máquina habría provocado colisiones visuales. Para el modelo final, se aplicó un sombreado suave sobre la geometría del mango y las salidas de café, logrando una apariencia orgánica sin aumentar excesivamente el conteo de polígonos.

Se diferenció el mango del cuerpo, utilizando el color oscuro como una señal visual para indicarle al usuario intuitivamente dónde debe sujetar el objeto virtual.

3.2.5 Entorno Cafetería

La figura 29 presenta la construcción del entorno de la experiencia. A diferencia de los simuladores tipo laboratorio, se optó por recrear una cafetería completa para proporcionar un aprendizaje situado, permitiendo al usuario familiarizarse con el flujo de trabajo espacial detrás de una barra.

Figura 35*Modelo Low Poly y Final del Espacio de Trabajo*

Se inició con una estructura simple de bajo grosor para delimitar el perímetro. Esto ayuda a definir el ancho del pasillo detrás de la barra. Se estableció una distancia mínima entre la barra trasera y la mesa de trabajo, garantizando que el usuario tenga suficiente espacio para moverse lateralmente sin colisionar con geometrías invisibles. Para rellenar el escenario se incluyeron elementos repetitivos como las mesas, sillas y estanterías se modelaron una sola vez y se duplicaron. La estética final busca un equilibrio entre realismo y rendimiento. Se utilizaron texturas tileables para el suelo y las paredes.

3.3 Montaje y programación en unity

En esta fase del proyecto se abarca el desarrollo de la experiencia, la disposición de cada uno de los modelos 3D en el entorno virtual y la implementación de mecánicas para la experiencia en realidad virtual.

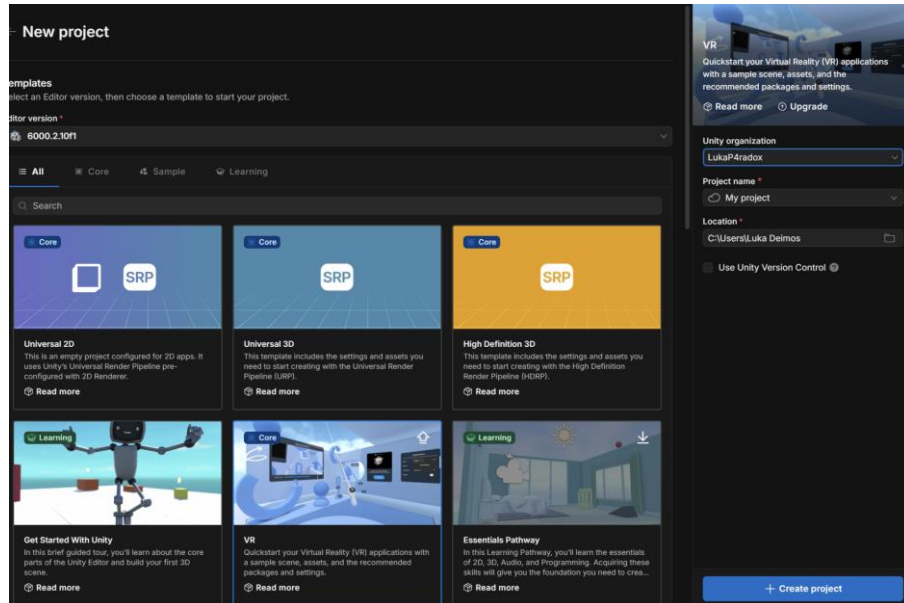
3.3.1 Configuración del entorno

El entorno virtual se desarrolló con un paquete preparado para el desarrollo de entornos virtuales en la versión de Unity 6.2 (6000.2.10f1). Una vez dentro del proyecto se instalaron los paquetes de assets que serían necesarios para el desarrollo en realidad virtual. Los paquetes esenciales para el desarrollo son los siguientes: XR Interaction Toolkit (versión 3.2.1), XR Plugin Management (versión 4.5.3) y OpenXR Plugin (versión 1.15.1).

La figura 36 muestra la pantalla de creación de proyectos de Unity, en donde se selecciona el tipo de proyecto a crear, el cual es VR usando la versión de Unity 6.2 (6000.2.10f1).

Figura 36

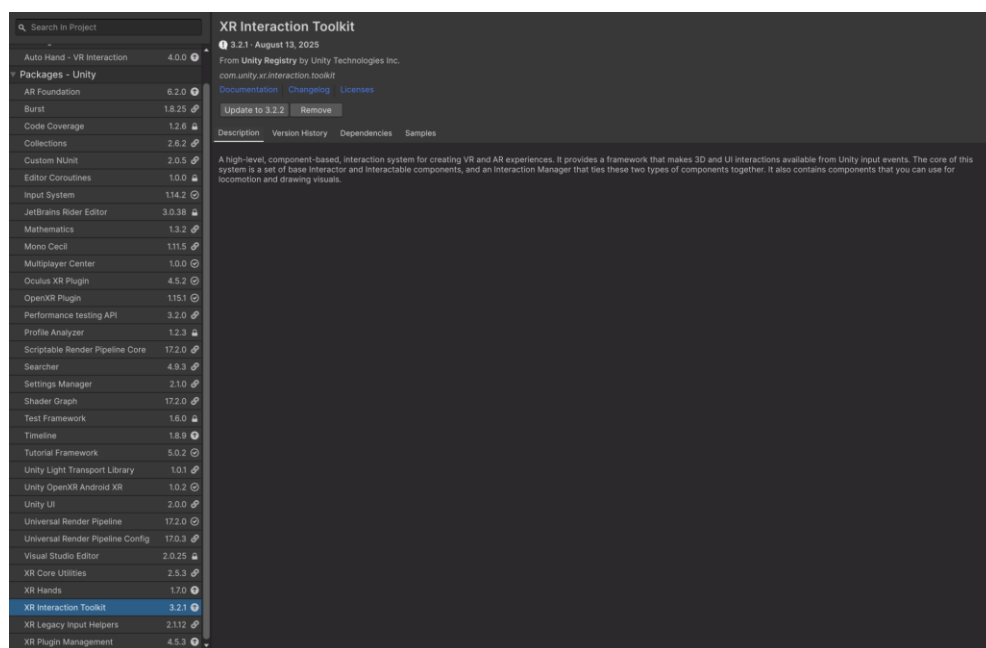
Pantalla de creación de proyectos en Unity



La figura 37 muestra la ventana Package Manager dentro del programa de Unity, sección donde se instalan y configuran los paquetes que se van a usar para el desarrollo del proyecto en realidad virtual.

Figura 37

Sección Package Manager dentro del programa de Unity



3.3.2 Implementación del sistema de interacción

Para la interacción con las interfaces de inicio del proyecto se implementó un script llamado VR Menu UI Manager. Este script controla toda la funcionalidad de la interfaz principal que permite comenzar la experiencia y configurar distintos parámetros.

Figura 38

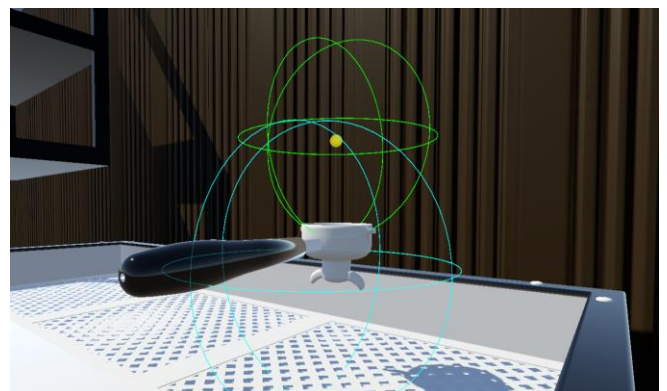
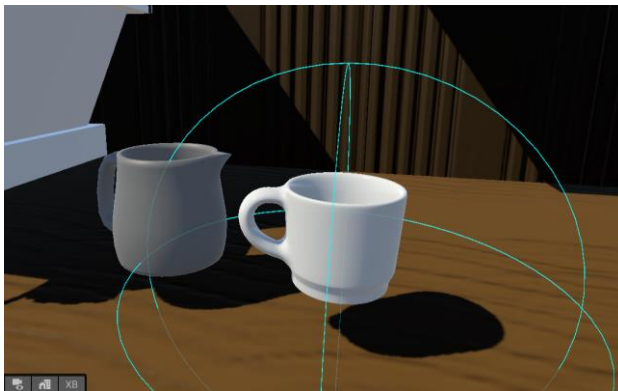
Interfaz de usuario de la experiencia en realidad virtual



El área de trabajo de la experiencia está organizada para agilizar el flujo de trabajo. Cuenta con objetos estáticos y objetos dinámicos los cuales interactúan entre sí. Los objetos dinámicos como: tazas, cartón de leche, filtro para café, jarra de acero y el tamper; son objetos que se pueden tomar y cada uno de ellos cuentan con el script XR Grab Interactable, el cual permite al usuario tomar estos objetos y usarlos durante la experiencia.

Figura 39

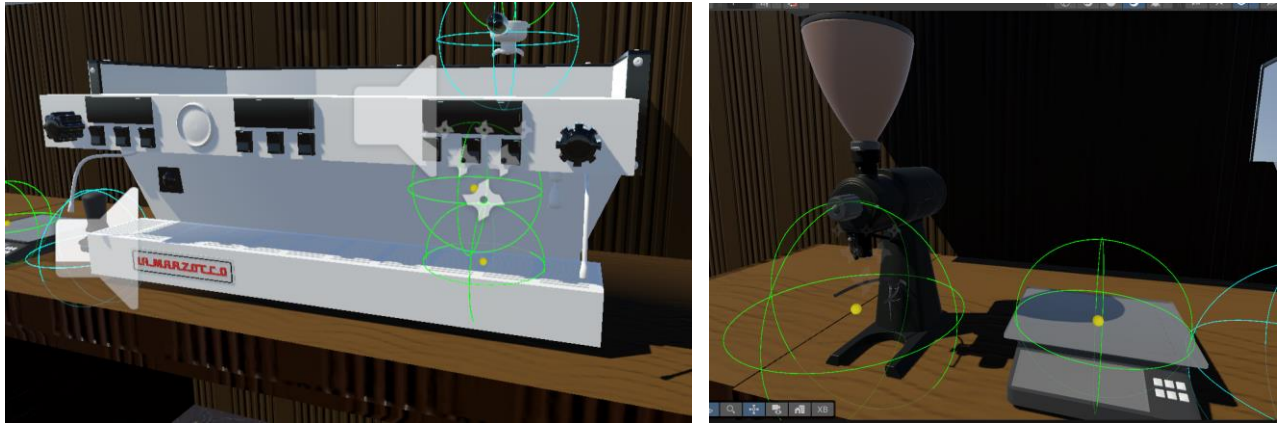
Objetos dinámicos dentro de la experiencia: taza, filtro de café y jarra de acero



Los objetos estáticos como: la balanza, la molienda y la cafetera; son los objetos centrales donde los distintos procesos dentro la experiencia se van a desarrollar. Tanto la cafetera como la molienda y la balanza cuentan con scripts personales los cuales facilitan cada proceso en la experiencia.

Figura 40

Objetos estáticos dentro de la experiencia: cafetera, molienda y balanza

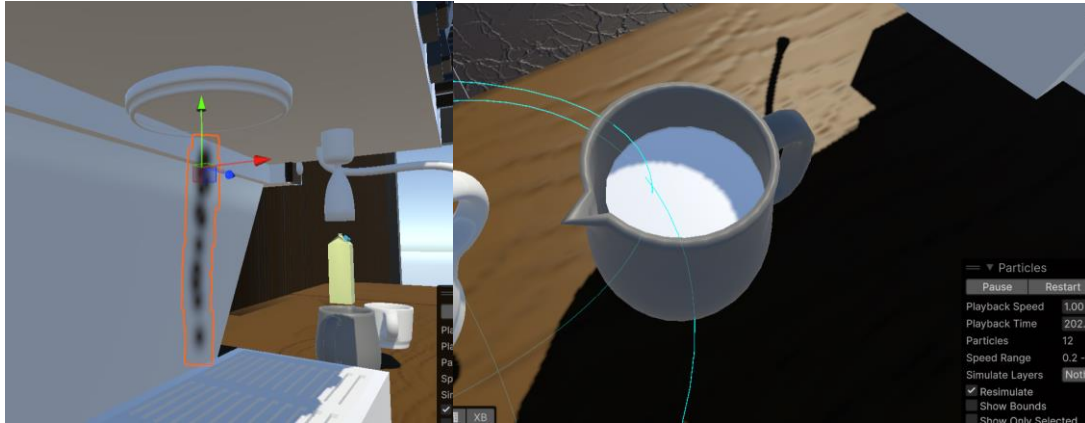


3.3.3 Simulación de fluidos y partículas

En esta etapa del desarrollo se buscó simular las físicas y reacción de los líquidos como: café o leche. Fluidos los cuales están presentes durante toda la práctica del barismo. Al ser un entorno en realidad virtual y teniendo en cuenta en que el producto debe ser capaz de reproducirse en VR headsets. Se buscó simular estos fluidos con alternativas que no alterarán el rendimiento de la experiencia. Para los líquidos y otros elementos en un estado de movimiento constante se decidió hacer uso de un sistema de partículas que simularán estos líquidos. Para los líquidos en un estado reposo como: el café en la taza o la leche en la jarra de acero; se hizo uso de shaders, texturas que tras una cierta configuración de nodos simulan ser un líquido. El uso de shaders para simular fluidos en reposo es una estrategia de optimización crítica en dispositivos autónomos, ya que permite mantener la fidelidad visual sin comprometer la tasa de cuadros por segundo (FPS) necesaria para evitar la cinetosis (Roldán-Reche, 2024).

Figura 41

Líquido de espresso cayendo de la cafetera y jarra de acero llena de leche



3.3.4 Lógica de programación de la secuencia

En esta fase se desarrollaron los scripts de cada una de las mecánicas implementadas dentro de la experiencia, los cuales permiten simular procesos que se realizan durante la práctica del barismo.

Script: SnapPoint

Este script define las zonas a las cuales se pueden enganchar los objetos como: filtro para café o taza. Utilizan un sistema de tags para determinar qué objetos se pueden enganchar en estos puntos. El script completo de SnapPoint se encuentra detallado en el Anexo 5.

Script: Snapable Object

Este script permite que un objeto interactuable en realidad virtual se acopla automáticamente a puntos de anclaje cercanos cuando el usuario lo suelta. Al ser agarrado, el objeto se libera de su posición actual; al ser liberado, el script busca el punto de anclaje más cercano dentro de un radio definido y, si el objeto tiene la etiqueta correcta y el punto está disponible, lo posiciona y bloquea en ese lugar. El script completo de Snapable Object se encuentra detallado en el Anexo 6.

Script: Coffe Grinder

Este script controla la lógica de una molinilla de café. Se activa automáticamente cuando un objeto con la etiqueta Filter se coloca en un punto de anclaje específico, bloqueando el filtro en su lugar mientras dura el proceso. Durante el molido, activa efectos de sonido y partículas, y al finalizar, muestra un objeto visual de café molido, cambia la etiqueta del filtro a FilterWithCoffee para indicar que está lleno y permite al usuario volver a retirar el filtro. El script completo de Coffe Grinder se encuentra detallado en el Anexo 7

Script: Coffe Tamper

Este script gestiona la lógica del prensado de café. Cuando un objeto con la etiqueta Tamper se coloca en el punto de anclaje del filtro, el script bloquea el tamper e inicia un temporizador de compactación. Durante este tiempo activa sonidos y partículas, y al finalizar, cambia la etiqueta del filtro a FilterPressed, indicando que el café está listo para ser usado en la cafetera y liberando el tamper para que el usuario pueda retirarlo. El script completo de Coffe Tamper se encuentra detallado en el Anexo 8

Script: Espresso Machine

Este script coordina el proceso final de la máquina de espresso. Actúa como un gestor lógica que solo permite la extracción si se cumplen dos condiciones: que un filtro preparado y una taza (Cup) estén colocados en sus respectivos Snap Points. Al pulsar el botón de extracción, el script activa partículas de café cayendo y sonidos de máquina durante un tiempo determinado; al finalizar, activa un objeto visual de líquido dentro de la taza y cambia la etiqueta de esta a CupWithEspresso, completando así el ciclo de preparación. El script completo de Espresso Machine se encuentra detallado en el Anexo 9

Script: Extraction Button

Este script gestiona el comportamiento físico y visual del botón que activa la máquina de espresso. Su función principal es servir de puente entre la interacción del usuario y la lógica de la máquina: cambia el material del botón para indicar visualmente si la extracción es posible o no, añade una pequeña animación de escala cuando se toca o se presiona, y envía la señal de inicio a la EspressoMachine sólo cuando se han cumplido todos los requisitos previos. El script completo de Extraction Button se encuentra detallado en el Anexo 10

Script: TutorialAudioManager

Este script es un gestor de audio para un tutorial, diseñado para guiar al usuario paso a paso a través de la experiencia de preparar café. Funciona mediante un sistema de fases del 1 al 12 que, al ser activadas, reproducen instrucciones de voz específicas con un ligero retardo configurable; incluye una lógica especial para la fase de vaporización de leche reproduciendo dos audios seguidos y permite controlar el flujo del tutorial, pudiendo avanzar secuencialmente, saltar a fases específicas o reiniciar todo el proceso. El script completo de TutorialAudioManager se encuentra detallado en el Anexo 11

Script: TutorialFaseTrigger

Este script actúa como un puente o disparador que conecta las acciones del jugador con el sistema de audio del tutorial. Su función es notificar al TutorialAudioManager que una tarea específica se ha cumplido para que se reproduzca la instrucción de voz correspondiente. Es altamente flexible, ya que permite configurar si la fase se activa solo una vez, si debe dispararse automáticamente al empezar la escena, e incluso permite ejecutar eventos adicionales de Unity mediante el campo. El script completo de TutorialFaseTrigger se encuentra detallado en el Anexo

3.4 Empaquetado y distribución de la aplicación

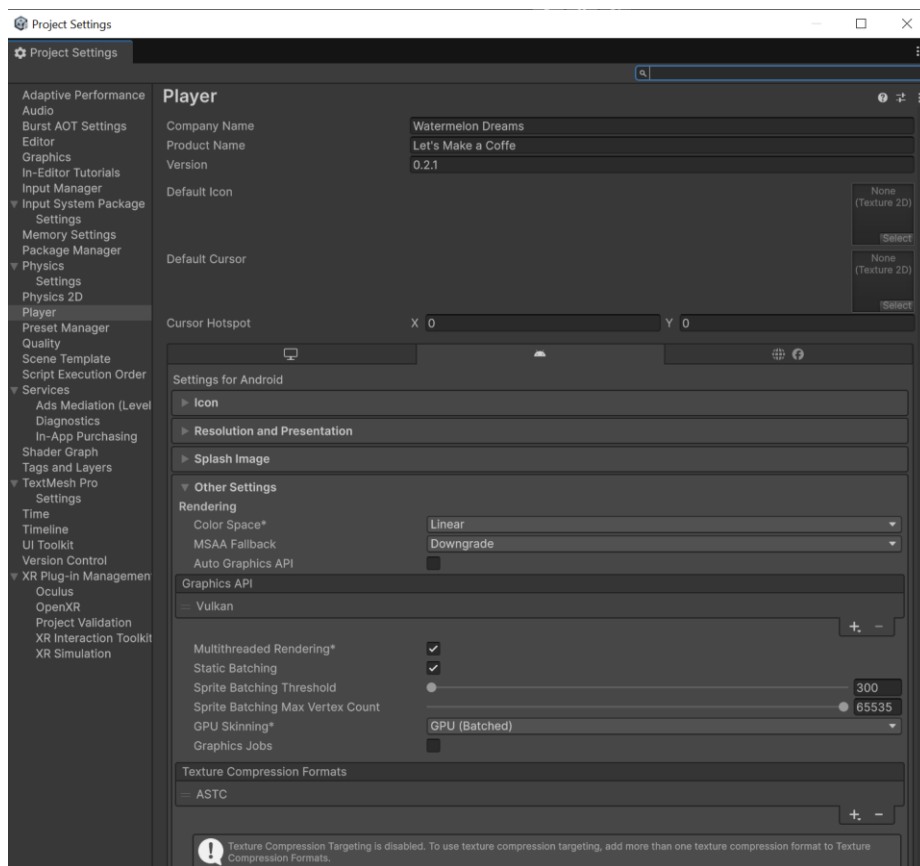
Concluido el desarrollo de la experiencia en realidad virtual, se procede a realizar el empaquetamiento de la misma para tener el primer APK que se subirá a la tienda de Meta mediante el uso de la plataforma “Meta Quest Developer Hub”.

3.4.1 Generación del APK

Para la generación del APK se siguieron ciertos criterios y configuraciones específicas para el buen funcionamiento de la aplicación una vez que sea cargada a la tienda. Estas configuraciones incluyen el manejo de versiones que no entren en conflicto a la hora de cargar el APK y el uso de Plug-ins especializados para experiencias con gafas Meta Quest.

Figura 42

Ventana “Project Settings” de la aplicación Unity



3.4.2 Despliegue de la aplicación en la tienda de Meta

Para la distribución de la aplicación se utilizó la plataforma Meta Quest Developer Hub. Primero se creó una cuenta de desarrollo para poder gestionar la distribución de la aplicación.

Una vez realizadas las configuraciones básicas se cargó el APK en el apartado de App Distribution de la plataforma. Con el APK desplegado se procedió a invitar a usuarios para hacer las pruebas con las gafas de realidad virtual.

Figura 43

Ventana de distribución en "Meta Quest Developer Hub"

The screenshot shows the 'App Distribution' page for the app 'Let's Make a Coffe'. The interface includes a sidebar with navigation options like 'My Team', 'Manage', and 'App Distribution'. The main content area displays the app's logo, name, and release channel information. A table lists the release channels and their associated builds.

Name	Current Builds	Build Date	Device Targets	Users	Actions
Production (Store)	--	--	--	0	Upload ...
RC	--	--	--	0	Upload ...
BETA	--	--	--	0	Upload ...
ALPHA	0.2.1 Code: 14	9/1/2026, 1:22:52	Quest 2, Quest Pro, Quest 3 family, Future devices	2	Upload ...

Figura 44

Ventana de Usuarios de la aplicación en Meta

The screenshot shows the 'Users' management page. It includes a sidebar with navigation options like 'Current builds', 'Settings', 'Users', and 'Build History'. The main content area displays a table of users with their details and invite methods.

User	Type	Invite method	Date joined	
<input type="checkbox"/> Shawi120 wilsonferna120@gmail.com	Meta Quest User	Email This user gained access via Email Invite	1/7/26, 4:58 PM	...
<input type="checkbox"/> mak182 marceloandrescalles@gmail.com	Meta Quest User	Email This user gained access via Email Invite	11/28/25, 3:49 PM	...

CAPÍTULO IV: Validación y testeo

4.1 Protocolo de pruebas

La fase de validación constituye el cierre del ciclo iterativo de la metodología Design Thinking. Para este proyecto, se diseñó un protocolo de pruebas cuasi experimental bajo condiciones controladas, con el propósito de evaluar no solo la funcionalidad del software desarrollado en Unity, sino también la experiencia de usuario (UX) y la eficacia de la transferencia de conocimiento técnico. Las sesiones de prueba se llevaron a cabo de manera individual, en un entorno amplio y libre de obstáculos, asegurando que los datos recolectados reflejen fielmente la interacción del usuario con el entorno virtual inmersivo.

4.1.1 Selección de usuarios de prueba

La selección de la muestra fue intencional y estratificada, buscando contrastar dos perspectivas opuestas pero complementarias para el desarrollo del producto. Se contó con un total de 10 participantes, divididos en los siguientes perfiles:

1. Grupo A: Novatos o Estudiantes:

- **Perfil:** Estudiantes universitarios o personas ajenas al área de barismo, con nulo o mínimo conocimiento sobre la preparación de café de especialidad.
- **Justificación de selección:** Este grupo representa al usuario objetivo principal de la capacitación. Su participación fue crucial para evaluar la curva de aprendizaje, la claridad de la interfaz gráfica (UI) y la capacidad del sistema para guiar a un usuario desde el desconocimiento total hasta la ejecución de una tarea técnica. Se buscó medir si la aplicación logra reducir esa curva de aprendizaje al enfrentarse a un tema del cual no ha tenido conocimiento previo.

2. Grupo B: Expertos o Baristas Profesionales:

- **Perfil:** Baristas activos con experiencia comprobable en el manejo de maquinaria comercial.
- **Justificación de selección:** Su rol fue el de validadores técnicos. Se requería su criterio para determinar si las mecánicas de interacción y las físicas de los fluidos programadas tenían la suficiente fidelidad respecto a la realidad operativa de una cafetería.

4.1.2 Tareas a realizar dentro de la simulación

Las tareas a realizarse fueron descritas en base al User Flow y los Requerimientos Funcionales definidos en el Capítulo II, se estructuró un circuito de tareas secuenciales. A cada usuario se le asignó un tiempo máximo de 10 minutos para completar el flujo, evaluando las siguientes métricas de desempeño que se describen en la tabla 12.

Tabla 12

Ventana “Project Settings” de la aplicación Unity

MÓDULO	TAREA A REALIZAR	CRITERIO
Familiarización y Ergonomía	El usuario debe calibrar su altura virtual, reconocer el espacio de trabajo minimalista y practicar el agarre de objetos simples mediante los controladores Meta Quest.	Capacidad para sujetar y soltar objetos sin que estos caigan al suelo virtual por errores de colisión.
Gestión de Molienda y Dosificación	Interacción con el modelo 3D del molino Mahlkönig EK43. El usuario debe colocar el portafiltro en la horquilla, activar el script de molienda y verificar visualmente la carga de café.	Obtener la dosis visual correcta y comprender el feedback de partículas.
Tampeo y Extracción	Uso del tamper virtual para aplicar un sello sobre el café molido y posterior inserción en el grupo de la máquina de espresso para iniciar la simulación de fluidos	Lograr una extracción dentro del rango de tiempo programado (25-30 segundos) y observar la formación de la crema del espresso.
Vaporización y Servicio	El usuario debe colocar la leche en la jarra de acero para luego interactuar con la lanceta de vapor, ejecutando la purga inicial y posicionando la jarra para texturizar la leche.	Finalizar el proceso sin activar las alertas o por errores.

4.1.3 Entorno y colaboración

Las sesiones de validación se llevaron a cabo contando con el soporte logístico y la participación de personal activo de dos cafeterías de especialidad del sector en la ciudad de Cuenca: Coffee Cor y Slow Brew.

La participación de estas entidades permitió el reclutamiento directo de los 4 usuarios expertos descritos anteriormente. Estos participantes no solo son baristas activos, sino que están familiarizados diariamente con la maquinaria de alta gama La Marzocco y Mahlkönig que se replicó en el entorno virtual. Esto aseguró que el feedback recibido sobre las físicas y la mecánica de la simulación proviniera de profesionales con un criterio técnico validado y actual.

Las sesiones de prueba se llevaron a cabo en espacios habilitados dentro de las instalaciones de dichas cafeterías. Se dispuso de un área despejada de aproximadamente 2m x 2m, libre de obstáculos físicos, permitiendo que los usuarios experimentaran los 6 Grados de Libertad del visor Meta Quest sin restricciones de movimiento ni riesgos de colisión. Al realizar las pruebas en un entorno real de cafetería, se mantuvo una atmósfera controlada en ruido para no interrumpir la concentración, contextualizada mentalmente al usuario en su labor profesional.

Las pruebas fueron agendadas en horarios de baja afluencia para evitar interferir con la operación comercial de los locales. Cada sesión tuvo una duración aproximada de 10 minutos por usuario, incluyendo la fase de inducción, la ejecución de las cuatro tareas del circuito y la entrevista de retroalimentación final.

4.2 Resultados del testeo de usabilidad

4.2.1 Mallas receptoras de información

Para el procesamiento de los datos cualitativos, se utilizó la técnica de Mallas Receptoras, consolidando los comentarios expresados por los usuarios durante y después de la experiencia. A continuación, en la Tabla 13, se presenta la consolidación de los hallazgos obtenidos durante las sesiones de validación. Cabe mencionar que el registro detallado de las observaciones se encuentra recopilado en el anexo 1.

Tabla 13

Ventana “Project Settings” de la aplicación Unity

COSAS INTERESANTES (+)	CRÍTICAS CONSTRUCTIVAS
<ul style="list-style-type: none"> - La mayor parte de usuarios novatos valoró positivamente poder practicar sin riesgos, lo que aceleró su confianza. - El uso de sonidos Foley para el ambiente fue destacado por los expertos como un factor clave para tener una retroalimentación de la acción que se está realizando. - El entorno minimalista destacó al no llevar mucha distracción y enfocar a los usuarios a continuar con los objetos que sí llevan interacción. - El entorno minimalista redujo la ansiedad en los usuarios principiantes. 	<ul style="list-style-type: none"> - El sonido de las máquinas, específicamente de la Mahlkönig EK43, resultó ser ajena para los expertos. - Los expertos señalaron la falta de pasos extra que lleva cada proceso de barismo. - Se reportaron dificultades ocasionales con el Script Snapable Object, donde el objeto no se imantaba correctamente a la zona si el usuario no era preciso. - La mayoría de usuarios novatos dieron a conocer que las instrucciones de audio fueron confusas.
DUDAS Y PREGUNTAS (?)	IDEAS NUEVAS (!)
<ul style="list-style-type: none"> - ¿Es posible implementar más modelos de máquinas de café? - ¿El sistema podría detectar si inclino mal el tamper? - ¿Se pueden modificar los valores de temperatura, gramos de molienda o tiempo de extracción de la máquina? - ¿Se puede ver una repetición de mis errores al final? 	<ul style="list-style-type: none"> - Agregar un indicador visual de temperatura sobre la jarra de leche. - Implementar microprocesos para cada área del barismo para lograr más fidelidad. - Agregar un manual de uso.

El análisis de la malla receptora evidencia una dualidad en la percepción de la experiencia. Por un lado, se valida la hipótesis de investigación con el grupo de novatos, quienes destacaron la

reducción de ansiedad y la seguridad del entorno minimalista como factores clave para su aprendizaje inicial. Por otro lado, la retroalimentación del grupo de expertos reveló la necesidad de incrementar la fidelidad técnica en aspectos específicos, como la acústica de la maquinaria y la inclusión de micro-procesos. Asimismo, se identificaron choques de usabilidad relacionados con la precisión del sistema de agarre y la claridad de las instrucciones auditivas.

4.2.2 Validación de la Competencia Técnica

Se evaluó el desempeño de los usuarios mediante una Lista de Cotejo estandarizada de 11 puntos, aplicada antes (Pre-Test) y después (Post-Test) de la intervención guiada con el simulador. El diagnóstico inicial reveló que los participantes poseían un conocimiento base moderado sobre el proceso de barismo, obteniendo una media de 6.40 (SD=0.97) en el Pre-Test. Este resultado indica que, aunque la muestra carecía de experiencia profesional, contaban con nociones teóricas o empíricas previas sobre la preparación del café.

Tras la interacción con el entorno de Realidad Virtual, el desempeño promedio ascendió a 8.30 puntos (SD=0.95). Este incremento refleja una mejora cualitativa en la técnica, pasando de un conocimiento general a una ejecución procedimental más precisa, especialmente en las etapas críticas de calibración y vaporización.

Tabla 14*Estadística Descriptiva de los resultados del Pre-Test y Post-Test*

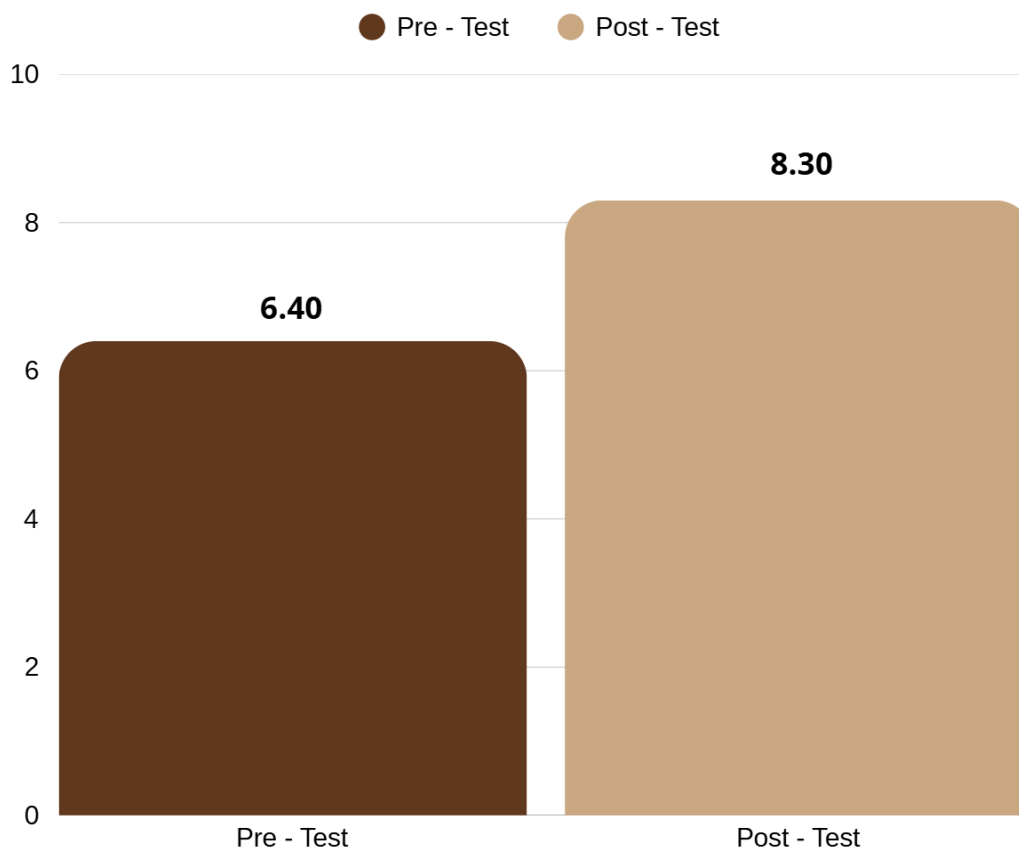
Variable	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
Pre-Test	6.40	0.97	5	8
Post-Test	8.30	0.95	7	10

Dada la distribución no paramétrica de los datos y el tamaño muestral ($n=10$), se aplicó la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas. El análisis arrojó un valor $p = 0.002$, lo que permite rechazar la hipótesis nula y afirmar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el antes y el después.

Tabla 15*Prueba de Rangos con Signo de Wilcoxon*

Comparación	Z	Sig. asintótica (p-value)	Decisión
Pre-Test vs. Post-Test	-2.803	0.002 (< 0.01)	Rechazar H_0

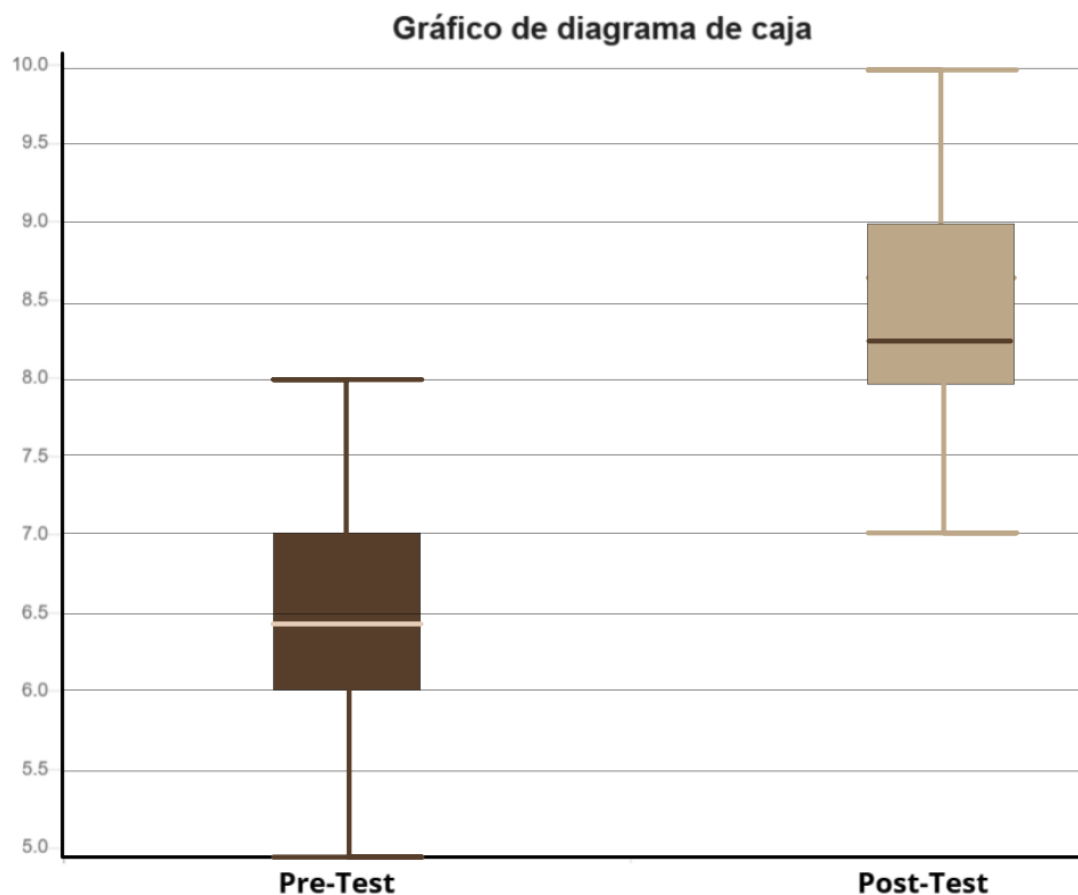
Nota. Al ser el valor p menor a 0.05, la mejora es significativa.

Figura 45*Competencia Técnica promedio (Pre vs Post)*

Nota. Se observa un incremento de 1.9 puntos netos, validando el simulador como herramienta de perfeccionamiento técnico.

Como se observa en la Figura 46, la distribución de los puntajes en el Post-Test muestra una consolidación del aprendizaje. Si bien existen variaciones individuales, la tendencia central se desplaza positivamente hacia el tercio superior de la escala, demostrando que la herramienta fue efectiva para homogeneizar el nivel técnico del grupo.

Figura 46
Distribución de Puntajes



Nota. El diagrama de cajas evidencia el desplazamiento del rendimiento hacia valores superiores tras la intervención.

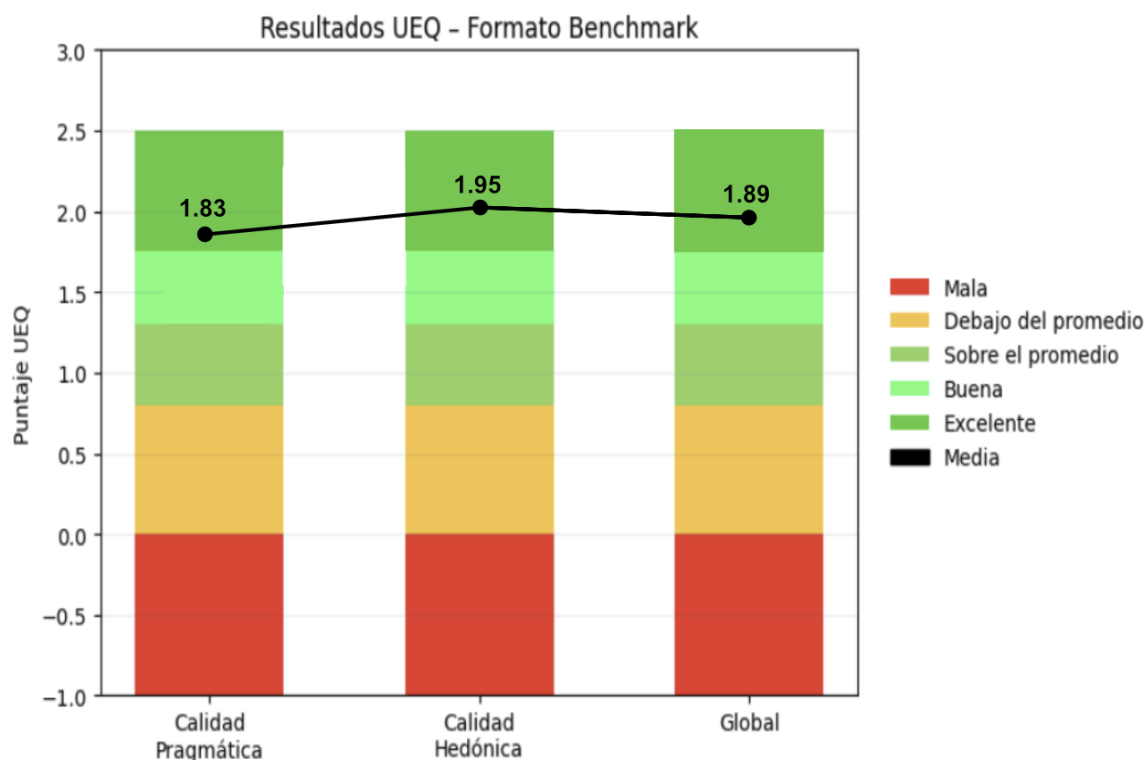
4.2.3 Evaluación de la Experiencia de Usuario (UEQ)

Para medir la percepción de usabilidad y satisfacción, se aplicó el cuestionario User Experience Questionnaire (UEQ) en su versión corta. Los datos fueron procesados mediante la herramienta de análisis oficial (Schrepp, 2024), obteniendo los siguientes indicadores de calidad:

Resultados por Dimensiones Los resultados presentan una valoración positiva general, con una distinción notable entre las cualidades pragmáticas y hedónicas:

- **Calidad Hedónica (1.95):** Esta dimensión obtuvo el puntaje más alto, ubicándose en el rango de Excelencia. Los usuarios percibieron la aplicación como emocionante, original y segura. El alto valor en el ítem de seguridad hace válida la hipótesis de que el entorno VR elimina el miedo al riesgo físico (quemaduras), fomentando la confianza.
- **Calidad Pragmática (1.83):** Si bien se mantiene en un rango positivo (>0.8), esta dimensión es inferior a la hedónica. Esto sugiere que, aunque la aplicación es útil y eficiente, el proceso de aprendizaje técnico conlleva una carga cognitiva inherente. Los usuarios reconocieron que la tarea no es fácil, sino que requiere esfuerzo y atención, lo cual es consistente con la naturaleza de un simulador de entrenamiento técnico serio.

Figura 47
Calidad de Experiencia de Usuario según dimensiones UE



Nota. La preponderancia de la calidad hedónica destaca el factor motivacional del simulador, mientras que la calidad pragmática positiva confirma su utilidad funcional.

4.2.4 Validación Técnica por Juicio de Expertos

De manera complementaria a la evaluación pedagógica, se sometió el prototipo a una validación técnica con un grupo focal de 4 baristas profesionales activos en cafeterías de especialidad de la ciudad de Cuenca (Coffee Cor y Slow Brew). A diferencia del grupo de estudiantes, el objetivo de este segmento no fue medir el aprendizaje, sino evaluar el grado de fidelidad, realismo y ergonomía de la simulación. La validación por juicio de expertos asegura que las mecánicas de interacción virtual respeten los protocolos internacionales de extracción de café, garantizando la transferencia de conocimiento al mundo real (Hoffmann, 2018).

Los resultados de esta validación experta arrojaron hallazgos cualitativos clave para el refinamiento del producto:

El 75% de los expertos validó que la secuencia lógica (Molienda, Compactación, Extracción) replica correctamente los estándares de la SCA (Specialty Coffee Association), confirmando que la aplicación sirve como un entorno seguro para automatizar la memoria muscular.

Los expertos destacaron el uso de audio inmersivo como un factor diferenciador. Sin embargo, señalaron la necesidad de ajustar la acústica específica del motor de la molienda para que coincida exactamente con el modelo Mahlkönig EK43 real, feedback que fue documentado en la malla receptora.

Se validó que la distribución de la barra permite un flujo de trabajo cómodo, aunque se sugirió mayor precisión en los colliders del tamper para evitar movimientos antinaturales de la muñeca.

4.2.5 Evidencias de las sesiones de prueba de usuario

Se incluyen imágenes representativas que documentan de manera fiel el desarrollo de las pruebas realizadas con los participantes novatos y expertos. Estas evidencias visuales muestran el entorno físico preparado, el setup técnico con el visor Meta Quest, la interacción de los usuarios durante el pre-test y post-test, así como los momentos de aplicación de la lista de cotejo y las entrevistas de retroalimentación con los baristas certificados.

Figura 48

Prueba de usuario cafetería Slow Brew

**Figura 49**

Prueba de usuario cafetería Slow Brew

**Figura 50**

Prueba de usuario cafetería Slow Brew



Figura 51

Prueba de usuario cafetería Coffee Cor



Figura 52

Encuesta de satisfacción y conocimiento Coffee Cor



4.3 Discusión de Hallazgos

La triangulación de los datos cuantitativos permite establecer dos conclusiones fundamentales sobre el prototipo.

Primero, el simulador actúa de forma eficiente al tener la libertad de practicar y de perfeccionar sus habilidades. Al elevar el promedio de desempeño de 6.40 a 8.30, la herramienta demuestra su capacidad no solo para enseñar desde cero, sino para estructurar y corregir conocimientos previos dispersos, logrando que el usuario pase de saber qué hacer a saber cómo hacerlo.

Segundo, la experiencia de usuario se define por un balance entre motivación y exigencia. A diferencia de una aplicación puramente lúdica, Let's Make a Coffee es percibida como una herramienta retadora pero altamente gratificante y segura. Este perfil es ideal para entornos

educativos, ya que mantiene al estudiante motivado sin trivializar la complejidad técnica de la habilidad que se está aprendiendo.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Tras el desarrollo y evaluación del prototipo Let's Make a Coffee, y en concordancia con los objetivos planteados al inicio de esta investigación, se establecen las siguientes conclusiones:

- Se comprobó que la implementación de un entorno de Realidad Virtual incide positivamente en la capacitación técnica de barismo. Los resultados del post-test evidenciaron un incremento significativo en el desempeño de los usuarios, elevando el promedio de competencia de 6.40 a 8.30 puntos sobre 11. Esto demuestra que el simulador no solo transmite conocimientos teóricos, sino que logra estandarizar y perfeccionar la memoria procedimental necesaria para la calibración, extracción y evaporación, validando así la hipótesis de investigación, que establece que la RV mejora el aprendizaje inicial al facilitar la memoria procedimental y reducir la ansiedad en un entorno seguro, especialmente para usuarios novatos.
- La evaluación de la experiencia de usuario (UEQ) destacó la dimensión de seguridad como una de las fortalezas principales del sistema. Al eliminar el riesgo físico real y el desperdicio de insumos, el entorno virtual generó un espacio de confianza que permitió a los usuarios novatos experimentar y cometer errores sin las consecuencias negativas del mundo físico, facilitando un aprendizaje más desinhibido. Un entorno de aprendizaje seguro es un catalizador para la autoeficacia del estudiante, permitiendo que la repetición constante consolide la memoria muscular sin los riesgos inherentes a la manipulación de maquinaria de alta temperatura (LaValle, 2019).
- El estilo visual minimalista demostró ser una decisión acertada para mantener un equilibrio entre rendimiento técnico y claridad visual. La alta valoración en la Calidad Hedónica (1.95) del cuestionario UEQ confirma que la estética y las mecánicas de interacción resultaron estimulantes y atractivas para el grupo objetivo, logrando

mantener la motivación del usuario a pesar de la complejidad técnica de las tareas de barismo.

- Si bien la aplicación fue calificada como eficiente, la diferencia entre la calidad pragmática y hedónica sugiere que la curva de aprendizaje inicial es exigente. Se concluye que, aunque el sistema de guía auditiva es funcional, la carga cognitiva de operar maquinaria compleja en VR requiere que el usuario posea una atención plena, lo que posiciona a la herramienta como un complemento ideal para la formación técnica supervisada más que como un sustituto total del instructor humano.

5.2 Recomendaciones para trabajos futuros

Basado en los hallazgos y limitaciones detectadas durante las pruebas de usuario, se sugieren las siguientes líneas de acción para futuras iteraciones del proyecto o nuevas investigaciones académicas

- Dado que algunos usuarios experimentaron dificultades menores con el seguimiento de pasos, se recomienda implementar un sistema de manos fantasma o guías visuales holográficas que complementen las instrucciones de audio. Esto reduciría la fricción cognitiva y ayudaría a los usuarios a identificar más rápido la zona de interacción correcta en el espacio 3D.
- El prototipo actual cubre los fundamentos del espresso y la leche. Se sugiere expandir la simulación para incluir módulos avanzados como el *Latte Art* y métodos de extracción alternativos, lo que convertiría a la aplicación en una suite de entrenamiento integral para cafeterías de especialidad.
- Para futuras investigaciones, se recomienda realizar un estudio longitudinal que evalúe a los participantes una semana después de la intervención RV. Esto permitiría medir la retención del conocimiento a mediano plazo y verificar si la memoria

muscular adquirida en el entorno virtual se transfiere efectivamente al operar una máquina de espresso real.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS Y ANEXOS

6.1 Referencias bibliográficas

Anthes, C., García-Hernández, R. J., Wiedemann, M., & Kranzlmüller, D. (2016). State of the art of virtual reality technology. *2016 IEEE Aerospace Conference*, 1-19. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7500674>

Bouchard, M. (2020). *Simulating Liquids in a Bottle with a Shader*. 80 Level. <https://80.lv/articles/simulating-liquids-in-a-bottle-with-a-shader>

Bowman, D. A. (2020). *3D User Interfaces: Theory and Practice*. Addison-Wesley Professional.

Chang, Y. S., Kao, J. Y., & Wang, Y. Y. (2022). Influences of virtual reality on design creativity and design thinking. *Thinking Skills and Creativity*, 46, 101127. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101127>

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). SAGE Publications.

Dam, R. F., & Siang, T. Y. (2020). *Personas – Why and How You Should Use Them*. Interaction Design Foundation. <https://www.interaction-design.org/literature/article/personas-why-and-how-you-should-use-them>

Gómez Mendiola, L., Borja Ramírez, V., Palmer Alfonso, W., García Garduño, D., Mendoza Vázquez, M., & Cobos de los Santos, R. (2009). Diseño de nuevos productos con un enfoque orientado al usuario. *Memorias del XV Congreso Internacional Anual de la SOMIM Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica*. https://somim.org.mx/memorias/memorias2009/pdfs/A1/A1_68.pdf

Hoffmann, J. (2018). *The World Atlas of Coffee: From Beans to Brewing - Coffees Explored, Explained and Enjoyed* (2.ª ed.). Mitchell Beazley.

International Coffee Organization [ICO]. (2021). *Coffee Development Report 2021: The Future of Coffee*. <https://www.internationalcoffeecouncil.com>

Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515–1529.

LaValle, S. M. (2019). *Virtual Reality*. Cambridge University Press. <https://msl.cs.uiuc.edu/vr/vrbook.pdf>

Leinonen, T., & Durall, E. (2014). Pensamiento de diseño y aprendizaje colaborativo. *Comunicar*, 21(42), 107-116. <https://doi.org/10.3916/C42-2014-10>

Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>

Morris, J. (2019). *Coffee: A Global History*. Reaktion Books.

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design and implementation. *Computers & Education*, 147, 103778.

Roldán-Reche, A. (2024). *Desarrollo de shaders y posprocesados en Unity: videojuego Color Crisis* [Trabajo de Fin de Grado, Universidad de Alicante]. Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante. <http://hdl.handle.net/10045/144247>

Samaniego E, R., Vallejo Chávez, L. M., & Samaniego Erazo, C. A. (2022). *Modelo Design Thinking para emprendimiento e innovación*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2022-09-15-143158-Modelo%20Design%20Thinking%20para%20emprendimiento%20e%20innovaci%C3%B3n.pdf>

Schrepp, M. (2024). *User Experience Questionnaire (UEQ)*. UEQ Online. <https://www.ueq-online.org/>

Slater, M. (2018). Immersion and the nature of the illusion in virtual reality. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 373(1752), 20170138. <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0138>

Unity Technologies. (2023). *Graphics Performance and Profiling*. Unity Documentation. <https://docs.unity3d.com/Manual/OptimizingGraphicsPerformance.html>

Vianna, M., Vianna, Y., Adler, I., Lucena, B., & Russo, B. (2012). *Design Thinking: Business Innovation*. MJV Press. <https://www.mjvinnovation.com/es/libro-design-thinking/>

Yasar, K. (2024). *¿Qué es la realidad virtual? Cómo se utiliza y cómo evolucionará*. TechTarget. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/virtual-reality>

6.2 Anexos

Anexo 1. Fichas de Registro de Testeo

Nota Aclaratoria: *La información presentada en este apartado corresponde a la transcripción digital fidedigna de las notas de campo escritas recopiladas durante las sesiones de validación realizadas el día 08 de enero del 2026 en las cafeterías Coffee Cor y Slow Brew. Así como de estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana. Se ha respetado la integridad de los comentarios expresados por los participantes para fines de análisis.*

1. Ficha de Validación de Experto - Coffee Cor

Datos del Validador

Nombre: Andrea Coronel

Cargo: Propietario / Barista Senior Certificada SCA

Institución: Cafetería Coffee Cor

Fecha: 08 de enero de 2026

Evaluación Técnica:

El experto confirma que el flujo lógico Molienda - Tampeo - Extracción cumple con los estándares de la SCA.

Destaca la precisión del modelo 3D del molino Mahlkönig EK43 y la máquina La Marzocco.

Comentarios Cualitativos:

Sugiere que el sonido del motor del molino debe ser más agudo para igualar al equipo real.

Indica que el clic del portafiltro al encajar es esencial para la memoria auditiva del barista.

Resalta que el sistema de SnapPoints evita que los estudiantes cometan errores de posición básicos, ahorrando tiempo en la instrucción presencial.

2. Ficha de Validación de Experto - Slow Brew

Datos del Validador:

Nombre: Diego Arévalo

Cargo: Propietario / Barista Senior Certificado SCA

Institución: Cafetería Slow Brew

Fecha: 08 de enero de 2026

Evaluación Técnica:

El experto valida que la altura de las mesas virtuales y la disposición de los utensilios son ergonómicamente correctas para evitar fatiga en jornadas de capacitación. Además recalca que el sonido de la molienda no es el mismo.

Evaluó positivamente el script de la lanceta de vapor y la física de la jarra de leche.

Comentarios Cualitativos:

Le pareció excelente el enfoque minimalista (tipo laboratorio). Según su criterio, esto ayuda a que el barista no se distraiga con la decoración y se enfoque 100% en la técnica de extracción.

Sugiere que en futuras versiones se incluye un termómetro visual sobre la jarra de leche, ya que en VR no se puede sentir el calor con las manos, lo cual es vital para no quemar la leche.

Anexo 2. Lista de Cotejo Técnica

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA DE COTEJO TÉCNICA

Proyecto: Simulación de Barismo en Realidad Virtual.

Datos del Participante:

Nombre: _____

Perfil: [] Estudiante/Novato [] Experto/Barista

Tipo de Prueba: [] Pre-Test [] Post-Test

Fecha: 08 de enero de 2026

Tabla 16

Criterios de evaluación de las pruebas de usuario

N°	Criterio de Evaluación por Módulo	Cumple (1)	No Cumple (0)	Observaciones
I	FAMILIARIZACIÓN Y ERGONOMÍA			
1	Reconoce el espacio de trabajo y se coloca justo en frente de la máquina ajustando su espacio de visión.			
2	Sujeta y manipula el portafiltros como primer paso para empezar la preparación del espresso.			
II	MOLIENDA Y DOSIFICACIÓN			

3	Manipula el portafiltros en búsqueda de la molienda.			
4	Identifica la molienda de manera rápida.			
5	Coloca el portafiltros sobre el soporte de la molienda para empezar la dosificación del café.			
III	TAMPEO Y EXTRACCIÓN			
6	Localiza el tamper de manera rápida y realiza el prensado.			
7	Busca y coloca una taza en la máquina debajo del área de caída del espresso.			
8	Coloca el portafiltro de manera correcta en la sujeción de la máquina para la extracción.			
IV	VAPORIZACIÓN Y SERVICIO			
9	Localiza el cajón de leche junto con el vaso de acero			

10	Prepara la lanceta y la purga para empezar el proceso de vaporización.			
11	Finaliza su primer cappuccino.			
	PUNTAJE TOTAL (sobre 11 puntos)	/ 11		

Anexo 3. Resultados de la prueba pre-test y post-test**Tabla 17***Resultados Prueba de Pres y Post - Test de cada participante*

Usuario	Pre-Test (X1)	Post-Test (X2)	Diferencia (D=X2-X1)
Usuario 1	6	8	2
Usuario 2	5	7	2
Usuario 3	6	9	3
Usuario 4	7	8	1
Usuario 5	6	8	2
Usuario 6	5	7	2
Usuario 7	7	9	2
Usuario 8	8	10	2
Usuario 9	7	9	2
Usuario 10	7	8	1

Media	6.4	8.3
--------------	------------	------------

Anexo 4. Resultados de la prueba UEQ

Tabla 18

Resultados de cada participante de la prueba UEQ

Usuario	Ítem 2	Ítem 4	Ítem 6	Ítem 11	Ítem 17	Ítem 20	Ítem 21	Ítem 24
Usuario 1	5	3	6	5	2	7	2	2
Usuario 2	4	3	5	6	1	6	1	1
Usuario 3	6	2	5	5	2	6	2	2
Usuario 4	5	4	6	5	1	7	1	1
Usuario 5	5	3	5	5	2	6	2	2
Usuario 6	6	2	6	5	2	7	2	1
Usuario 7	5	2	5	6	1	6	1	2
Usuario 8	6	3	6	6	2	6	2	2
Usuario 9	5	3	5	5	1	7	1	1

Usuario 10 5 2 6 5 2 6 2 2

Anexo 5. Script de SnapPoint

Tabla 19

Script de SnapPoint

CÓDIGO
<pre> using UnityEngine; public class SnapPoint : MonoBehaviour { [Header("Configuración del Snap")] [Tooltip("Tag del objeto que puede engancharse aquí")] public string acceptedTag = "Filter"; [Tooltip("Distancia máxima para hacer snap")] public float snapDistance = 0.15f; [Tooltip("¿Este snap está activo?")] public bool isActive = true; [Tooltip("¿Liberar el objeto automáticamente al interactuar?")] public bool allowManualRelease = true; [Header("Referencias")] [Tooltip("Objeto visual que indica el punto de snap")] public GameObject snapIndicator; [Header("Estado")] public bool isOccupied = false; public GameObject snappedObject = null; [Header("Eventos")] public UnityEvent onObjectSnapped; public UnityEvent onObjectReleased; private XRGrabInteractable snappedGrabInteractable; private void Start() { if (snapIndicator != null) snapIndicator.SetActive(isActive && !isOccupied); } private void Update() { if (snapIndicator != null) snapIndicator.SetActive(isActive && !isOccupied); if (isOccupied && snappedObject != null) { if (!snappedObject.activeInHierarchy) { Debug.LogError(\$"{snappedObject.name} fue desactivado!"); snappedObject.SetActive(true); } } if (allowManualRelease && isOccupied && snappedGrabInteractable != null) { if (snappedGrabInteractable.isSelected) </pre>

```

        {
            Debug.Log($"Usuario agarró {snappedObject.name}, liberando");
            ReleaseObject();
        }
    }
}

public bool TrySnap(GameObject obj)
{
    if (!isActive || isOccupied) return false;
    if (!obj.CompareTag(acceptedTag)) return false;

    float distance = Vector3.Distance(transform.position, obj.transform.position);
    if (distance > snapDistance) return false;

    SnapObject(obj);
    return true;
}

private void SnapObject(GameObject obj)
{
    snappedObject = obj;
    isOccupied = true;

    snappedGrabInteractable = obj.GetComponent<UnityEngine.XR.Interaction.Toolkit.Interactables.XRGrabInteractable>();

    Rigidbody rb = obj.GetComponent<Rigidbody>();
    if (rb != null)
    {
        rb.isKinematic = true;
        rb.useGravity = false;
        rb.linearVelocity = Vector3.zero;
        rb.angularVelocity = Vector3.zero;
    }

    obj.transform.position = transform.position;
    obj.transform.rotation = transform.rotation;
    obj.SetActive(true);

    Debug.Log($" {obj.name} enganchado en {gameObject.name}");

    onObjectSnapped?.Invoke();
}

public void ReleaseObject()
{
    if (snappedObject == null) return;

    GameObject obj = snappedObject;

    Debug.Log($"Liberando {obj.name} de {gameObject.name}");

    bool userIsGrabbing = snappedGrabInteractable != null && snappedGrabInteractable.isSelected;

    Rigidbody rb = obj.GetComponent<Rigidbody>();
    if (rb != null && userIsGrabbing)
    {
        rb.isKinematic = false;
        rb.useGravity = true;
        rb.linearVelocity = Vector3.zero;
        rb.angularVelocity = Vector3.zero;

        Debug.Log($"Usuario agarró el objeto, física activada");
    }
    else if (rb != null)
    {
        Debug.Log($"Liberación por código, PhysicsEnforcer manejará la física");
    }
}

```

```
}

if (!obj.activeInHierarchy)
{
    Debug.LogWarning($"{obj.name} estaba desactivado, reactivando...");
    obj.SetActive(true);
}

snappedObject = null;
snappedGrabInteractable = null;
isOccupied = false;

onObjectReleased?.Invoke();

Debug.Log($"{obj.name} liberado del snap");
}

public void ReleaseObjectSilent()
{
    if (snappedObject == null) return;

    GameObject obj = snappedObject;

    obj.transform.SetParent(null);

    snappedObject = null;
    snappedGrabInteractable = null;
    isOccupied = false;

    onObjectReleased?.Invoke();
}

private void OnDrawGizmos()
{
    Gizmos.color = isActive ? Color.green : Color.red;
    Gizmos.DrawWireSphere(transform.position, snapDistance);

    Gizmos.color = Color.yellow;
    Gizmos.DrawSphere(transform.position, 0.01f);
}
}
```

Anexo 6. Script de SnapableObject

Tabla 20

Script de SnapableObject

CÓDIGO
<pre> using UnityEngine; using UnityEngine.XR.Interaction.Toolkit; public class SnapableObject : MonoBehaviour { [Header("Configuración")] [Tooltip("Radio para buscar snap points cercanos")] public float snapSearchRadius = 0.2f; [Tooltip("¿Auto-snap al soltar cerca de un snap point?")] public bool autoSnapOnRelease = true; private UnityEngine.XR.Interaction.Toolkit.Interactables.XRGrabInteractable grabInteractable; private SnapPoint currentSnapPoint; private void Awake() { Debug.Log(\$"SnapableObject.Awake en {gameObject.name}"); var allGrabInteractables = GetComponents<UnityEngine.XR.Interaction.Toolkit.Interactables.XRGrabInteractable>(); if (allGrabInteractables.Length > 1) { Debug.LogError(\$" {gameObject.name} tiene {allGrabInteractables.Length} XRGrabInteractable!"); Debug.LogError(\$" Esto causará problemas. Verifica la configuración del prefab."); } grabInteractable = GetComponent<UnityEngine.XR.Interaction.Toolkit.Interactables.XRGrabInteractable>(); if (grabInteractable == null) { Debug.LogError(\$" {gameObject.name} NO tiene XRGrabInteractable!"); Debug.LogError(\$" Agrega el componente manualmente en el Inspector."); return; } Debug.Log(\$"XRGrabInteractable encontrado en {gameObject.name}"); grabInteractable.selectEntered.AddListener(OnGrabbed); grabInteractable.selectExited.AddListener(OnReleased); Debug.Log(\$"Eventos suscritos correctamente"); } private void OnDestroy() { if (grabInteractable != null) { </pre>

```

        grabInteractable.selectEntered.RemoveListener(OnGrabbed);
        grabInteractable.selectExited.RemoveListener(OnReleased);
    }
}

private void OnGrabbed(SelectEnterEventArgs args)
{
    Debug.Log($"{gameObject.name} fue agarrado");

    if (currentSnapPoint != null)
    {
        Debug.Log($" Estaba en snap point {currentSnapPoint.name}, liberando...");
        currentSnapPoint.ReleaseObject();
        currentSnapPoint = null;
    }
}

private void OnReleased(SelectExitEventArgs args)
{
    Debug.Log($"{gameObject.name} fue soltado");

    if (!autoSnapOnRelease)
    {
        Debug.Log($" Auto-snap deshabilitado");
        return;
    }

    SnapPoint nearestSnap = FindNearestSnapPoint();

    if (nearestSnap != null)
    {
        Debug.Log($" Snap point cercano encontrado: {nearestSnap.name}");

        if (nearestSnap.TrySnap(gameObject))
        {
            currentSnapPoint = nearestSnap;
            Debug.Log($"Enganchado exitosamente en {nearestSnap.name}");
        }
        else
        {
            Debug.LogWarning($"No se pudo enganchar en {nearestSnap.name}");
        }
    }
    else
    {
        Debug.Log($" No hay snap points cercanos");
    }
}

private SnapPoint FindNearestSnapPoint()
{
    SnapPoint[] allSnapPoints = FindObjectsOfType<SnapPoint>();
    SnapPoint nearest = null;
    float minDistance = float.MaxValue;
}

```

```
foreach (SnapPoint snap in allSnapPoints)
{
    if (!gameObject.CompareTag(snap.acceptedTag)) continue;
    if (!snap.isActive || snap.isOccupied) continue;

    float distance = Vector3.Distance(transform.position, snap.transform.position);

    if (distance < snapSearchRadius && distance < minDistance)
    {
        nearest = snap;
        minDistance = distance;
    }
}

return nearest;
}

public void ForceSnapTo(SnapPoint snapPoint)
{
    if (snapPoint.TrySnap(gameObject))
    {
        currentSnapPoint = snapPoint;
    }
}

private void OnDrawGizmos()
{
    Gizmos.color = Color.cyan;
    Gizmos.DrawWireSphere(transform.position, snapSearchRadius);
}
}
```

Anexo 7. Script de CoffeGrinder

Tabla 21

Script de CoffeGrinder

CÓDIGO
<pre> using UnityEngine; public class CoffeeGrinder : MonoBehaviour { [Header("Referencias")] [Tooltip("Snap point donde se coloca el filtro")] public SnapPoint filterSnapPoint; [Tooltip("Sistema de partículas de café molido")] public ParticleSystem grinderParticles; [Tooltip("GameObject del sólido de café molido (desactivado al inicio)")] public GameObject groundCoffeeSolid; [Header("Configuración")] [Tooltip("Duración del molido en segundos")] public float grindDuration = 10f; [Tooltip("Audio del molido")] public AudioSource grindSound; private bool isGrinding = false; private float grindTimer = 0f; private GameObject currentFilter; private void Start() { if (groundCoffeeSolid != null) groundCoffeeSolid.SetActive(false); if (grinderParticles != null) grinderParticles.Stop(); if (filterSnapPoint != null) { filterSnapPoint.onObjectSnapped.AddListener(OnFilterSnapped); } } private void Update() { if (isGrinding) { grindTimer += Time.deltaTime; if (grindTimer >= grindDuration) { FinishGrinding(); } } } } </pre>

```
    }  
  }  
}  
  
private void OnFilterSnapped()  
{  
    currentFilter = filterSnapPoint.snappedObject;  
  
    if (currentFilter != null && currentFilter.CompareTag("Filter"))  
    {  
        StartGrinding();  
    }  
}  
  
private void StartGrinding()  
{  
    isGrinding = true;  
    grindTimer = 0f;  
  
    if (filterSnapPoint != null)  
        filterSnapPoint.allowManualRelease = false;  
  
    if (grinderParticles != null)  
    {  
        grinderParticles.Play();  
    }  
  
    if (grindSound != null)  
    {  
        grindSound.loop = true;  
        grindSound.Play();  
    }  
  
    Debug.Log("Iniciando molido de café...");  
}  
  
private void FinishGrinding()  
{  
    isGrinding = false;  
  
    if (grinderParticles != null)  
    {  
        grinderParticles.Stop();  
    }  
  
    if (grindSound != null)  
    {  
        grindSound.Stop();  
    }  
  
    if (groundCoffeeSolid != null)  
    {  
        groundCoffeeSolid.SetActive(true);  
    }  
}
```

```
if (currentFilter != null)
{
    currentFilter.tag = "FilterWithCoffee";
    Debug.Log("Filtro ahora contiene café molido");
}

if (filterSnapPoint != null)
    filterSnapPoint.allowManualRelease = true;

    Debug.Log("Puedes agarrar el filtro ahora");
}
}
```

Anexo 8. Script de CoffeTamper

Tabla 22

Script de CoffeTamper

CÓDIGO
<pre> using UnityEngine; public class CoffeeTamper : MonoBehaviour { [Header("Referencias")] [Tooltip("Snap point donde se engancha el tamper (en el filtro)")] public SnapPoint tamperSnapPoint; [Header("Configuración")] [Tooltip("Tiempo que debe estar el tamper para prensar")] public float pressTime = 2f; [Tooltip("Audio del prensado")] public AudioSource pressSound; [Tooltip("Partículas de compactación (opcional)")] public ParticleSystem compactParticles; private bool isPressing = false; private float pressTimer = 0f; private GameObject currentFilter; private GameObject currentTamper; private bool hasPressed = false; private void Start() { if (tamperSnapPoint != null) { tamperSnapPoint.onObjectSnapped.AddListener(OnTamperSnapped); } } private void Update() { if (isPressing && !hasPressed) { pressTimer += Time.deltaTime; if (pressTimer >= pressTime) { CompletePressing(); } } } private void OnTamperSnapped() { currentTamper = tamperSnapPoint.snappedObject; } </pre>

```
if (currentTamper != null && currentTamper.CompareTag("Tamper"))
{
    Transform filterTransform = tamperSnapPoint.transform.parent;
    if (filterTransform != null)
    {
        currentFilter = filterTransform.gameObject;

        if (currentFilter.CompareTag("FilterWithCoffee"))
        {
            Debug.Log($"Tamper detectado en filtro con café. Iniciando prensado...");
            StartPressing();
        }
        else
        {
            Debug.LogWarning($"El filtro no tiene café. Tag actual: {currentFilter.tag}");
        }
    }
}

private void StartPressing()
{
    isPressing = true;
    pressTimer = 0f;
    hasPressed = false;

    if (tamperSnapPoint != null)
        tamperSnapPoint.allowManualRelease = false;

    if (pressSound != null)
    {
        pressSound.Play();
    }

    if (compactParticles != null)
    {
        compactParticles.Play();
    }

    Debug.Log("Prensando café...");
}

private void CompletePressing()
{
    isPressing = false;
    hasPressed = true;

    if (compactParticles != null)
    {
        compactParticles.Stop();
    }

    if (currentFilter != null)
    {
```

```
currentFilter.tag = "FilterPressed";
Debug.Log("Café prensado completado. Filtro tag: FilterPressed");
}

if (tamperSnapPoint != null)
    tamperSnapPoint.allowManualRelease = true;

Debug.Log("Puedes retirar el tamper ahora");
}
}
```

Anexo 9. Script de EspressoMachine

Tabla 23

Script de EspressoMachine

CÓDIGO
<pre> using UnityEngine; public class EspressoMachine : MonoBehaviour { [Header("Referencias de Snap Points")] [Tooltip("Snap point para el filtro prensado")] public SnapPoint filterSnapPoint; [Tooltip("Snap point para la taza")] public SnapPoint cupSnapPoint; [Header("Botón de Extracción")] [Tooltip("Script del botón de extracción")] public ExtractionButton extractionButton; [Header("Partículas y Efectos")] [Tooltip("Partículas de espresso cayendo")] public ParticleSystem espressoParticles; [Tooltip("Sólido de líquido en la taza (desactivado al inicio)")] public GameObject espressoLiquid; [Tooltip("Audio de extracción")] public AudioSource extractionSound; [Header("Configuración")] [Tooltip("Duración de la extracción en segundos")] public float extractionDuration = 15f; private bool isExtracting = false; private float extractionTimer = 0f; private bool canExtract = false; private void Start() { if (espressoLiquid != null) espressoLiquid.SetActive(false); if (espressoParticles != null) espressoParticles.Stop(); if (filterSnapPoint != null) { filterSnapPoint.onObjectSnapped.AddListener(OnSnapChanged); filterSnapPoint.onObjectReleased.AddListener(OnSnapChanged); } if (cupSnapPoint != null) </pre>

```

{
    cupSnapPoint.onObjectSnapped.AddListener(OnSnapChanged);
    cupSnapPoint.onObjectReleased.AddListener(OnSnapChanged);
}

if (extractionButton == null)
{
    Debug.LogError("No se asignó el ExtractionButton!");
}

CheckConditions();
}

private void Update()
{
    if (isExtracting)
    {
        extractionTimer += Time.deltaTime;

        if (extractionTimer % 1f < 0.1f)
        {
            Debug.Log($"Extrayendo espresso... {extractionTimer:F1}/{extractionDuration:F1}s");
        }

        if (extractionTimer >= extractionDuration)
        {
            FinishExtraction();
        }
    }
}

private void OnSnapChanged()
{
    CheckConditions();
}

private void CheckConditions()
{
    bool filterReady = filterSnapPoint != null &&
        filterSnapPoint.isOccupied &&
        filterSnapPoint.snappedObject != null;

    bool filterCorrectTag = false;
    if (filterReady)
    {
        string filterTag = filterSnapPoint.snappedObject.tag;
        filterCorrectTag = filterTag == "FilterPressed";
        Debug.Log($"Filtro: {filterReady}, Tag: {filterTag}, Correcto: {filterCorrectTag}");
    }

    bool cupReady = cupSnapPoint != null &&
        cupSnapPoint.isOccupied &&
        cupSnapPoint.snappedObject != null;

    bool cupCorrectTag = false;

```

```

if (cupReady)
{
    string cupTag = cupSnapPoint.snappedObject.tag;
    cupCorrectTag = cupTag == "Cup";
    Debug.Log($"Taza: {cupReady}, Tag: {cupTag}, Correcto: {cupCorrectTag}");
}

canExtract = filterCorrectTag && cupCorrectTag && !isExtracting;

Debug.Log($"Puede extraer: {canExtract}");

UpdateButtonState();
}

private void UpdateButtonState()
{
    if (extractionButton != null)
    {
        extractionButton.UpdateButtonState(canExtract);
    }

    string estado = canExtract ? "LISTO" : "NO LISTO";
    Debug.Log($"Estado extracción: {estado}");
}

public void StartExtractionFromButton()
{
    Debug.Log("StartExtractionFromButton llamado");

    if (canExtract && !isExtracting)
    {
        StartExtraction();
    }
    else
    {
        if (!canExtract)
            Debug.LogWarning("No se puede extraer: condiciones no cumplidas");
        if (isExtracting)
            Debug.LogWarning("Ya se está extrayendo");
    }
}

private void StartExtraction()
{
    isExtracting = true;
    extractionTimer = 0f;
    canExtract = false;

    UpdateButtonState();

    if (espressoParticles != null)
    {
        espressoParticles.Play();
        Debug.Log("Partículas de espresso activadas");
    }
}

```

```
else
{
    Debug.LogWarning("No hay partículas asignadas");
}

if (extractionSound != null)
{
    extractionSound.loop = true;
    extractionSound.Play();
    Debug.Log("Sonido de extracción iniciado");
}

Debug.Log("¡INICIANDO EXTRACCIÓN DE ESPRESSO!");
}

private void FinishExtraction()
{
    isExtracting = false;

    if (espressoParticles != null)
    {
        espressoParticles.Stop();
    }

    if (extractionSound != null)
    {
        extractionSound.Stop();
    }

    if (espressoLiquid != null)
    {
        espressoLiquid.SetActive(true);
        Debug.Log("Líquido de espresso activado en la taza");
    }
    else
    {
        Debug.LogWarning("No hay líquido asignado");
    }

    if (cupSnapPoint != null && cupSnapPoint.snappedObject != null)
    {
        cupSnapPoint.snappedObject.tag = "CupWithEspresso";

        Rigidbody cupRb = cupSnapPoint.snappedObject.GetComponent<Rigidbody>();
        if (cupRb != null)
        {
            Debug.Log($"Taza tiene Rigidbody - isKinematic: {cupRb.isKinematic}");
        }
    }

    Debug.Log("¡ESPRESSO COMPLETADO!");
    Debug.Log("¡Espresso listo! Puedes tomar tu taza.");
}
}
```

Anexo 10. Script de ExtractionButton

Tabla 24

Script de ExtrationButton

CÓDIGO
<pre> using UnityEngine; using UnityEngine.XR.Interaction.Toolkit; public class ExtractionButton : MonoBehaviour { [Header("Referencias")] [Tooltip("Referencia a la máquina de espresso")] public EspressoMachine espressoMachine; [Header("Materiales")] [Tooltip("Material cuando el botón está disponible")] public Material availableMaterial; [Tooltip("Material cuando el botón está deshabilitado")] public Material disabledMaterial; [Header("Efectos Visuales")] [Tooltip("Escala cuando el botón es presionado")] public float pressedScale = 0.9f; [Tooltip("Duración de la animación de presión")] public float pressAnimationDuration = 0.1f; private Renderer buttonRenderer; private UnityEngine.XR.Interaction.Toolkit.Interactables.XRSimpleInteractable interactable; private Vector3 originalScale; private bool isPressed = false; private bool canPress = false; private void Awake() { buttonRenderer = GetComponent<Renderer>(); if (buttonRenderer == null) { Debug.LogError("ExtractionButton necesita un Renderer!"); } interactable = GetComponent<UnityEngine.XR.Interaction.Toolkit.Interactables.XRSimpleInteractable>(); if (interactable == null) { interactable gameObject.AddComponent<UnityEngine.XR.Interaction.Toolkit.Interactables.XRSimpleInteractable>(); } </pre>

```

Collider col = GetComponent<Collider>();
if (col == null)
{
    BoxCollider boxCol = gameObject.AddComponent<BoxCollider>();
    boxCol.size = new Vector3(0.05f, 0.05f, 0.02f);
    Debug.LogWarning("Se agregó BoxCollider al botón");
}

originalScale = transform.localScale;

interactable.hoverEntered.AddListener(OnHoverEnter);
interactable.hoverExited.AddListener(OnHoverExit);
interactable.selectEntered.AddListener(OnPressed);

    Debug.Log("ExtractionButton configurado correctamente");
}

public void UpdateButtonState(bool canExtract)
{
    canPress = canExtract;

    if (buttonRenderer != null && availableMaterial != null && disabledMaterial != null)
    {
        buttonRenderer.material = canPress ? availableMaterial : disabledMaterial;
    }

    if (interactable != null)
    {
        interactable.enabled = true;
    }

    Debug.Log($"Botón actualizado - Puede presionar: {canPress}");
}

private void OnHoverEnter(HoverEnterEventArgs args)
{
    if (canPress)
    {
        transform.localScale = originalScale * 1.05f;
        Debug.Log("Hover sobre botón");
    }
}

private void OnHoverExit(HoverExitEventArgs args)
{
    if (!isPressed)
    {
        transform.localScale = originalScale;
    }
}

private void OnPressed(SelectEnterEventArgs args)
{
    Debug.Log("Botón PRESIONADO!");
}

```

```
if (!canPress)
{
    Debug.LogWarning("Botón no disponible aún");
    return;
}

if (isPressed)
{
    Debug.LogWarning("Botón ya fue presionado");
    return;
}

isPressed = true;
transform.localScale = originalScale * pressedScale;

if (espressoMachine != null)
{
    espressoMachine.StartExtractionFromButton();
}
else
{
    Debug.LogError("No hay referencia a EspressoMachine!");
}

Invoke(nameof(ResetScale), pressAnimationDuration);
}

private void ResetScale()
{
    transform.localScale = originalScale;
    isPressed = false;
}
}
```

Anexo 11. Script de TutorialAudioManager

Tabla 25

Script de TutorialAudioManager

CÓDIGO
<pre> using UnityEngine; using System.Collections; public class TutorialAudioManager : MonoBehaviour { [Header("Audio Source")] public AudioSource audioSource; [Header("Audio Clips - Tutorial Phases")] [Tooltip("1. Audio cuando el jugador toma el filtro")] public AudioClip audio1_TomarFiltro; [Tooltip("2. Audio cuando pone el filtro en la molienda")] public AudioClip audio2_FiltroEnMolienda; [Tooltip("3. Audio cuando toma el filtro y lo pone en la balanza")] public AudioClip audio3_FiltroEnBalanza; [Tooltip("4. Audio cuando toma el tamper y prensa el café")] public AudioClip audio4_UsarTamper; [Tooltip("5. Audio cuando coloca el filtro en la cafetera")] public AudioClip audio5_FiltroEnCafetera; [Tooltip("6. Audio cuando pone la taza en la cafetera")] public AudioClip audio6_TazaEnCafetera; [Tooltip("7. Audio cuando presiona el botón de extracción")] public AudioClip audio7_IniciarExtraccion; [Tooltip("8. Audio cuando vierte leche en la jarra")] public AudioClip audio8_VertirLeche; [Tooltip("9. Audio cuando purga la lanceta")] public AudioClip audio9_PurgarLanceta; [Tooltip("10a. Audio cuando inicia la vaporización")] public AudioClip audio10a_InicioVaporizacion; [Tooltip("10b. Audio cuando termina la vaporización")] public AudioClip audio10b_FinVaporizacion; [Tooltip("11. Audio cuando vierte la leche en la taza")] public AudioClip audio11_VertirLecheEnTaza; [Tooltip("12. Audio final de la experiencia")] public AudioClip audio12_Final; </pre>

```

[Header("Settings")]
[Tooltip("Volumen de los audios (0-1)")]
[Range(0f, 1f)]
public float volume = 1f;

[Tooltip("Delay antes de reproducir cada audio (segundos)")]
public float delayBeforeAudio = 0.5f;

private int currentPhase = 0;
private bool isPlayingAudio = false;

void Start()
{
    if (audioSource == null)
    {
        audioSource = GetComponent<AudioSource>();
        if (audioSource == null)
        {
            audioSource = gameObject.AddComponent<AudioSource>();
        }
    }

    audioSource.volume = volume;
    audioSource.playOnAwake = false;
}

public void ActivarSiguienteFase()
{
    currentPhase++;
    ReproducirAudioFase(currentPhase);
}

public void ActivarFase(int numeroFase)
{
    currentPhase = numeroFase;
    ReproducirAudioFase(numeroFase);
}

private void ReproducirAudioFase(int fase)
{
    if (isPlayingAudio)
    {
        StopAllCoroutines();
    }

    AudioClip clipToPlay = null;

    switch (fase)
    {
        case 1:
            clipToPlay = audio1_TomarFiltro;
            break;
        case 2:
            clipToPlay = audio2_FiltroEnMolienda;
            break;
    }
}

```

```

case 3:
    clipToPlay = audio3_FiltroEnBalanza;
    break;
case 4:
    clipToPlay = audio4_UsarTamper;
    break;
case 5:
    clipToPlay = audio5_FiltroEnCafetera;
    break;
case 6:
    clipToPlay = audio6_TazaEnCafetera;
    break;
case 7:
    clipToPlay = audio7_IniciarExtraccion;
    break;
case 8:
    clipToPlay = audio8_VertirLeche;
    break;
case 9:
    clipToPlay = audio9_PurgarLanceta;
    break;
case 10:
    StartCoroutine(ReproducirAudiosVaporizacion());
    return;
case 11:
    clipToPlay = audio11_VertirLecheEnTaza;
    break;
case 12:
    clipToPlay = audio12_Final;
    break;
default:
    Debug.LogWarning($"Fase {fase} no existe en el tutorial");
    return;
}

if (clipToPlay != null)
{
    StartCoroutine(ReproducirAudioConDelay(clipToPlay));
}
else
{
    Debug.LogWarning($"No hay audio asignado para la fase {fase}");
}
}

private IEnumerator ReproducirAudioConDelay(AudioClip clip)
{
    isPlayingAudio = true;

    yield return new WaitForSeconds(delayBeforeAudio);

    audioSource.clip = clip;
    audioSource.Play();

    Debug.Log($"Reproduciendo audio de la fase {currentPhase}: {clip.name}");
}

```

```

yield return new WaitForSeconds(clip.length);

isPlayingAudio = false;
}

private IEnumerator ReproducirAudiosVaporizacion()
{
    isPlayingAudio = true;

    if (audio10a_InicioVaporizacion != null)
    {
        yield return new WaitForSeconds(delayBeforeAudio);
        audioSource.clip = audio10a_InicioVaporizacion;
        audioSource.Play();
        Debug.Log($"Reproduciendo audio fase 10a: {audio10a_InicioVaporizacion.name}");
        yield return new WaitForSeconds(audio10a_InicioVaporizacion.length);
    }

    yield return new WaitForSeconds(0.3f);

    if (audio10b_FinVaporizacion != null)
    {
        audioSource.clip = audio10b_FinVaporizacion;
        audioSource.Play();
        Debug.Log($"Reproduciendo audio fase 10b: {audio10b_FinVaporizacion.name}");
        yield return new WaitForSeconds(audio10b_FinVaporizacion.length);
    }

    isPlayingAudio = false;
}

public void DetenerAudio()
{
    if (audioSource.isPlaying)
    {
        audioSource.Stop();
    }
    StopAllCoroutines();
    isPlayingAudio = false;
}

public void ReiniciarTutorial()
{
    DetenerAudio();
    currentPhase = 0;
}

public int ObtenerFaseActual()
{
    return currentPhase;
}

public bool EstaReproduciendoAudio()
{

```

```
    return isPlayingAudio;
}

public void CambiarVolumen(float nuevoVolumen)
{
    volume = Mathf.Clamp01(nuevoVolumen);
    audioSource.volume = volume;
}
}
```

Anexo 12. Script de TutorialFaseTrigger

Tabla 26

Script de TutorialFaseTrigger

CÓDIGO
<pre> using UnityEngine; using UnityEngine.Events; public class TutorialFaseTrigger : MonoBehaviour { [Header("Configuración")] [Tooltip("Referencia al TutorialAudioManager")] public TutorialAudioManager tutorialManager; [Tooltip("Número de fase que activa este trigger (1-12)")] [Range(1, 12)] public int numeroFase = 1; [Tooltip("¿Activar automáticamente al iniciar?")] public bool activarAlInicio = false; [Tooltip("¿Activar solo una vez?")] public bool activarSoloUnaVez = true; [Header("Eventos Opcionales")] [Tooltip("Evento que se ejecuta cuando se activa la fase")] public UnityEvent onFaseActivada; private bool yaActivado = false; void Start() { if (tutorialManager == null) { tutorialManager = FindObjectOfType<TutorialAudioManager>(); if (tutorialManager == null) { Debug.LogError(\$"No se encontró TutorialAudioManager en la escena. Asígnalo manualmente en {gameObject.name}"); } } if (activarAlInicio && !yaActivado) { ActivarFase(); } } public void ActivarFase() { if (activarSoloUnaVez && yaActivado) </pre>

```
{
    return;
}

if (tutorialManager != null)
{
    tutorialManager.ActivarFase(numeroFase);
    yaActivado = true;

    onFaseActivada?.Invoke();

    Debug.Log($"{gameObject.name} activó la fase {numeroFase} del tutorial");
}
else
{
    Debug.LogError($"TutorialAudioManager no asignado en {gameObject.name}");
}
}

public void ReiniciarTrigger()
{
    yaActivado = false;
}

public void OnInteraccionCompletada()
{
    ActivarFase();
}
}
```

ANEXO 14. CONSENTIMIENTO FIRMADO POR LOS DUEÑOS

Figura 53

Consentimiento Firmado - Coffee Cof

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRUEBAS DE USUARIO

Fecha: 08/07/2025

A la atención de: Andrea Coronel

Establecimiento: Coffee Car

Por medio de la presente, nosotros, **Antonio Javier Yupa Palaguachi** y **José Bolívar Salazar Romero**, estudiantes de la carrera de **Diseño Multimedia** en la **Universidad Politécnica Salesiana**, solicitó formalmente su autorización para realizar pruebas de validación de mi proyecto de tesis titulado: *"Diseño, implementación y evaluación de una experiencia de realidad virtual para capacitación técnica en barismo"*.

La actividad consiste en: Realizar una breve sesión de prueba con 1 Participante baristas/colaboradores, quienes utilizarán un visor de Realidad Virtual para simular la preparación de café. La sesión tendrá una duración aproximada de 20 a 30 minutos.

Compromisos:

1. **No interferencia:** Las pruebas se realizarán en el horario y espacio que usted designe para no entorpecer la operación normal de la cafetería.
2. **Confidencialidad:** Los datos recopilados (observaciones, tiempos, errores) serán totalmente anónimos y utilizados únicamente con fines académicos. No se publicarán nombres de los empleados ni del establecimiento sin su consentimiento previo.
3. **Seguridad:** Se tomarán todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los participantes durante el uso de los equipos de realidad virtual.

Agradezco de antemano su apoyo para la realización de esta investigación académica, la cual busca aportar herramientas tecnológicas al sector del barismo.

AUTORIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO

Yo, Andrea Coronel, en calidad de propietario/a o gerente, autorizó la realización de estas pruebas bajo las condiciones descritas.




**Antonio Javier Yupa
Palaguachi**

C.I: 0302925359



**José Bolívar Salazar
Romero**

C.I: 0706720463



C.I: 0303803213

Figura 54
Consentimiento Firmado - SlowBrew

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRUEBAS DE USUARIO

Fecha: 08/01/2025

A la atención de: Diego Alvarez

Establecimiento: Slow Brew

Por medio de la presente, nosotros, **Antonio Javier Yupa Palaguachi** y **José Bolívar Salazar Romero**, estudiantes de la carrera de **Diseño Multimedia** en la **Universidad Politécnica Salesiana**, solicitó formalmente su autorización para realizar pruebas de validación de mi proyecto de tesis titulado: *"Diseño, implementación y evaluación de una experiencia de realidad virtual para capacitación técnica en barismo"*.

La actividad consiste en: Realizar una breve sesión de prueba con 3 personas baristas/colaboradores, quienes utilizarán un visor de Realidad Virtual para simular la preparación de café. La sesión tendrá una duración aproximada de 20 a 30 minutos.

Compromisos:

1. **No interferencia:** Las pruebas se realizarán en el horario y espacio que usted designe para no entorpecer la operación normal de la cafetería.
2. **Confidencialidad:** Los datos recopilados (observaciones, tiempos, errores) serán totalmente anónimos y utilizados únicamente con fines académicos. No se publicarán nombres de los empleados ni del establecimiento sin su consentimiento previo.
3. **Seguridad:** Se tomarán todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los participantes durante el uso de los equipos de realidad virtual.

Agradezco de antemano su apoyo para la realización de esta investigación académica, la cual busca aportar herramientas tecnológicas al sector del barismo.

AUTORIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO

Yo, Diego Alvarez en calidad de propietario/a o gerente, autorizó la realización de estas pruebas bajo las condiciones descritas.



**Antonio Javier Yupa
Palaguachi**

C.I: 0302925359



**José Bolívar Salazar
Romero**

C.I: 0706720463



Diego Acuña

C.I: 0104567763