

**DISEÑO DE EXPERIENCIA INTERACTIVA EN REALIDAD VIRTUAL PARA
FACILITAR EL APRENDIZAJE DE BIOPROCESOS**

SERGIO ANDRÉS FLÓREZ BARRIOS

DANIEL JESÚS OVALLE CONTRERAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA EN DISEÑO DE ENTRETENIMIENTO DIGITAL

MEDELLÍN

2020

**DISEÑO DE EXPERIENCIA INTERACTIVA EN REALIDAD VIRTUAL PARA
FACILITAR EL APRENDIZAJE DE BIOPROCESOS**

SERGIO ANDRÉS FLÓREZ BARRIOS

DANIEL JESÚS OVALLE CONTRERAS

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero en Diseño de Entretenimiento Digital**

Asesor

GIOVANNY ESPINAL RAMÍREZ

Ingeniero Electrónico

Magister en Ingeniería de Telecomunicaciones

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA EN DISEÑO DE ENTRETENIMIENTO DIGITAL

MEDELLÍN

2020

Medellín, 11 mayo de 2020

Sergio Andrés Flórez Barrios

Daniel Jesús Ovalle Contreras

“Declaramos que este trabajo de grado no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquiera otra universidad”. Art. 92, párrafo, Régimen Estudiantil de Formación Avanzada.

Firma



Sergio Andrés Flórez Barrios



Daniel Jesús Ovalle Contreras

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado se lo dedico a mi familia que gracias a sus consejos y palabras de aliento crecí como persona. A mis padres y hermana por su apoyo, confianza y amor. Gracias por ayudarme a cumplir los objetivos como persona y estudiante. A mi papá Wilson por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre. A mi mamá Luz Nelly por hacer de mi una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor. Y a mi hermana Melissa por estar siempre presente brindándome aliento.

Sergio Andrés Flórez Barrios

Dedico este trabajo de grado a mis padres Cristóbal Ovalle y Ana Contreras que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar a ser un profesional. A mis hermanos Raúl y Diego por su acompañamiento y apoyo brindado. Y a mi familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada semestre de mi carrera universitaria.

Daniel Jesús Ovalle Contreras

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Giovanni Espinal Ramírez por su paciencia y apoyo al momento de guiarnos y asesorarnos en el desarrollo de este trabajo de grado.

Al profesor Juan Fernando Franco Higueta por su incondicional apoyo y compromiso con la enseñanza durante nuestro periodo universitario.

Al profesor Juan Camilo Oviedo Lopera por su consultoría en los temas relacionados a la fermentación de ácido láctico.

Al grupo de docentes de la Facultad de Ingeniería en Diseño de Entretenimiento Digital por su compromiso durante nuestro periodo universitario.

A nuestros amigos y compañeros de nuestra facultad, en especial a Pedro Gómez y Luis Carreño por su acompañamiento en nuestra vida universitaria.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN PRINCIPAL.....	17
1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN ESPECÍFICAS.....	18
2. JUSTIFICACIÓN	19
3. OBJETIVOS.....	20
3.1. OBJETIVO GENERAL	20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. MARCO TEÓRICO.....	21
4.1. MARCO CONTEXTUAL	21
4.2. MARCO CONCEPTUAL.....	21
4.2.1. ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN LÚDICA	21
4.2.2. CAPACITACIÓN MEDIANTE REALIDAD VIRTUAL	22
5. ESTADO DEL ARTE	23
5.1. OBSERVACIÓN GENERAL.....	24
6. METODOLOGÍA.....	25
6.1. IDEACIÓN.....	25

6.1.1. FERMENTACIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO	25
6.1.2. LABORATORIO Y HERRAMIENTAS	26
6.2. SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS DE DESARROLLO.....	26
6.2.1. ENTORNO DE DESARROLLO	26
6.2.2. SOFTWARE 3D.....	27
6.2.3. SOFTWARE DE DISEÑO UI Y UX	28
6.3. IDEACIÓN.....	29
6.3.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	29
6.3.2. GÉNERO	30
6.4. DISEÑO	31
6.4.1. MECÁNICAS	32
6.4.2. LABORATORIO	36
6.4.3. DEFINICIÓN DE LAS ETAPAS.....	37
6.4.4. DIFICULTAD	37
6.4.5. FLUJO DE LA SIMULACIÓN	38
6.4.6. INTERFAZ DE USUARIO	39
6.4.7. LIBRO DE DISEÑO.....	41
6.4.8. DEFINICIÓN DEL PROTOTIPO	41

6.5. DESARROLLO 41

6.5.1. MODELADO..... 42

6.5.2. ENSAMBLAJE 44

6.5.3. ANIMACIÓN..... 46

6.5.4. PROGRAMACIÓN 46

7. RESULTADOS 48

8. CONCLUSIONES..... 54

9. TRABAJO FUTURO..... 56

10. RECOMENDACIONES 57

11. BIBLIOGRAFÍA 58

12. ANEXOS 61

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Surgeon Simulator Gameplay	31
Ilustración 2. HTC VIVE	33
Ilustración 3. Interacción con equipos	34
Ilustración 4. Interacción con herramientas	34
Ilustración 5. Teletransportación	35
Ilustración 6. Zonas del laboratorio	36
Ilustración 7. Intensidad de la simulación	38
Ilustración 8. Flujo de la simulación	39
Ilustración 9. Diagrama de flujo	40
Ilustración 10. Plantilla de la interfaz	40
Ilustración 11. Modelo 3D sin textura	42
Ilustración 12. Modelo 3D con textura	43
Ilustración 13. Lista de modelos 3D	43
Ilustración 14. Dimensiones del modelo en Blender	44
Ilustración 15. Dimensiones del modelo en Unity	44
Ilustración 16. Ensamblaje - Vista 1	45
Ilustración 17. Laboratorio virtual	45

Ilustración 18. Librería SteamVR	46
Ilustración 19. Momento 1 - Inicio de la simulación	48
Ilustración 20. Momento 2 - Interacción con las herramientas	49
Ilustración 21. Momento 3 - Inicio de la fermentación	49
Ilustración 22. Momento 4 - Comportamiento de la tabla	50
Ilustración 23. Respuesta incorrecta	51
Ilustración 24. Respuesta correcta	51
Ilustración 25. Ilustración 22. Momento 6 - Fin de la simulación	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación - Entorno de desarrollo.....	27
Tabla 2. Clasificación - Software 3D.....	28
Tabla 3. Clasificación - Software de diseño UI y UX.....	29
Tabla 4. Nivel de dificultad.....	38

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Clasificación de los elementos del entorno virtual.....	61
Anexo 2. Flujo de la simulación.....	62
Anexo 3. Libro de diseño.....	62

GLOSARIO

LÚDICA: aprendizaje mediante el juego y la didáctica.

REALIDAD VIRTUAL: entorno de escenas u objetos de apariencia real generados por computadora.

BIOPROCESO: cualquier proceso que usa células vivas completas o sus componentes.

FERMENTACIÓN: proceso bioquímico por el que una sustancia orgánica se transforma en otra.

PROPS: accesorios que componen un entorno virtual.

SCRIPTS: archivos con el código de programación.

PLUGINS: complementos que permiten desarrollar funcionalidades adicionales en un proyecto.

RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO

TÍTULO: DISEÑO DE EXPERIENCIA INTERACTIVA EN REALIDAD VIRTUAL PARA FACILITAR EL APRENDIZAJE DE BIOPROCESOS

AUTOR(ES): Sergio Andrés Flórez Barrios
Daniel Jesús Ovalle Contreras

PROGRAMA: Ingeniería en Diseño de Entretenimiento Digital

DIRECTOR(A): Giovanni Espinal Ramírez

RESUMEN

El actual proyecto consiste en diseñar y desarrollar un prototipo de una experiencia interactiva usando realidad virtual, facilitando el aprendizaje de bioprocesos a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana, por medio de un juego serio, teniendo como objetivo principal enseñar de forma interactiva un bioproceso de fermentación a los estudiantes. Esta experiencia de aprendizaje se podría realizar previa a la experimentación en un laboratorio físico, reduciendo así sus posibles riesgos y los gastos económicos que este requiere, considerando como alcance el diseño total de la experiencia interactiva y el desarrollo de un producto viable mínimo.

PALABRAS CLAVE

Fermentación; Realidad virtual; Ludificación; Juego serio; Experiencia interactiva; Bioproceso.

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: DESIGN OF INTERACTIVE EXPERIENCE IN VIRTUAL REALITY TO FACILITATE THE LEARNING OF BIOPROCESSES

AUTHOR(S): Sergio Andrés Flórez Barrios
Daniel Jesús Ovalle Contreras

PROGRAM: Ingeniería en Diseño de Entretenimiento Digital

DIRECTOR: Giovanny Espinal Ramírez

ABSTRACT

The current project consists of designing and developing a prototype of an interactive experience using virtual reality, facilitating the learning of bioprocesses to the students of the Faculty of Agroindustrial Engineering of the Universidad Pontificia Bolivariana, through a serious game, with the main objective of teaching an interactive bioprocess of fermentation to students. This learning experience could be carried out before experimentation in a physical laboratory, thus reducing its possible risks and the economic expenses that it requires, considering the scope of the total design of the interactive experience and the development of a minimum viable product.

KEY WORDS:

Fermentation; Virtual reality; Ludification; Serious game; Interactive experience; Bioprocess.

INTRODUCCIÓN

Basado en las palabras Docente-Investigador e Ingeniero agroindustrial Juan Oviedo, en la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana los docentes se encuentran en la dificultad de explicar el bioproceso de la fermentación; actualmente los estudiantes presentan dificultades para entender este tema de la manera tradicional (*clase teórica*) en la que se ha estado realizando hasta ahora [1]. Esto significa que es complejo de explicar de forma teórica por el docente en un aula de clase convencional, porque se requieren espacios adecuados como laboratorios y metodologías de enseñanza práctica para lograr que los estudiantes puedan absorber la información de una manera fácil [2].

Este trabajo propone el diseño de una experiencia interactiva en realidad virtual, que por medio de ludificación y un juego serio se facilite el aprendizaje y capacitación de bioprocesos [3].

En este caso el trabajo de grado se enfoca específicamente en el bioproceso de fermentación de ácido láctico; con ayuda de nuestros conocimientos de diseño en entretenimiento digital buscamos crear un laboratorio en realidad virtual que con el uso de la lúdica se enseñe dicho bioproceso de manera práctica e interactiva sin necesidad de recurrir a laboratorios físicos. Es importante mencionar también que esto tendría un impacto a corto y mediano plazo en la manera en la que se enseñan y se capacitan otros bioprocesos llevados a cabo en laboratorios.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente las instituciones educativas en Colombia se encuentran con un modelo de educación obsoleto, consecuencia de la globalización y la revolución científica y tecnológica [3].

En el área de la ciencia, las instituciones presentan dificultades en la metodología en la que se imparten los conocimientos científicos, debido a la poca frecuencia de clases prácticas y la escasa disponibilidad de espacios adecuados (*laboratorios*) [3].

Hoy en día, la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana no se encuentra exenta de esta situación; en palabras del docente Juan Oviedo: “*los estudiantes están presentando dificultades para comprender el bioproceso de fermentación de manera correcta, experimental y rápida*” [1]; es por esto necesario la implementación de un espacio adecuado.

Basado en esto, se vio la oportunidad de diseñar un sistema lúdico e interactivo que le permita a los estudiantes comprender el bioproceso (*proceso que usa células vivas completas o sus componentes*) de la fermentación usando como herramienta la tecnología de realidad virtual, ya que se permite crear y representar escenarios como un laboratorio en un espacio digital, lo que les permitiría a los estudiantes simular dicho bioproceso o cualquier otro, en un ambiente virtual evitando así los gastos y riesgos que pueden presentarse al utilizar un laboratorio real.

1.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN PRINCIPAL

¿Cuál es el potencial de la realidad virtual como herramienta para desarrollar una experiencia interactiva que facilite el aprendizaje de bioprocesos?

1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN ESPECÍFICAS

- ¿Cómo la realidad virtual ayuda al desarrollo de entornos lúdicos de aprendizaje?
- ¿Por qué la realidad virtual es una de las herramientas adecuadas para el aprendizaje de bioprocesos?

2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto busca enseñar y explicar de forma lúdica e interactiva el bioproceso de la fermentación a los estudiantes de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Con base en las afirmaciones del docente Juan Oviedo, se concluye que los estudiantes de la Facultad comprenden con mayor efectividad el bioproceso de la fermentación cuando se explica de manera práctica [1]. La importancia de este proyecto radica en el impacto educativo que podría tener en un futuro la metodología *Learning by Doing* (*aprendizaje por la práctica*) usando como herramienta la realidad virtual.

Una de las ventajas de la realidad virtual es su sostenibilidad en el tiempo, puesto que los costos de mantenimiento son mínimos comparados con un laboratorio físico, con esto también se reduciría el riesgo del estudiante a la hora de llevar a cabo procesos químicos al usar máquinas industriales, con la posibilidad de simular eventos peligrosos sin un riesgo real [4].

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una experiencia interactiva en realidad virtual que facilite el aprendizaje del proceso de fermentación a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el contexto planteado.
- Analizar el bioproceso de fermentación.
- Diseñar una experiencia interactiva que facilite el aprendizaje de la fermentación.
- Prototipar un producto viable mínimo de la experiencia interactiva.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. MARCO CONTEXTUAL

Actualmente la estrategia de educación por medio de la lúdica ofrece una posibilidad didáctica y pedagógica para fortalecer y hacer óptimos y ágiles los procesos de enseñanza, ya que por medio de esta se abre una puerta a la comunicación del docente con el alumno. Puesto que es un conjunto de estrategias diseñadas para crear un ambiente de armonía donde los estudiantes están inmersos en el proceso de aprendizaje, mediante el juego o a través de actividades interactivas en las que se incluyen los contenidos y temas [5]. Además, se suma la estrategia de la realidad virtual para entrenamiento y capacitación, que surge de la necesidad de contar con procesos efectivos, junto con la fuerte disminución en los costos, y hace de la realidad virtual, aumentada y mixta una opción ventajosa para empresas e instituciones que buscan capacitar a su personal [6].

Actualmente en la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana, se presenta la oportunidad de plantear, diseñar y desarrollar una estrategia de enseñanza y pedagogía didáctico-lúdica que les permita a los estudiantes de dicha facultad entender con mayor facilidad y de manera más interactiva y práctica el concepto y bioproceso de la fermentación sin tener que usar espacios dedicados (*laboratorios*) que generan costos de recursos de tiempo y mantenimiento.

4.2. MARCO CONCEPTUAL

4.2.1. ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN LÚDICA

La educación por medio de la lúdica (*aprender mediante el juego*) ofrece la posibilidad de fortalecer los procesos de enseñanza. Actualmente el método lúdico no significa solamente jugar por recreación, sino por el contrario, seleccionar

estrategias de juego formativas y compatibles con los objetivos de la educación [5]. Debido a esto nos planteamos usar esta metodología como estrategia principal para lograr que los usuarios puedan adquirir el conocimiento de una manera mas amigable.

4.2.2. CAPACITACIÓN MEDIANTE REALIDAD VIRTUAL

En los últimos años se ha popularizado la formación y entrenamiento de personal utilizando simulaciones de realidad virtual, en especial en el sector industrial y militar, ya que permiten a los trabajadores prepararse para enfrentar situaciones de riesgo en el campo laboral. Este tipo de entrenamiento permite correr simulaciones de posibles escenarios reales para las cuales el personal debe estar preparado, ayudándolos a explorar, comprender y reaccionar física y psicológicamente en una situación real similar. Además, la realidad virtual puede utilizarse para la interpretación o el análisis de información compleja, de tal forma que les permita a los trabajadores visualizar la data, así cómo tener una visión más amplia de conceptos o procesos que no podrían ser observados directamente en el mundo real debido a los riesgos que implicaría para el personal [6].

Esta herramienta permite diseñar y crear un entorno virtual con características y funcionalidades que un laboratorio real no serían posibles, permitiendo así una experiencia expandida en la que el usuario puede adquirir conocimientos acerca de la fermentación de manera fácil y rápida.

5. ESTADO DEL ARTE

El mundo está en constante transformación y la mayoría de nuestras necesidades hoy en día son solucionadas con recursos digitales, por esta razón se vuelve imprescindible avanzar a la par de la tecnología y dar propuestas digitales y eficaces a las necesidades del sector educativo, un ejemplo de estas necesidades es la capacitación laboral, que suele ser costosa y en algunos casos riesgosa [7]. En vista de esto, la realidad virtual como alternativa, por medio de las simulaciones permite un aprendizaje inmersivo y una experiencia eficaz. Estos beneficios se demuestran en diversos estudios, como, por ejemplo: la investigación del instituto Hunters Lane [8], donde se realizó un experimento que buscaba determinar si podría ser viable la integración de la realidad virtual en las aulas, dando como resultado que los estudiantes hayan retenido de forma más eficiente los conocimientos, así mismo la realidad virtual propone el *Immersive Training System* [9], que permite generar entornos sintéticos y analiza qué variables cognitivas están conectadas a la inmersión.

Otras ventajas de la realidad virtual se evidenciaron en la construcción de un laboratorio de física virtual prototípico, porque permitió que los estudiantes controlaran el entorno del laboratorio, así como las propiedades físicas de los objetos en el laboratorio. Podían controlar factores como la gravedad (tanto en magnitud como en dirección), la fricción de la superficie y el arrastre atmosférico, incluso podían trazar trayectorias de objetos para facilitar las mediciones, medir los desplazamientos y el tiempo transcurrido. El tiempo podía congelarse y permitir la observación precisa de fenómenos que varían en el tiempo. Esta alternativa de laboratorio dio a los estudiantes acceso a observaciones directas que hasta ahora eran imposibles [10]. Sin lugar a duda creemos que esta tecnología podría cambiar el rumbo para las personas que tienen dificultades de aprendizaje.

No obstante, aunque la realidad virtual se encuentra en una etapa de desarrollo relativamente nueva en la que la gran mayoría de las implementaciones se encuentran en etapas tempranas, muchos argumentan que está destinada a influir tanto en la teoría como en la práctica educativa. Las investigaciones sobre las implicaciones educativas de la realidad virtual para la educación siguen en marcha y se centra en las ventajas y desventajas del uso de la realidad virtual, así como sugerencias sobre cómo usar y cuando no usar la realidad virtual, además de los fenómenos relacionados con la inmersión de las personas en un entorno simulado. Este documento analiza la investigación sobre la realidad virtual y se centra en las implicaciones de los mundos virtuales inmersivos para el aprendizaje y la enseñanza [11].

5.1. OBSERVACIÓN GENERAL

Con estos proyectos se puede observar el éxito de las nuevas tecnologías aplicadas a la educación, exactamente el uso de la realidad virtual, que no sólo permite lograr una mayor inmersión al momento de educar, sino que también brinda la posibilidad a los estudiantes de experimentar y educarse de manera cercana sobre cualquier tema.

6. METODOLOGÍA

El enfoque metodológico propuesto en el presente trabajo se basa en las etapas del diseño de experiencias, que consta de cuatro elementos básicos para su desarrollo; primero es la investigación, que es donde se obtiene toda la información posible del contexto, usuarios y su necesidad, luego la ideación que es la fase donde nos apoyamos de la investigación y conceptualización, que es donde se procesa toda la información investigada para posteriormente priorizar y generar ideas que puedan solucionar la necesidad del contexto investigado, una vez realizado esto se lleva a cabo el diseño, que es la etapa donde se definen todos los aspectos y características del producto y por ultimo el desarrollo y las pruebas, en esta etapa se lleva a cabo la producción y se hacen las diferentes pruebas para evaluar su éxito.

6.1. IDEACIÓN

En esta etapa del proceso se realizó un estudio acerca del proceso de fermentación de ácido láctico, se observaron los distintos espacios donde se realiza dicho bioproceso y posteriormente se seleccionaron las herramientas para desarrollar el proyecto.

6.1.1. FERMENTACIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO

La fase inicial de la investigación del proceso de fermentación de ácido láctico se realizó a través de un análisis de contenido en internet usando una colección de técnicas de investigación utilizadas para describir y hacer inferencias sobre el material en línea a través de la codificación e interpretación sistemáticas. Se utilizaron metabuscadores académicos como World Wid Science, Google Académico o PsycNet. Esta investigación se realizó con el acompañamiento del ingeniero químico de la Universidad de Antioquia Joseph Cardoso y como material

de apoyo el trabajo de grado “Evaluación de la producción de ácido láctico empleando residuo de mora y suero de leche en sistema de lote” realizado por Andrea Soto [12].

Posteriormente, esta investigación fue validada con el especialista en el tema, el docente Juan Oviedo.

6.1.2. LABORATORIO Y HERRAMIENTAS

Se realizó una visita guiada al laboratorio de bioprocesos de la Universidad Pontificia Bolivariana en Medellín, donde se analizaron cada una de las zonas del laboratorio con las herramientas y equipos que lo componen, para posteriormente seleccionar los componentes estrictamente necesarios para realizar el proceso y así optimizar el desarrollo del proyecto.

6.2. SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS DE DESARROLLO

Se realizó un proceso de clasificación con el objetivo de seleccionar las herramientas óptimas de desarrollo y los softwares a utilizar.

6.2.1. ENTORNO DE DESARROLLO

Para seleccionar el entorno de desarrollo apto para crear la simulación se tuvo como principal característica la compatibilidad con los distintos formatos de los archivos. Además de la documentación y las librerías disponibles. La clasificación de los distintos entornos de desarrollo se evidencia en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Clasificación - Entorno de desarrollo

Factor	Unity 3D	Unreal Engine	Godot
Precio	0€ / 20€ / 115€ al mes	5% ingresos	Gratuito
Plataformas	25+	18	6
Lenguaje de programación	C#	C++ / Blueprints	Visual Scripting / C# / C++
Recursos adicionales	Asset Store	Marketplace	No
Familiaridad	Alta	Baja	Baja

Recuperado de OpenWebinars: Ventajas y diferencias entre Unity, Unreal Engine y Godot [13].

El entorno seleccionado fue Unity 3D debido a sus ventajas a la hora de prototipar y su documentación.

Uno de los principales puntos fuertes de Unity es la cantidad de documentación disponible ya sean manuales y tutoriales que se pueden encontrar en su página oficial como en otras páginas de internet. Además, cuenta con una comunidad muy activa que responden y plantean multitud de preguntas.

Otra de las ventajas de Unity es la rapidez con la que se puede empezar a trabajar, es una herramienta muy versátil para el prototipado y además tiene una curva de aprendizaje muy fácil tanto por la estructura de su editor como por el uso de un lenguaje de programación sencillo como puede C#.

También se tiene gran variedad de contenido de terceros, tanto para encontrar props, personajes, scripts, música o proyectos completos en la tienda oficial (ya sean de pago o algunos gratuitos y de gran calidad) como para encontrar plugins de terceros que nos facilitan la integración de características en nuestro proyecto.

6.2.2. SOFTWARE 3D

Para seleccionar este software se tuvo en cuenta la compatibilidad de los formatos con Unity 3D. La clasificación de los distintos softwares 3D se evidencia en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Clasificación - Software 3D

Factor	Blender 3D	Cinema 4D	SketchUp
Precio	Gratuito	3.750 €	Gratuito
Nivel de conocimiento	Intermedio	Profesional	Principiante
Formatos	13	14	9
Familiaridad	Alta	Mediana	Baja

Recuperado de All3DP: Los mejores programas de diseño 3D/modelado 3D [14].

El programa seleccionado fue Blender 3D debido a sus principales características como lo son la multiplataforma, libre, gratuito y con un tamaño de origen realmente pequeño comparado con otros paquetes de 3D, dependiendo del sistema operativo en el que se ejecuta.

Adicionalmente está documentado en forma detallada en su sitio web, el resto de la documentación se puede obtener a través de la comunidad vía tutoriales y foros de discusión en internet.

Por ultimo, se decidió por Blender 3D porque permite exportar los archivos en formato fbx, esto permite importar el objeto en Unity con su modelo y textura en un mismo archivo.

6.2.3. SOFTWARE DE DISEÑO UI Y UX

Para seleccionar este software se tuvo en cuenta la versatilidad y rapidez del programa al momento de diseñar las interfaces y prototipar su funcionamiento. La clasificación de los softwares UI y UX se evidencia en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Clasificación - Software de diseño UI y UX

Factor	Adobe XD	Sketch	InVision	Figma
Curva de aprendizaje	100	80	70	100
Navegación	90	90	80	100
Velocidad	90	90	90	100
Recursos	60	90	90	60
Plugins	80	100	70	60
Soporte	80	40	80	40
Prototipado	70	80	100	80
Total	570	570	580	540

Recuperado de Creative Tim: Adobe XD vs Sketch vs Figma vs InVision [15].

Por ultimo, se decidió por InVision por ser un software gratuito que permite prototipar la interacción de la interfaz antes de exportar.

6.3. IDEACIÓN

En esta etapa se consideraron los alcances del proyecto y se definieron las características de los entregables finales.

Esta experiencia interactiva se basa en un entorno de realidad virtual, donde el usuario tendrá como objetivo completar correctamente el proceso de fermentación de ácido láctico y posteriormente analizar los resultados obtenidos, todo esto ambientado en un laboratorio de bioprocesos. Para lograr esto se plantearon las características principales del proyecto, el tono y el género.

6.3.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

PLANTEAMIENTO SENCILLO

Esta experiencia se encarga de plasmar los conceptos teóricos complejos del proceso de la fermentación en general, mostrando de forma didáctica y sencilla

dicha información a los usuarios. Para esto se decidió desarrollar un entorno de fácil reconocimiento para el usuario y una interacción ágil y rápida con las distintas herramientas y equipos del laboratorio virtual.

INMERSIÓN

El entorno en realidad virtual del laboratorio de bioproceso es lo más fiel a la realidad, para así aumentar la inmersión del usuario y que este se familiarice fácilmente con este. Para esto es necesario el uso de motores gráficos y ordenadores con gran potencia gráfica para que esta característica se cumpla.

ANÁLISIS

La experiencia ofrece un componente de análisis en el que el usuario contará con información expandida acerca de su entorno digital y los diferentes componentes que lo conforman, ya que un proceso real esta información no es muy sencilla de conocer.

6.3.2. GÉNERO

SIMULACIÓN

Los entornos de simulación reproducen sensaciones que en realidad no están sucediendo. Pretenden reproducir tanto las sensaciones físicas (*velocidad, aceleración, percepción del entorno*) y una de sus funciones es dar una experiencia real de algo que no está sucediendo para de esta forma no poner en riesgo la vida de alguien. En esta experiencia este componente es utilizado para recrear fielmente un laboratorio de bioprocesos.

Un ejemplo de este género es Surgeon Simulator, una captura de esta simulación se puede evidenciar en la **Ilustración 1**.



Ilustración 1. Surgeon Simulator Gameplay

ACCIÓN EN PRIMERA PERSONA

Es una vista que se emplea en los videojuegos en la cual el mundo se ve desde la perspectiva del personaje protagonista. La ventaja que presenta esta vista es que da un mayor realismo y sensación de presencia en el entorno digital. En esta experiencia este componente es utilizado para lograr que el usuario sienta mayor inmersión y vea el entorno como lo vería en un laboratorio real.

6.4. DISEÑO

En esta etapa se definieron todos los aspectos esenciales acerca del desarrollo del proyecto ideal.

Durante esta fase del trabajo se plantearon las mecánicas y el flujo de la experiencia para posteriormente completar el documento de diseño en el que se explican los parámetros y criterios que se deben tener en cuenta para desarrollar el proyecto ideal.

Una vez finalizado el documento de diseño, se definió el alcance del prototipo mínimo viable que lograra cumplir los objetivos y alcances del proyecto.

6.4.1. MECÁNICAS

Durante esta sección se explican más en detalle en lo que a las mecánicas de la simulación se refiere. Se comentan todos los pilares que fundamentan su jugabilidad y se detallan las acciones que podrá llevar a cabo el jugador dentro de la simulación. Además, se ofrecerá una lista de herramientas y objetivos, por último, se modelará el laboratorio en el plano de movimiento, físicas y detección de colisiones.

MOVILIDAD GENERAL

Al igual que la mayoría de las experiencias de simulación, se llevará a cabo en primera persona, donde nos desplazamos por el entorno virtual como lo haríamos en un laboratorio real. En la simulación este se llevará a cabo a través de teletransportación hacia las distintas zonas que conforman el laboratorio, sin embargo, el usuario podrá caminar en un espacio específico del entorno y rotar en todas las direcciones que desee.

Gracias a la tecnología de las nuevas herramientas de realidad virtual esto es posible debido a su función de reconocimiento de la posición actual del usuario para representarlas en el entorno virtual. Logrando así aumentar la inmersión de la experiencia con la representación virtual de los movimientos ejecutados en el mundo real. En este caso se decidió escoger como herramienta el HTC VIVE que puede visualizarse en la **Ilustración 2**.



Ilustración 2. HTC VIVE

CONTROLES DE MOVILIDAD

Al igual que la mayoría de las experiencias de simulación, se llevará a cabo en primera persona, donde nos desplazamos por el entorno virtual como lo haríamos en un laboratorio real. En la simulación este se llevará a cabo a través de teletransportación hacia las distintas zonas que conforman el laboratorio, sin embargo, el usuario podrá caminar en un espacio específico del entorno y rotar en todas las direcciones que desee.

CONTROLES DE INTERACCIÓN

En esta sección se definirá la relación del control (*HTC VIVE Controller*) con los diferentes componentes interactuables de la simulación. En las ilustraciones **3**, **4** y **5** se evidencian los controles.



Ilustración 3. Interacción con equipos



Ilustración 4. Interacción con herramientas



Ilustración 5. Teletransportación

En esta sección vamos a clasificar todos los elementos del entorno, tanto los animados, estáticos, interactivos y no interactivos.

- **ANIMADOS NO INTERACTUABLES:** son todos aquellos que conforman el entorno y tienen movimiento, pero el usuario no puede interactuar con ellos.
- **ANIMADOS INTERACTUABLES:** son todos aquellos que después de tener una interacción con el usuario presentan un tipo de movimiento o sonido.
- **ESTÁTICOS NO INTERACTUABLES:** son todos aquellos que conforman el escenario, pero el usuario no puede interactuar.
- **ESTÁTICOS INTERACTUABLES:** son todos aquellos con los que el usuario puede interactuar, pero estos no presentan ningún movimiento, animación o cambio en su forma.

La simulación se desarrolla sobre un plano donde el personaje podrá desplazarse por el. Donde el escenario presenta ciertas zonas como las de un laboratorio real que no podrán ser atravesadas por el usuario.

En el ANEXO 1 se clasifican todos los elementos del entorno, tanto los animados, estáticos, interactivos y no interactivos.

6.4.2. LABORATORIO

En esta sección se clasifican las zonas del laboratorio, además de presentar la distribución de dichas zonas en el espacio virtual. Un plano del laboratorio se puede evidenciar en la **Ilustración 6**.

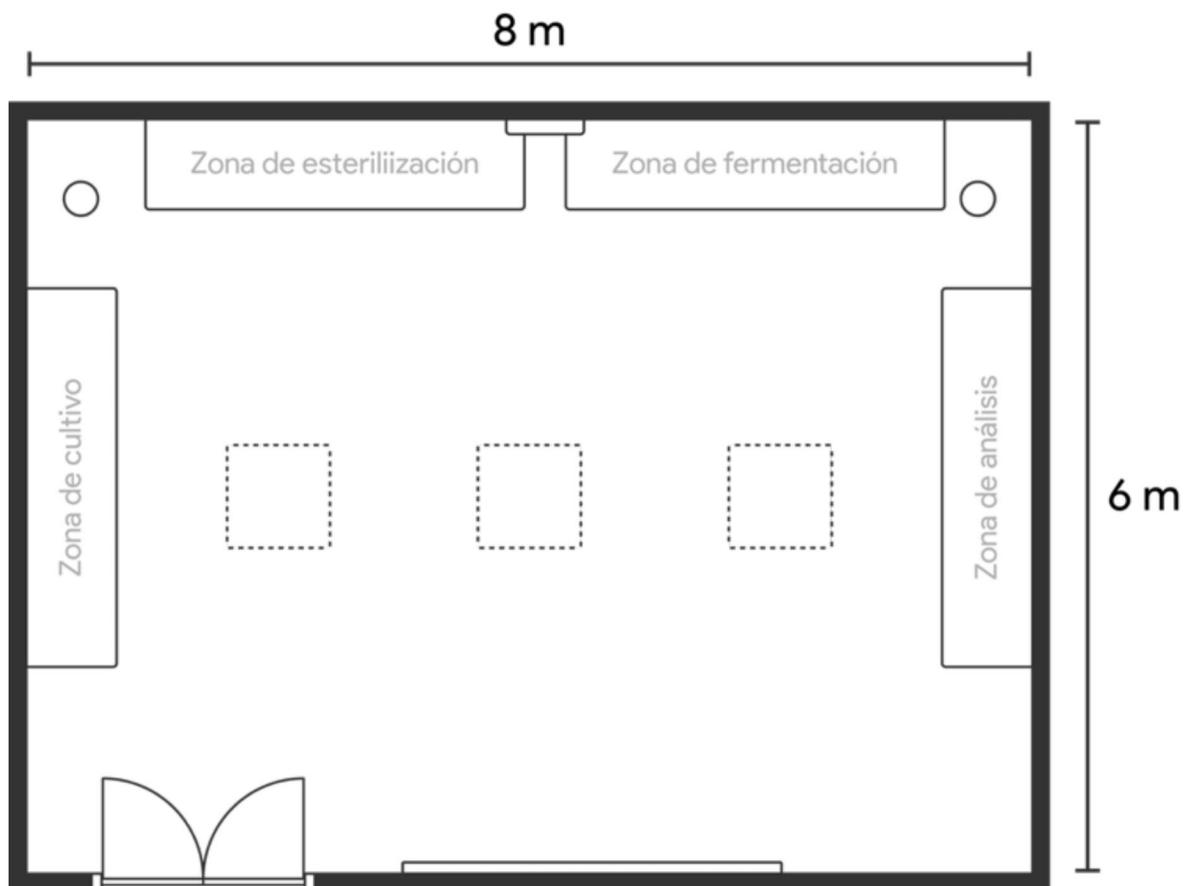


Ilustración 6. Zonas del laboratorio

6.4.3. DEFINICIÓN DE LAS ETAPAS

En cada etapa el usuario deberá cumplir un objetivo mientras es guiado por las diferentes instrucciones paso a paso que le brinda la interfaz. Cada etapa del proceso esta constituida por uno o más momentos:

ETAPA DE ESTERILIZACIÓN:

En esta etapa el usuario deberá esterilizar el biorreactor para posteriormente realizar la calibración.

ETAPA DE CALIBRACIÓN

En esta etapa el usuario deberá preparar y calibrar los parámetros del biorreactor para posteriormente realizar el proceso de fermentación

ETAPA DE PRE-FERMENTACIÓN

En esta etapa el usuario deberá agregar las sustancias necesarias al biorreactor para realizar la fermentación de ácido láctico.

ETAPA DE FERMENTACIÓN Y ANÁLISIS

En esta etapa el usuario deberá esterilizar el biorreactor para posteriormente realizar la calibración.

6.4.4. DIFICULTAD

La dificultad de la simulación viene dada por la cantidad de momentos que conforman una etapa, a los cuales el usuario debe atender. La definición de la dificultad de la simulación se puede evidenciar en la **Ilustración 7** y la **Tabla 4**.

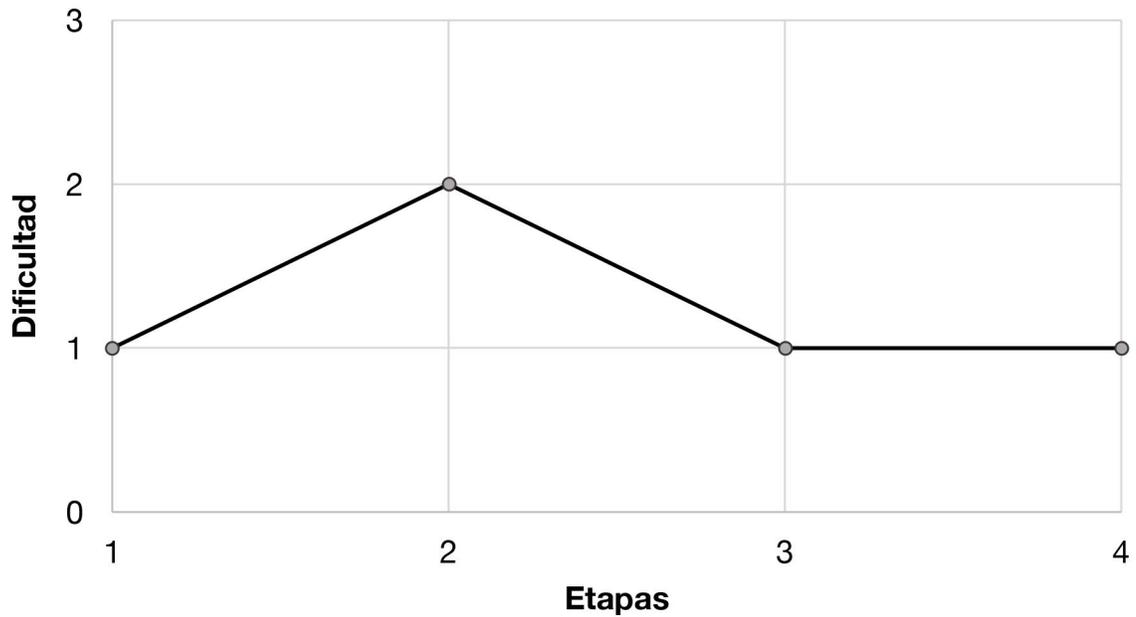


Ilustración 7. Intensidad de la simulación

Tabla 4. Nivel de dificultad

	Etapas	Dificultad
1	Esterilización	Moderado
2	Calibración	Alto
3	Pre-fermentación	Moderado
4	Fermentación y análisis	Moderado

6.4.5. FLUJO DE LA SIMULACIÓN

A lo largo de esta sección se detallará el transcurso de la simulación, los pasos que ha de seguir el usuario desde el inicio de la experiencia hasta completar un proceso completo. Algunos de estos procesos pueden ser repetibles e iterativos tal y como se aprecia a continuación en la **Ilustración 8**.

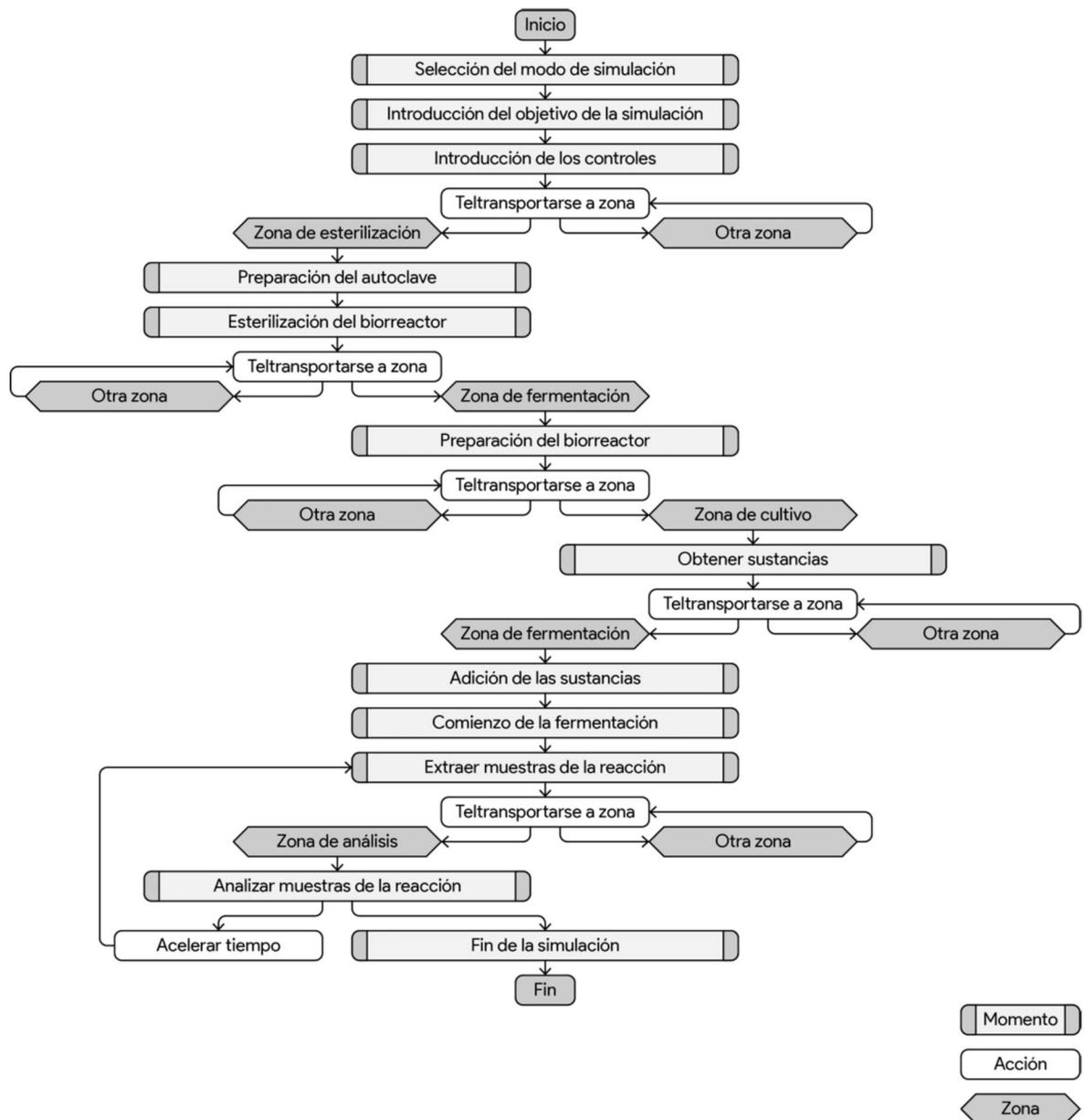


Ilustración 8. Flujo de la simulación

En el ANEXO 2 se explica clara y ordenadamente el flujo de la simulación.

6.4.6. INTERFAZ DE USUARIO

En esta sección se especificará con detalle cada una de las interfaces que componen la simulación. Además, se indicarán las transiciones entre ellas y su utilidad en los elementos GUI (Graphical User Interface).

DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama de la **Ilustración 9**, se muestran las interfaces que presenta la simulación a lo largo de el proceso y las transiciones entre ellas.

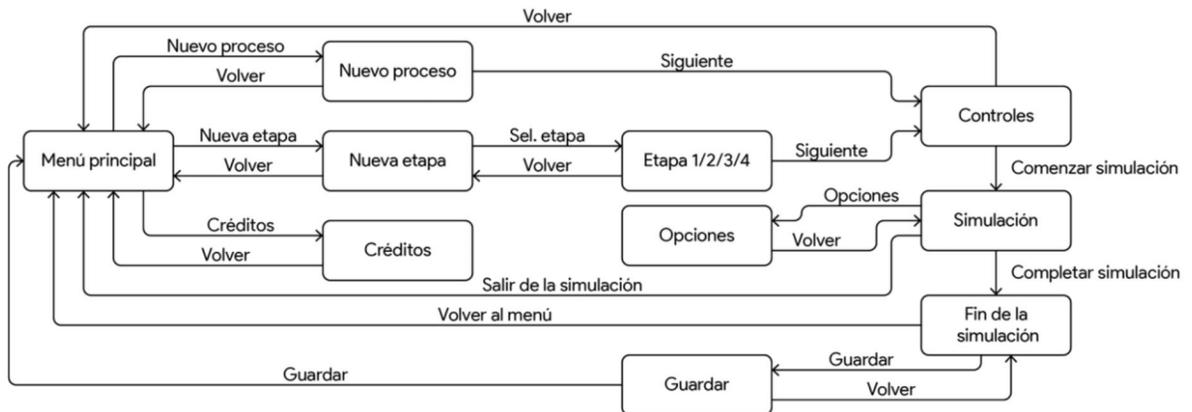


Ilustración 9. Diagrama de flujo

ESTRUCTURA DE LA INTERFAZ

El diseño de la interfaz se realizó en InVision Studio y se decidió usar un estilo minimalista con colores fríos para lograr una relación entre el ambiente del laboratorio y la interfaz. Un boceto de la interfaz se puede evidenciar en la **Ilustración 10**.



Ilustración 10. Plantilla de la interfaz

6.4.7. LIBRO DE DISEÑO

Todos estos aspectos acerca del diseño de la simulación se encuentran más detalladamente explicados en el **Libro de diseño** del ANEXO 3.

6.4.8. DEFINICIÓN DEL PROTOTIPO

Ya finalizado el primer entregable (documento de diseño), se procedió a plantear los alcances del prototipo.

Se definió como prototipo un entorno en el que el estudiante logre observar el proceso de la fermentación de manera contemplativa, con la posibilidad de que el prototipo pueda extraer la información compleja del proceso y presentársela al estudiante de manera simple.

Por esta razón se definió que el prototipo solo presentaría el proceso de fermentación y análisis, puesto que es la parte mas importante del proceso.

CARACTERÍSTICAS DEL PROTOTIPO

Con el fin de cumplir con el objetivo general del proyecto en un mínimo producto viable, a continuación, se presentan las características principales:

- Conocer e interactuar con las herramientas.
- Observar el avance del proceso que realiza el biorreactor.
- Analizar los resultados del proceso completado.

6.5. DESARROLLO

Para elaborar el prototipo planteado, se definió modelar y desarrollar solo lo necesario para cumplir el objetivo general.

6.5.1. MODELADO

Los modelos de los equipos, herramientas y mobiliario del laboratorio se realizaron en el software Blender y para la creación de las texturas se utilizó el software Adobe Photoshop. Una visualización del modelo sin textura y el modelo con textura se puede evidenciar en la **Ilustración 11** y la **Ilustración 12** respectivamente.



Ilustración 11. Modelo 3D sin textura



Ilustración 12. Modelo 3D con textura

Los archivos finales fueron exportados en formato fbx para que tanto el modelo y la textura fueran compatibles con Unity 3D. Una lista de los modelos en Unity se puede visualizar en la **Ilustración 13**.

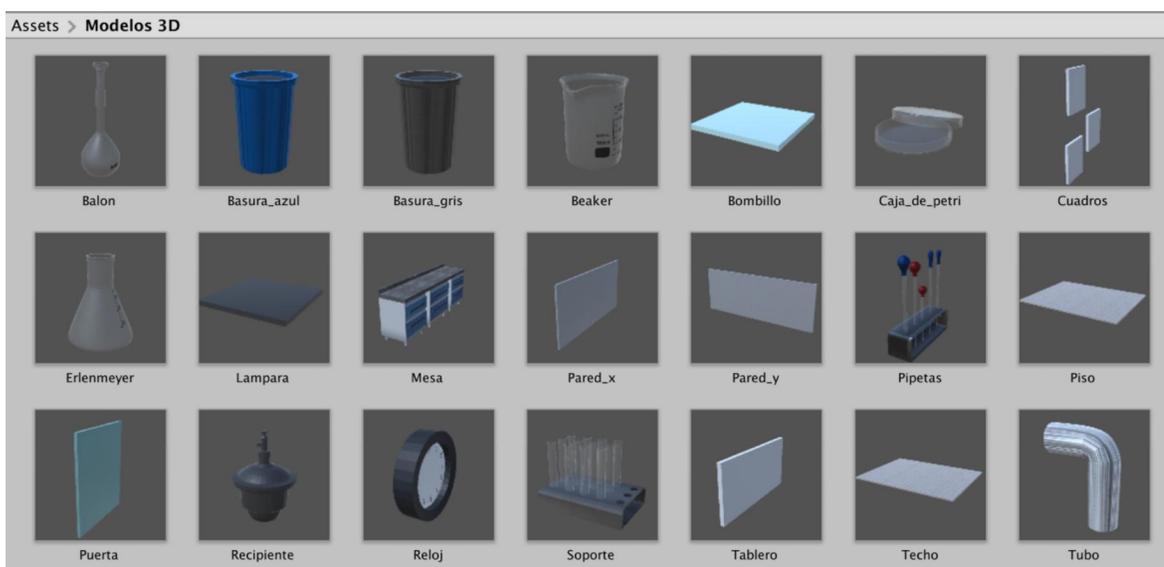


Ilustración 13. Lista de modelos 3D

6.5.2. ENSAMBLAJE

Una vez finalizados y exportados los modelos 3D en Unity, se procedió a ensamblar y armar la distribución del laboratorio en el espacio físico virtual del entorno de desarrollo. Se debió considerar parámetros como la escala y las unidades de medida tanto de los modelos exportados como del entorno virtual de Unity. Las características del modelo en Blender se visualiza en la **Ilustración 14**.



Ilustración 14. Dimensiones del modelo en Blender

Las unidades de Unity están en función de escala y no de longitud, por lo tanto, hay que adaptar los modelos importados a este formato de medición. as características del modelo importado en Unity se visualiza en la **Ilustración 15**.

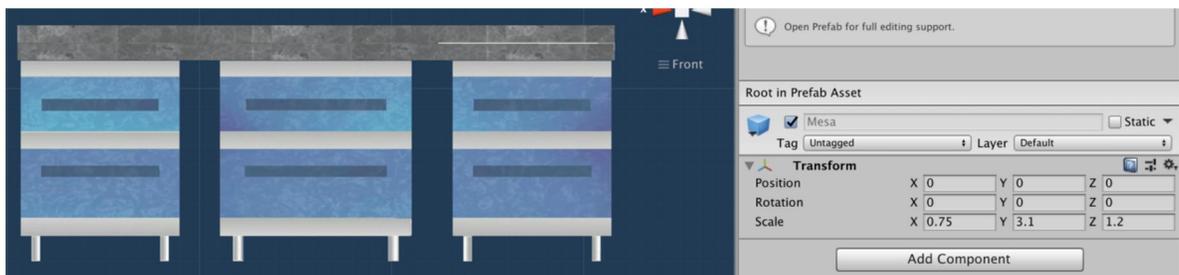


Ilustración 15. Dimensiones del modelo en Unity

A continuación, se puede visualizar el ensamblaje completado en Unity en la **Ilustración 16** y la **Ilustración 17**.

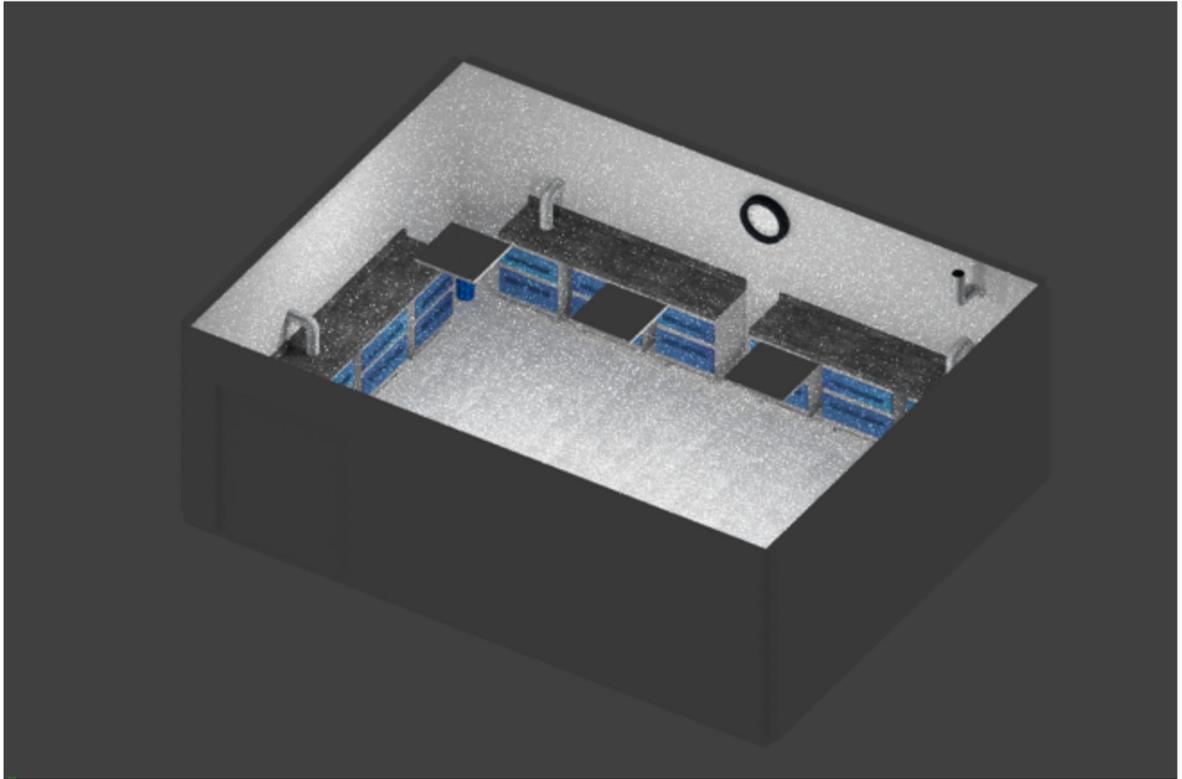


Ilustración 16. Ensamblaje - Vista 1

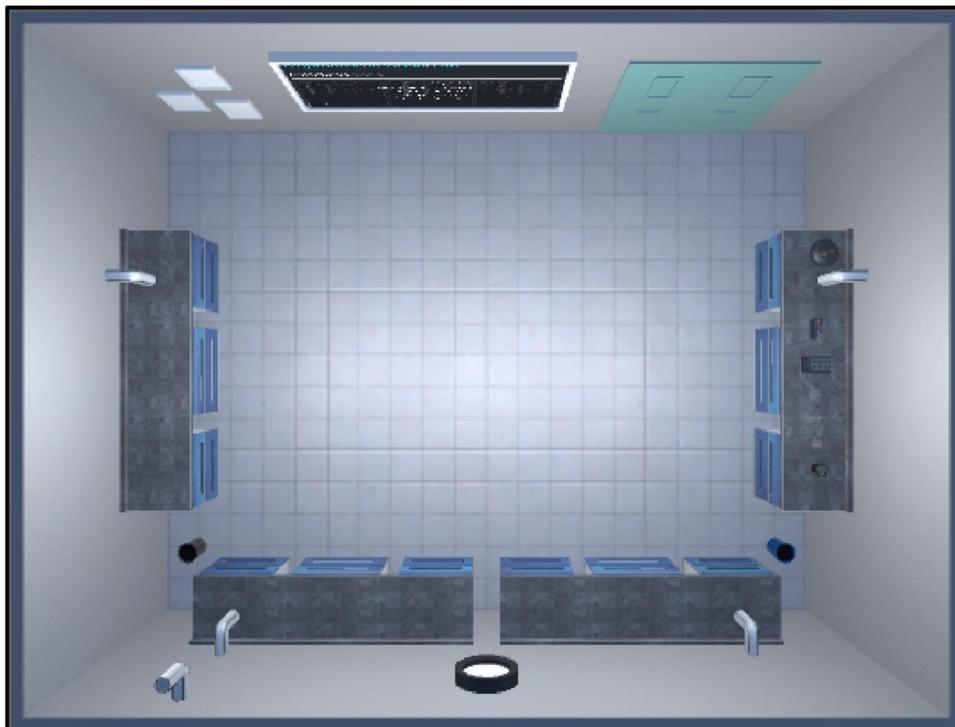


Ilustración 17. Laboratorio virtual

6.5.3. ANIMACIÓN

Debido a que el biorreactor en el entorno 3D debe simular el comportamiento de uno real, se procedió a animar el funcionamiento de este con las herramientas de animación que ofrece el software Blender.

6.5.4. PROGRAMACIÓN

En esta parte del proceso se programó la física y la interacción de los objetos dentro de la simulación.

Toda la codificación de los scripts que permiten el funcionamiento de la simulación se realizó en el editor de texto Visual Studio.

COMPORTAMIENTO DE LOS COMPONENTES

Para programar el comportamiento de los componentes se utilizaron scripts de interacción de la librería SteamVR para Unity.

Además de programar los comportamientos de los objetos, se asignan sus físicas para que estos tengan características y parámetros similares al mundo real, entre estas se encuentran el efecto de la gravedad sobre los objetos, el peso y las colisiones. La información de la librería SteamVR se puede visualizar en la **Ilustración 18.**

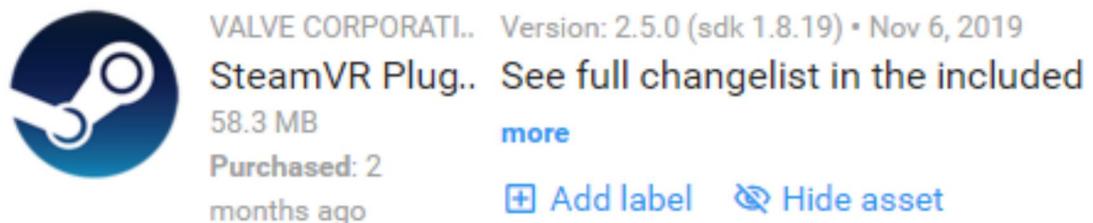


Ilustración 18. Librería SteamVR

Los scripts o códigos utilizados de esta librería fueron adaptados a las necesidades y características de nuestro proyecto, scripts que fueron adaptados para programar la interacción de los componentes con respecto a las acciones ejecutadas con el HTC controller.

COMPORTAMIENTO DE LA GRÁFICA

Para programar la visualización de la grafica que muestra el comportamiento de la solución del biorreactor, se utilizaron los métodos de la librería UnityCodeMonkey.

7. RESULTADOS

Una vez terminado el desarrollo del prototipo se procedió a realizar pruebas internas de este con el HTC VIVE proporcionado por la Universidad Pontificia Bolivariana.

MOMENTO 1 – INICIO DE LA SIMULACIÓN

En este momento el usuario inició la simulación seleccionando la opción **Nueva etapa**, luego de esto se le introdujo al usuario sobre el contexto de la simulación. Una captura de este momento se visualiza en la **Ilustración 19**.

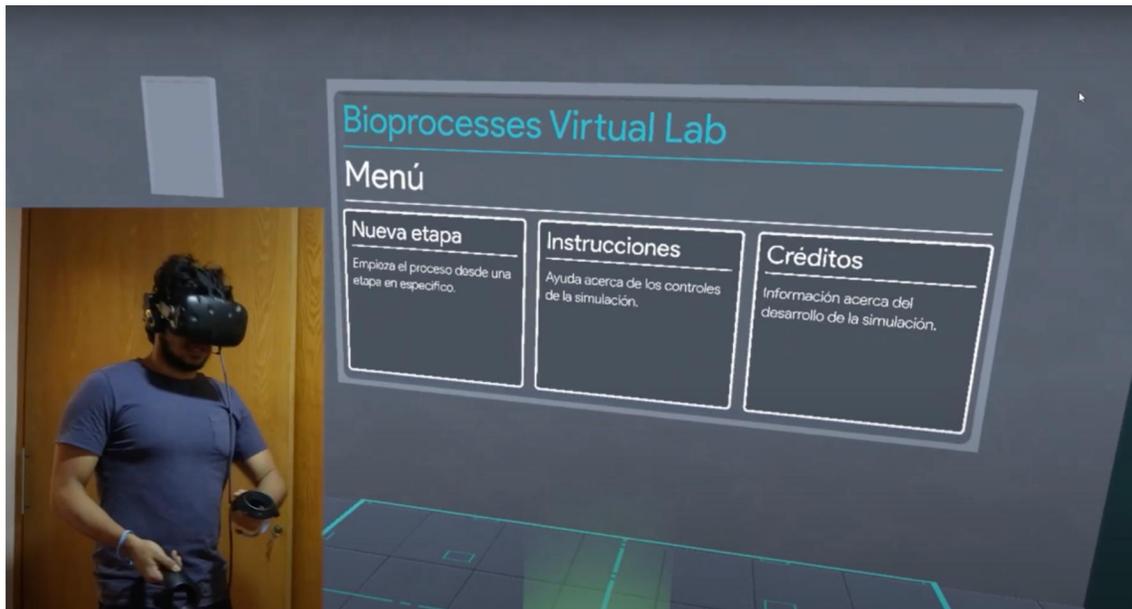


Ilustración 19. Momento 1 - Inicio de la simulación

MOMENTO 2 – INTERACCIÓN CON LAS HERRAMIENTAS

En este momento el usuario comprobó que los controles de interacción con las herramientas funcionan correctamente. Una captura de este momento se visualiza en la **Ilustración 20**.

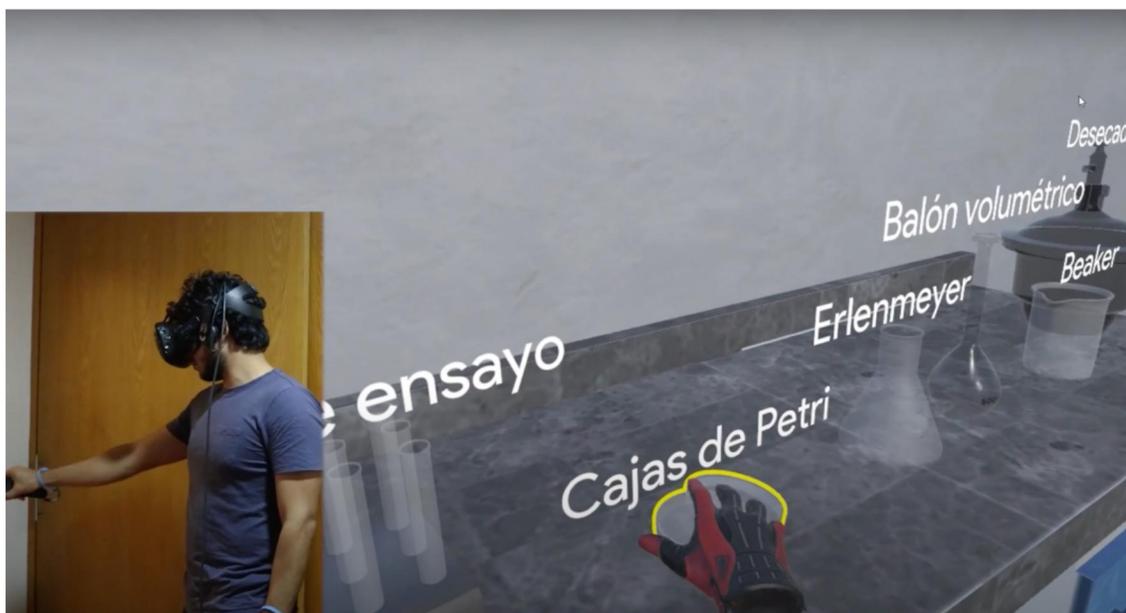


Ilustración 20. Momento 2 - Interacción con las herramientas

MOMENTO 3 – INICIO DE LA FERMENTACIÓN

En este momento el usuario inició el proceso de la fermentación presionando el botón **Encender** del biorreactor. Una captura de este momento se visualiza en la **Ilustración 21**.



Ilustración 21. Momento 3 - Inicio de la fermentación

MOMENTO 4 – COMPORTAMIENTO DE LA TABLA

En este momento el usuario pudo observar el comportamiento del proceso por medio de la tabla de concentración de ácido láctico, que se iba actualizando cada hora virtual, esta misma podía ser acelerada o ralentizar con respecto al tiempo físico real. Una captura de este momento se visualiza en la **Ilustración 22**.



Ilustración 22. Momento 4 - Comportamiento de la tabla

MOMENTO 5 – MECÁNICA DE PREGUNTAS

En este momento el usuario tuvo que responder las preguntas acerca del proceso de fermentación, en esta parte la simulación le brindó retroalimentación de color (*verde: correcto y rojo: incorrecto*) y sonido acerca de la respuesta seleccionada. Una captura de estas dos posibles retroalimentaciones se visualiza en la **Ilustración 23** y en la **Ilustración 24**.



Ilustración 23. Respuesta incorrecta



Ilustración 24. Respuesta correcta

MOMENTO 6 – FIN DE LA SIMULACIÓN

En este momento el usuario observó el comportamiento de la tabla y obtuvo una conclusión acerca del proceso. Una captura de este momento se visualiza en la **Ilustración 25**.



Ilustración 25. Ilustración 22. Momento 6 - Fin de la simulación

Las imágenes de este resultado fueron recuperadas del video **Prototipo** canal **Daniel** en YouTube [16].

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una de las características principales de este proyecto es la implementación del aprendizaje por la práctica, que ha comprobado ser una estrategia efectiva para impartir conocimientos complejos; todo esto soportado por las investigaciones realizadas en los últimos años [2] y por nuestra propia indagación con el Docente-Investigador e Ingeniero Juan Oviedo.

La segunda característica fundamental de este proyecto es la realidad virtual como herramienta para ejecutar la simulación; la investigación que se realizó en este trabajo de grado comprueba que varios estudios han demostrado la efectividad de la realidad virtual como alternativa para que los estudiantes comprendan más fácil los conocimientos complejos [4] [8] [11].

Con base en nuestra indagación y soportado por las investigaciones y estudios realizados, planteamos una hipótesis en la que podemos afirmar que nuestra simulación cumple con el objetivo general de facilitar el aprendizaje de bioprocesos, debido a la implementación de estas estrategias y características en el desarrollo del trabajo de grado.

OBSERVACIÓN FINAL

Debido a la situación global que se presentó con el virus COVID-19 durante el desarrollo de este trabajo y las dificultades que esto nos presentaba para concretar en su totalidad el prototipo, definimos establecer una guía de procedimientos para la realización de las pruebas de usuario del prototipo y su posterior análisis.

De los resultados se puede concluir que el prototipo funciona correctamente y logra cumplir los objetivos planteados, sin embargo, se debe probar con los usuarios finales para poder realizar iteraciones y optimizar la calidad de este. Todo esto se explica en los procesos que deben realizar en un trabajo futuro.

Nuestro prototipo visto como una simulación facilita el aprendizaje de los bioprocesos [2] debido a que adapta la información teórica y se le ilustra al usuario en tiempo real dentro de un entorno virtual que simula el espacio de un laboratorio real; diferenciándose de los desarrollos actuales, que se basan en modelar los procesos con las ecuaciones y sus resultados con base en un modelo científico que solo presenta el resultado matemático de los procesos; y este proyecto se destaca por ofrecerle al usuario la visualización de la información de manera gráfica.

8. CONCLUSIONES

Con base en la investigación y análisis que se realizó del contexto y el proceso de la fermentación, se pudo emplear las competencias adquiridas sobre la investigación de contexto vistas durante el transcurso de la carrera y se concluye que las necesidades que actualmente tienen las instituciones pueden ser solucionadas por el entretenimiento digital. En este caso se pudo afirmar que el proceso de fermentación puede ser adaptado y simulado dentro de un entorno de digital, obteniendo más información de este haciendo uso de distintas herramientas como la realidad virtual.

Del resultado del libro de diseño se pueden evidenciar las capacidades y conocimientos que se adquirieron en la carrera para diseñar todos los aspectos y características de una experiencia interactiva que; en el libro se demuestran competencias como el diseño de mecánicas, clasificación de herramientas y softwares, diseño de flujo de experiencia, diseño de identidad visual, entre otros.

La realización del prototipo demostró las capacidades para llevar a cabo un producto mínimo viable y lograr igualmente cumplir con los alcances planteados en el diseño ideal.

El desarrollo de este proyecto evidencia la necesidad que actualmente tienen las instituciones educativas en simplificar y optimizar la metodología de como se imparten los conocimientos y competencias a los estudiantes. Además del poco aprovechamiento de las nuevas tecnologías para cumplir este objetivo.

Este trabajo es un acercamiento a la visión a mediano plazo de la manera en la que los conocimientos complejos pueden ser enseñados de manera sencilla optimizando los recursos y el tiempo. En conclusión, reflexionamos sobre la necesidad de adaptarse a las nuevas infraestructuras y tecnologías con el fin de mejorar la manera en la que se imparte la educación en el mundo.

Este proyecto deja como aprendizaje la capacidad que tiene un ingeniero en diseño de entretenimiento digital para adaptarse a diferentes campos y dar soluciones creativas al contexto y las situaciones actuales, haciendo uso de las herramientas digitales para su elaboración.

9. TRABAJO FUTURO

Para la realización de las pruebas de usuario y análisis de resultados se deben seguir las siguientes indicaciones:

- Realizar una prueba de usabilidad centrado en la interacción y experiencia del usuario con el entorno virtual y su interfaz; esta prueba debe evaluar la efectividad (*exactitud y completitud de una tarea o escenario*), eficiencia (*el tiempo tomado con relación a la efectividad*) y la satisfacción (*nivel de aceptación y conformidad con el producto*) de la simulación.
- Realizar una prueba de competencias en la que se evalúen los conocimientos que el usuario adquiere en la simulación, esta prueba debe contar con preguntas teóricas acerca del proceso y preguntas acerca del procedimiento realizado.
- Se deben elegir a los candidatos correctos, en este caso se deberán seleccionar mínimo cinco (5) estudiantes de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.
- Se deben plantear y definir las rubricas de calificación y los criterios de éxito y fracaso de las pruebas para definir el tipo de iteración que se debe realizar para optimizar la efectividad de la simulación y poder cumplir los objetivos.
- Se debe realizar la practica de la simulación en un espacio adecuado libre de elementos que obstruyan y limiten el movimiento del usuario, se recomienda un espacio de 3m².
- Se debe iterar (*repetir varias veces un proceso con la intención de alcanzar una meta deseada*) el diseño, desarrollo y pruebas del prototipo hasta que los objetivos planteados se hayan cumplido correctamente.

10. RECOMENDACIONES

Antes de realizar la simulación es recomendado que los usuarios tengan un conocimiento teórico mínimo acerca de la fermentación.

Se debe realizar la practica de la simulación en un ordenador compatible que pueda ejecutar óptimamente el programa de la simulación.

11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. C. Oviedo Lopera, Interviewee, *Investigación acerca del trabajo de grado*. [Entrevista]. 20 Febrero 2020.
- [2] G. Guzman, «What is Practical Knowledge?,» *Journal of Knowledge Management*, vol. 13, nº 4, pp. 86-98, 17 Julio 2009.
- [3] OCDE, «Education in Colombia,» 2016. [En línea]. Available: https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-356787_recurso_1.pdf.
- [4] S. Kavanagh, A. Luxton-Reilly, B. Wuensche y B. Plimmer, «A systematic review of Virtual Reality in education,» *Themes in Science and Technology Education*, vol. 10, nº 2, pp. 85-119, 27 Diciembre 2017.
- [5] L. Rice, «Playful Learning,» *Journal for Education in the Built Environment*, vol. 4, nº 2, pp. 94-108, 15 Diciembre 2009.
- [6] Two Reality, «La simulación virtual como método de formación de personal,» Two Reality, 21 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.tworeality.com/la-simulacion-virtual-como-metodo-de-formacion-de-personal/>. [Último acceso: 10 Marzo 2020].
- [7] FourPlayers VR, «Realidad Virtual para entrenar y capacitar,» FourPlayers VR, 2020. [En línea]. Available: <http://fourplayersvr.com/>. [Último acceso: 12 Marzo 2020].
- [8] Hunters Lane High School, «VR in Education,» AMD, 2020. [En línea]. Available: <https://www.amd.com/en/corporate-responsibility/technology-classroom>. [Último acceso: 7 Marzo 2020].

- [9] J. Psocka, «Immersive training systems: Virtual reality and education and training,» *Instructional Science*, nº 23, pp. 405-431, Noviembre 1995.
- [10] R. Loftin, M. Engleberg y R. Benedetti, «Applying virtual reality in education: A prototypical virtual physics laboratory,» de *Proceedings of 1993 IEEE Research Properties in Virtual Reality Symposium*, San Jose, CA, USA, 1993.
- [11] P. Moore, «Learning and teaching in virtual worlds: Implications of virtual reality for education,» *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 11, nº 2, 1 Diciembre 1995.
- [12] A. C. Soto Montes, «Evaluación de la producción de ácido láctico empleando residuo de mora y suero de leche en sistema de lote,» Medellín, 2015.
- [13] OpenWebinars, «Ventajas y diferencias entre Unity, Unreal Engine y Godot,» OpenWebinars, 12 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://openwebinars.net/blog/ventajas-diferencias-unity-unreal-engine-godot/>. [Último acceso: 20 Abril 2020].
- [14] All3DP, «Los mejores programas de diseño 3D/modelado 3D,» 4 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://all3dp.com/es/1/mejores-programas-diseno-3d-software-modelado-3d-gratis/>. [Último acceso: 15 Marzo 2020].
- [15] A. Murtaza, «Adobe XD vs Sketch vs Figma vs InVision,» 28 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://www.creative-tim.com/blog/web-design/adobe-xd-vs-sketch-figma-invision/>. [Último acceso: 20 Febrero 2020].

[16] D. Ovalle, «Prototipo,» YouTube, 30 Mayo 2020. [En línea]. Available:
<https://www.youtube.com/watch?v=3Z5PCNJ8BLY&feature=youtu.be>. [Último
acceso: 31 Mayo 2020].

12. ANEXOS

Anexo 1. Clasificación de los elementos del entorno virtual

Herramientas	Zona	Tipo de interacción
Balanza analítica	Esterilización	Estático interactuable
Tubos de ensayo	Fermentación	
Vasos de precipitados o beakes	Análisis	
Erlenmeyer	Cultivo	
Balón volumétrico	Análisis	
Desecador	Fermentación	
Cajas de Petri	Cultivo	
Asa	Cultivo	
Mechero de bunsen	Cultivo	
Pipetas graduadas	Fermentación	
Equipos	Zona	Tipo de interacción
Agitadores orbitales	Cultivo	Animado interactuable
Autoclave	Esterilización	
Biorreactor	Fermentación	
pH-metro	Fermentación	
Viscosímetro	Análisis	
Reloj	Fermentación	
Agitador	Fermentación	Animado no interactuable
Termocupla	Fermentación	
Manómetro	Fermentación	
Incubadora sobre ambiente	Cultivo	Estático no interactuable
Ultra-congelador	Esterilización	
Baño maría con agitador	Esterilización	
Cámara de extracción de gases	Esterilización	
Centrífugas	Esterilización	
Microscopio óptico	Análisis	
Espectroscopio	Análisis	

Anexo 2. Flujo de la simulación

Flujo de la simulación	
Momento	Descripción
Selección del modo de la simulación	En esta parte, el usuario deberá seleccionar en el menú principal el modo de la simulación que desea hacer, ya sea una simulación del proceso completo o solo una etapa del proceso.
Introducción del objetivo de la simulación	Una vez seleccionado el modo que se llevará a cabo, en esta parte se le contextualizará al usuario sobre el objetivo de la simulación, las zonas del laboratorio y el proceso que debe completar. Adicionalmente se le informará sobre los procesos previos a la fermentación de ácido láctico.
Introducción de los controles	En esta parte, se familiarizará con los controles de interacción de la simulación por medio de instrucciones audiovisuales.
Preparación del autoclave	En esta parte, el usuario deberá ir a la zona de esterilización para preparar y calibrar los parámetros del autoclave para posteriormente introducir el biorreactor.
Esterilización del biorreactor	En esta parte, el usuario deberá introducir el biorreactor en el autoclave y esterilizarlo, para posteriormente ubicarlo en la zona de fermentación.
Preparación del biorreactor	En esta parte, el usuario deberá ir a la zona de fermentación para instalar el biorreactor en la zona de fermentación y luego deberá calibrar los parámetros de presión, temperatura, velocidad del motor, pH y concentración de oxígeno.
Adición de las sustancias	En esta parte, el usuario deberá ir a la zona de cultivo para tomar el extracto de mora, el microorganismo y los nutrientes necesarios para agregarlos al biorreactor en la zona de fermentación, para posteriormente realizar el proceso de fermentación de ácido láctico.
Comienzo de la fermentación	En esta parte, el usuario iniciará la reacción en el biorreactor.
Análisis de muestras	En esta parte, el usuario deberá acelerar la velocidad del tiempo en el reloj y extraer las muestras periódicamente para analizarlas en la zona de análisis. Posteriormente decidirá en base a esta información el momento en el que debe terminar la reacción y completar el proceso de fermentación.
Fin de la simulación	Una vez finalizada la simulación, se le presentará al usuario un resumen de sus resultados en el que se podrá visualizar la valoración de su desempeño y una gráfica donde se representará el comportamiento de la reacción en el tiempo.

Anexo 3. Libro de diseño

BIOPROCESSES VIRTUAL LAB

LIBRO DE DISEÑO

MAYO DE 2020

REVISIÓN 1

SERGIO ANDRÉS FLÓREZ BARRIOS

DANIEL JESÚS OVALLE CONTRERAS

**FAC. DE INGENIERÍA EN DISEÑO DE ENTRETENIMIENTO
DIGITAL**

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. CONCEPTO DE LA EXPERIENCIA.....	10
1.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	10
1.2.1. REALIDAD VIRTUAL	10
1.2.2. PLANTEAMIENTO SENCILLO	11
1.2.3. INMERSIÓN	11
1.2.4. ANÁLISIS	11
1.3. GÉNERO	11
1.3.1. SIMULACIÓN.....	11
1.3.2. ACCIÓN EN PRIMERA PERSONA.....	12
1.4. PROPÓSITO	12
1.5. PÚBLICO OBJETIVO	12
1.6. ALCANCE.....	12
2. MECÁNICAS.....	13
2.1. MOVILIDAD	13
2.2. CONTROLES DE MOVILIDAD	14
2.3. CONTROLES DE INTERACCIÓN.....	14
2.3.1. INTERACCIÓN CON EQUIPOS	14

2.3.2. INTERACCIÓN CON HERRAMIENTAS	15
2.3.3. TELETRANSPORTACIÓN	15
2.4. INTERACCIÓN ENTRE ELEMENTOS.....	16
2.4.1. ANIMADOS NO INTERACTUABLES	16
2.4.2. ANIMADOS INTERACTUABLES.....	16
2.4.3. ESTÁTICOS NO INTERACTUABLES	16
2.4.4. ESTÁTICOS INTERACTUABLES.....	16
2.5. INTERACCIÓN CON EL TIEMPO	17
2.6. ZONAS DEL LABORATORIO	17
2.6.1. ZONA DE CULTIVO	18
2.6.2. ZONA DE ESTERILIZACIÓN.....	18
2.6.3. ZONA DE FERMENTACIÓN	18
2.6.4. ZONA DE ANÁLISIS.....	18
2.7. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS.....	18
2.8. PROGRESIÓN DEL USUARIO.....	19
2.9. AYUDAS	20
2.10. RETROALIMENTACIÓN	20
2.11. ETAPAS	20
2.11.1. ETAPA DE ESTERILIZACIÓN	20

2.11.2. ETAPA DE CALIBRACIÓN.....	21
2.11.3. ETAPA DE PRE-FERMENTACIÓN.....	21
2.11.4. ETAPA DE FERMENTACIÓN Y ANÁLISIS.....	21
2.12. DIFICULTAD.....	22
2.13. FLUJO DE LA SIMULACIÓN.....	23
2.13.1. SELECCIÓN DEL MODO DE LA SIMULACIÓN.....	24
2.13.2. INTRODUCCIÓN DEL OBJETIVO DE LA SIMULACIÓN.....	24
2.13.3. INTRODUCCIÓN DE LOS CONTROLES.....	24
2.13.4. PREPARACIÓN DEL AUTOCLAVE.....	25
2.13.5. ESTERILIZACIÓN DEL BIORREACTOR.....	25
2.13.6. PREPARACIÓN DEL BIORREACTOR.....	25
2.13.7. ADICIÓN DE LAS SUSTANCIAS.....	25
2.13.8. COMIENZO DE LA FERMENTACIÓN.....	25
2.13.9. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS.....	25
2.13.10. FIN DE LA SIMULACIÓN.....	26
3. INTERFAZ.....	27
3.1. DIAGRAMA DE FLUJO.....	27
3.2. PANTALLAS.....	27
3.2.1. MENÚ PRINCIPAL.....	28

3.2.2. NUEVO PROCESO	28
3.2.3. NUEVA ETAPA	29
3.2.4. CRÉDITOS.....	29
3.2.5. ETAPA 1/2/3/4.....	30
3.2.6. CONTROLES.....	30
3.2.7. SIMULACIÓN.....	31
3.2.8. FIN DE LA SIMULACIÓN	31
3.2.9. OPCIONES	32
3.2.10. GUARDAR	32
4. ARTE 2D	33
4.1. ESTILO DE LA INTERFAZ	33
4.1.1. COLORES.....	33
4.1.2. TIPOGRAFÍA.....	34
4.1.3. DISEÑO	35
5. DESARROLLO.....	36
5.1. PREPRODUCCIÓN	36
5.1.1. EQUIPO DE TRABAJO	36
5.1.2. CRONOGRAMA	36
5.1.3. PRESUPUESTO.....	37

5.2. PRODUCCIÓN.....	38
5.2.1. MOTOR DE JUEGO.....	38
5.2.2. SOFTWARE 3D.....	38
5.2.3. SOFTWARE 2D.....	38
5.2.4. AUDIO.....	39
5.3. POSTPRODUCCIÓN.....	39
BIBLOGRAFÍA.....	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. HTC VIVE	13
Ilustración 2. Grip.....	14
Ilustración 3. Gatillo	15
Ilustración 4. Touchpad	15
Ilustración 5. Zonas del laboratorio.....	17
Ilustración 6. Intensidad de la experiencia.....	22
Ilustración 7. Flujo de la simulación.....	23
Ilustración 8. Diagrama de flujo.....	27
Ilustración 9. Menú principal	28
Ilustración 10. Nuevo proceso.....	28
Ilustración 11. Nueva etapa	29
Ilustración 12. Créditos.....	29
Ilustración 13. Etapa 1/2/3/4.....	30
Ilustración 14. Controles.....	30
Ilustración 15. Simulación.....	31
Ilustración 16. Fin de la simulación.....	31
Ilustración 17. Opciones	32

Ilustración 18. Guardar	32
Ilustración 19. Diseño de la interfaz	35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Herramientas y equipos.....	18
Tabla 2. Dificultad de las etapas	22
Tabla 3. Equipo de trabajo	36
Tabla 4. Cronograma de actividades.....	37
Tabla 5. Presupuesto	37

1. INTRODUCCIÓN

Este es el documento de diseño de *Bioprocesses Virtual Lab*. Una experiencia interactiva en realidad virtual que facilita el aprendizaje del proceso de fermentación de ácido láctico a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana de forma lúdica por medio de un juego serio. Esto con el objetivo principal de enseñar de manera didáctica el proceso a los estudiantes.

1.1. CONCEPTO DE LA EXPERIENCIA

Esta experiencia interactiva se basará en un entorno de realidad virtual, donde el usuario tendrá como objetivo completar correctamente el proceso de fermentación de ácido láctico y posteriormente analizar los resultados obtenidos, todo esto ambientado en un laboratorio de bioprocesos.

1.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Esta experiencia tiene las siguientes características como sus principales pilares:

1.2.1. REALIDAD VIRTUAL

La realidad virtual (VR) es un entorno de escenas u objetos de apariencia real. La acepción más común refiere a un entorno generado mediante tecnología informática, que crea en el usuario la sensación de estar inmerso en él. Dicho entorno es contemplado por el usuario a través de un dispositivo conocido como gafas o casco de realidad virtual. Este puede ir acompañado de otros dispositivos, como guantes o trajes especiales, que permiten una mayor interacción con el entorno así como la percepción de diferentes estímulos que intensifican la sensación de realidad. *Bioprocesses Virtual Lab* se ambientará en un entorno de realidad virtual con el objetivo de ofrecer una experiencia más expandida en cuanto a la sensación que se puede experimentar en un laboratorio real.

1.2.2. PLANTEAMIENTO SENCILLO

Esta experiencia se encargará de plasmar los conceptos teóricos complejos del proceso de la fermentación en general, mostrando de forma didáctica y sencilla dicha información a los usuarios.

1.2.3. INMERSIÓN

El entorno en realidad virtual del laboratorio de bioprocesos debe ser lo más fiel a la realidad para aumentar la inmersión del usuario y que este se familiarice fácilmente con este.

1.2.4. ANÁLISIS

La experiencia deberá ofrecer un componente de análisis en el que el usuario contará con información expandida acerca de su entorno digital y los diferentes componentes que lo conforman, ya que un proceso real esta información no es muy sencilla de conocer.

1.3. GÉNERO

Esta experiencia propone una unión de varios géneros. A continuación, se listan los géneros de los que toma inspiración y sus motivos:

1.3.1. SIMULACIÓN

Los entornos de simulación reproducen sensaciones que en realidad no están sucediendo. Pretenden reproducir tanto las sensaciones físicas (velocidad, aceleración, percepción del entorno) y una de sus funciones es dar una experiencia real de algo que no está sucediendo para de esta forma no poner en riesgo la vida de alguien. En esta experiencia este componente es utilizado para recrear fielmente un laboratorio de bioprocesos.

1.3.2. ACCIÓN EN PRIMERA PERSONA

Es una vista que se emplea en los videojuegos en la cual el mundo se ve desde la perspectiva del personaje protagonista. La ventaja que presenta esta vista es que da un mayor realismo y sensación de presencia en el entorno digital. En esta experiencia este componente es utilizado para lograr que el usuario sienta mayor inmersión y vea el entorno como lo vería en un laboratorio real.

1.4. PROPÓSITO

El propósito principal del proyecto es ofrecer una alternativa interactiva en realidad virtual que por medio de ludificación y juegos serios se facilite el aprendizaje y la capacitación de procesos biotecnológicos. En el caso en el que se enfoca el proyecto (proceso de fermentación de ácido láctico), con ayuda del diseño en entretenimiento digital se busca crear un laboratorio en realidad virtual que con el uso de la lúdica se enseñe dicho concepto de manera práctica e interactiva sin necesidad de recurrir a laboratorios físicos.

1.5. PÚBLICO OBJETIVO

Esta experiencia está dirigida a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana. Por eso se busca crear un entorno virtual fiel a la realidad que logre que los usuarios comprendan el proceso de la fermentación de ácido láctico sin tener que correr con los riesgos y gastos de estar en un laboratorio real.

1.6. ALCANCE

El alcance de este proyecto es el desarrollo de un simulador de un laboratorio de bioprocesos, en el que podamos actualizar contenidos sin dificultad con respecto a las necesidades planteadas por el usuario. En primera instancia se desarrollará el proceso de fermentación de ácido láctico.

2. MECÁNICAS

En esta sección se explicarán más en detalle en lo que a las mecánicas de *Bioprocesses Virtual Lab* se refiere. Se comentarán todos los pilares que fundamentan su jugabilidad y se detallarán las acciones que podrá llevar a cabo el jugador dentro de la simulación. Además, se ofrecerá una lista de herramientas y objetivos, por último, se modelará el laboratorio en el plano de movimiento, físicas y detección de colisiones.

2.1. MOVILIDAD

Al igual que la mayoría de las experiencias de simulación, se llevará a cabo en primera persona, donde nos desplazamos por el entorno virtual como lo haríamos en un laboratorio real. En *Bioprocesses Virtual Lab* este se llevará a cabo a través de teletransportación hacia las distintas zonas que conforman el laboratorio, sin embargo, el usuario podrá caminar en un espacio específico del entorno y rotar en todas las direcciones que desee.

Gracias a la tecnología de las nuevas herramientas de realidad virtual esto es posible debido a su función de reconocimiento de la posición actual del usuario para representarlas en el entorno virtual. Logrando así aumentar la inmersión de la experiencia con la representación virtual de los movimientos ejecutados en el mundo real. En este caso se decidió escoger como herramienta el HTC VIVE debido a que la Universidad Pontificia Bolivariana posee de unidades disponibles.

Ilustración 1. HTC VIVE



[1]

2.2. CONTROLES DE MOVILIDAD

La posición y rotación de la cámara en el entorno digital será controlada por los movimientos de la cabeza del usuario, y su posición dentro del espacio virtual será obtenida basándose en su ubicación en el mundo real, sin embargo, la simulación esta desarrollada para que el movimiento se lleve a cabo por medio de la mecánica de teletransportación. Logrando así que el usuario pueda navegar por el entorno sin necesidad de desplazarse físicamente. Adicionalmente, la teletransportación permite más espacio virtual en un espacio físico pequeño.

2.3. CONTROLES DE INTERACCIÓN

En esta sección se definirá la relación del control (*HTC VIVE Controller*) con los diferentes componentes interactivables de la simulación.

2.3.1. INTERACCIÓN CON EQUIPOS

Presionar el grip del control ejecutará la acción de activar un botón de algún equipo dentro del simulador.

Ilustración 2. Grip



[1]

2.3.2. INTERACCIÓN CON HERRAMIENTAS

La acción de presionar el gatillo del control representa dentro de la simulación el gesto de agarrar y para liberar se ejecuta la acción contraria de soltar.

Ilustración 3. Gatillo



[1]

2.3.3. TELETRANSPORTACIÓN

Manteniendo presionado el touchpad y moviendo el control podremos seleccionar la zona de destino.

Ilustración 4. Touchpad



[1]

2.4. INTERACCIÓN ENTRE ELEMENTOS

Bioprocesses Virtual Lab se desarrolla sobre un plano donde el personaje podrá desplazarse por el. Donde el escenario presenta ciertas zonas como las de un laboratorio real que no podrán ser atravesadas por el usuario.

En esta sección vamos a clasificar todos los elementos del entorno, tanto los animados, estaticos, interactivables y no interactivables.

2.4.1. ANIMADOS NO INTERACTUABLES

Son todos aquellos que conforman el entorno y tienen movimiento, pero el usuario no puede interactuar con ellos.

2.4.2. ANIMADOS INTERACTUABLES

Son todos aquellos que después de tener una interacción con el usuario presentan un tipo de movimiento o sonido.

2.4.3. ESTÁTICOS NO INTERACTUABLES

Son todos aquellos que conforman el escenario, pero el usuario no puede interactuar.

2.4.4. ESTÁTICOS INTERACTUABLES

Son todos aquellos con los que el usuario puede interactuar, pero estos no presentan ningún movimiento, animación o cambio en su forma.

Nota: los elementos interactivables se visualizarán de manera diferente al resto del entorno, es decir, dichos elementos tendrán un tipo de arte diferente con respecto a la colorimetría y el brillo del modelo 3D.

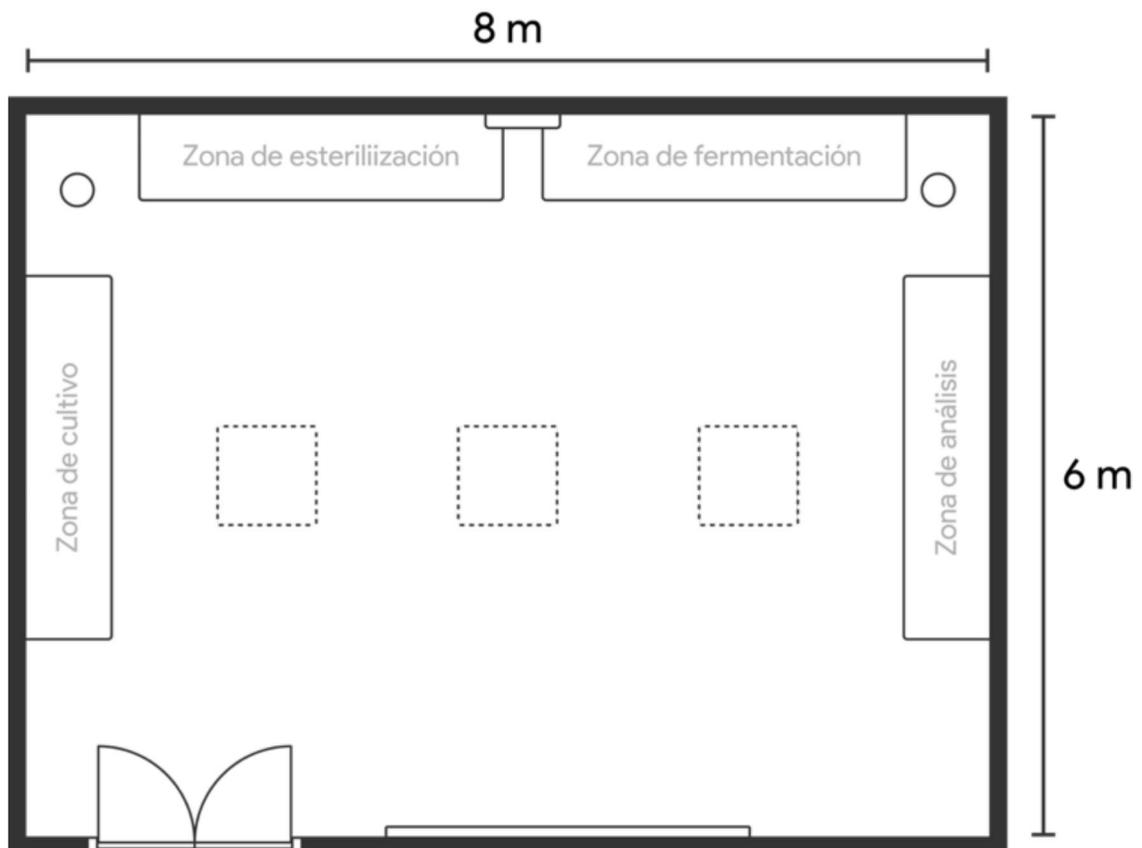
2.5. INTERACCIÓN CON EL TIEMPO

Debido a que el proceso real de la fermentación de ácido láctico puede llegar a tardar de 24h a 48h, una de las mecánicas que se implementará dentro de la simulación es la interacción con el tiempo, es decir, el usuario podrá aumentar la velocidad del tiempo en el reloj.

2.6. ZONAS DEL LABORATORIO

En esta sección se clasificarán y describirán las zonas del laboratorio, además de presentar la distribución de dichas zonas en el espacio virtual. En la figura 5 se visualiza dicha distribución.

Ilustración 5. Zonas del laboratorio



2.6.1. ZONA DE CULTIVO

En esta zona es donde el usuario llevará a cabo dos momentos importantes, la pre-inoculación y la inoculación del microorganismo en el caldo de cultivo.

2.6.2. ZONA DE ESTERILIZACIÓN

En esta zona es donde el usuario realizará la esterilización del biorreactor utilizando un autoclave.

2.6.3. ZONA DE FERMENTACIÓN

En esta zona es donde el usuario agregará el microorganismo, el sustrato y los nutrientes al biorreactor para posteriormente iniciar el proceso de la fermentación.

2.6.4. ZONA DE ANÁLISIS

En esta zona es donde el usuario analizará todas las muestras que se tomen cada cierto tiempo especificado para posteriormente completar el proceso y ver el resultado.

2.7. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Las herramientas y los equipos inciden en el componente de acción de *Bioprocesses Virtual Lab*. El usuario debe acudir al foco de acción que considere oportuno para utilizar las herramientas que componen el escenario. Existirán varios tipos de herramientas cuya efectividad dependerá de las necesidades requeridas en el momento.

Tabla 1. Herramientas y equipos

Herramientas	Zona	Tipo de interacción
Balanza analítica	Esterilización	Estático interactuable
Tubos de ensayo	Fermentación	
Vasos de precipitados o beaker	Análisis	
Erlenmeyer	Cultivo	

Balón volumétrico	Análisis	
Desecador	Fermentación	
Cajas de Petri	Cultivo	
Asa	Cultivo	
Mechero de bunsen	Cultivo	
Pipetas graduadas	Fermentación	
Equipos	Zona	Tipo de interacción
Agitadores orbitales	Cultivo	Animado interactuable
Autoclave	Esterilización	
Biorreactor	Fermentación	
pH-metro	Fermentación	
Viscosímetro	Análisis	
Reloj	Fermentación	
Agitador	Fermentación	Animado no interactuable
Termocupla	Fermentación	
Manómetro	Fermentación	
Incubadora sobre ambiente	Cultivo	Estático no interactuable
Ultra-congelador	Esterilización	
Baño maría con agitador	Esterilización	
Cámara de extracción de gases	Esterilización	
Centrífugas	Esterilización	
Microscopio óptico	Análisis	
Espectroscopio	Análisis	

2.8. PROGRESIÓN DEL USUARIO

El usuario progresará a medida que avanza por las etapas, consiguiendo nuevas competencias. De esta forma el usuario no solo se verá condecorado con un logro por completar cada una de las etapas, sino por el hecho de estar más cerca de cumplir su objetivo.

2.9. AYUDAS

En distintos momentos de la experiencia el usuario se encontrará con diferentes ayudas e instrucciones que le facilitará terminar el proceso correctamente.

Estas ayudas se le presentarán al usuario de manera visual, resaltando con un parpadeo de brillo en el componente con el que debe interactuar el usuario.

2.10. RETROALIMENTACIÓN

El usuario recibirá una notificación de un logro cada vez que finalice una etapa, este desarrollo hace uso de la técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de un juego al ámbito educativo, esta retroalimentación se visualizará en la parte central de la vista del usuario.

2.11. ETAPAS

En cada etapa el usuario deberá cumplir un objetivo mientras es guiado por las diferentes instrucciones paso a paso que le brinda la interfaz. Cada etapa del proceso esta constituida por uno o más momentos. Fuente especificada no válida.

2.11.1. ETAPA DE ESTERILIZACIÓN

En esta etapa el usuario deberá esterilizar el biorreactor para posteriormente realizar la calibración. Esta etapa consta de los siguientes momentos:

- Calibrar la presión del vapor del autoclave.
- Calibrar el tiempo de la esterilización.
- Calibrar la temperatura de la esterilización.
- Introducir el biorreactor en el autoclave.

- Iniciar la esterilización.
- Extraer el biorreactor en el autoclave.

2.11.2. ETAPA DE CALIBRACIÓN

En esta etapa el usuario deberá preparar y calibrar los parámetros del biorreactor para posteriormente realizar el proceso de fermentación. Esta etapa consta de los siguientes momentos:

- Calibrar la presión del biorreactor.
- Calibrar la temperatura del biorreactor.
- Calibrar la velocidad del motor del biorreactor.
- Calibrar el pH del biorreactor.
- Calibrar la concentración de oxígeno del biorreactor.

2.11.3. ETAPA DE PRE-FERMENTACIÓN

En esta etapa el usuario deberá agregar las sustancias necesarias al biorreactor para realizar la fermentación de ácido láctico. Esta etapa consta de los siguientes momentos:

- Agregar el extracto de mora en el biorreactor.
- Agregar el microorganismo en el biorreactor.
- Agregar los nutrientes en el biorreactor.

2.11.4. ETAPA DE FERMENTACIÓN Y ANÁLISIS

En esta etapa el usuario deberá esterilizar el biorreactor para posteriormente realizar la calibración. Esta etapa consta de los siguientes momentos:

- Iniciar el proceso de fermentación.
- Extraer muestras periódicamente.
- Analizar muestras periódicamente.
- Finalizar el proceso de la fermentación.

2.12. DIFICULTAD

La dificultad de *Bioprocesses Virtual Lab* viene dada por la cantidad de momentos que conforman una etapa, a los cuales el usuario debe atender.

Ilustración 6. Intensidad de la experiencia

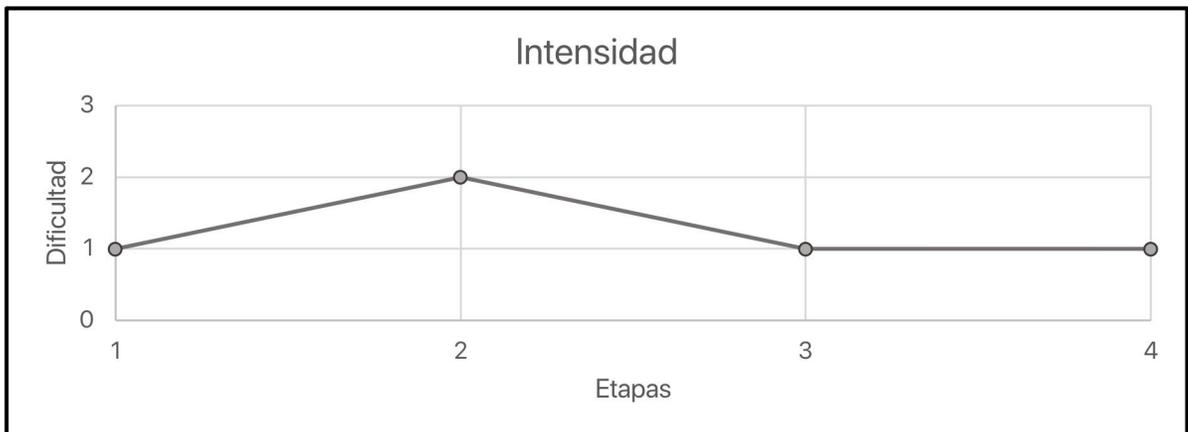


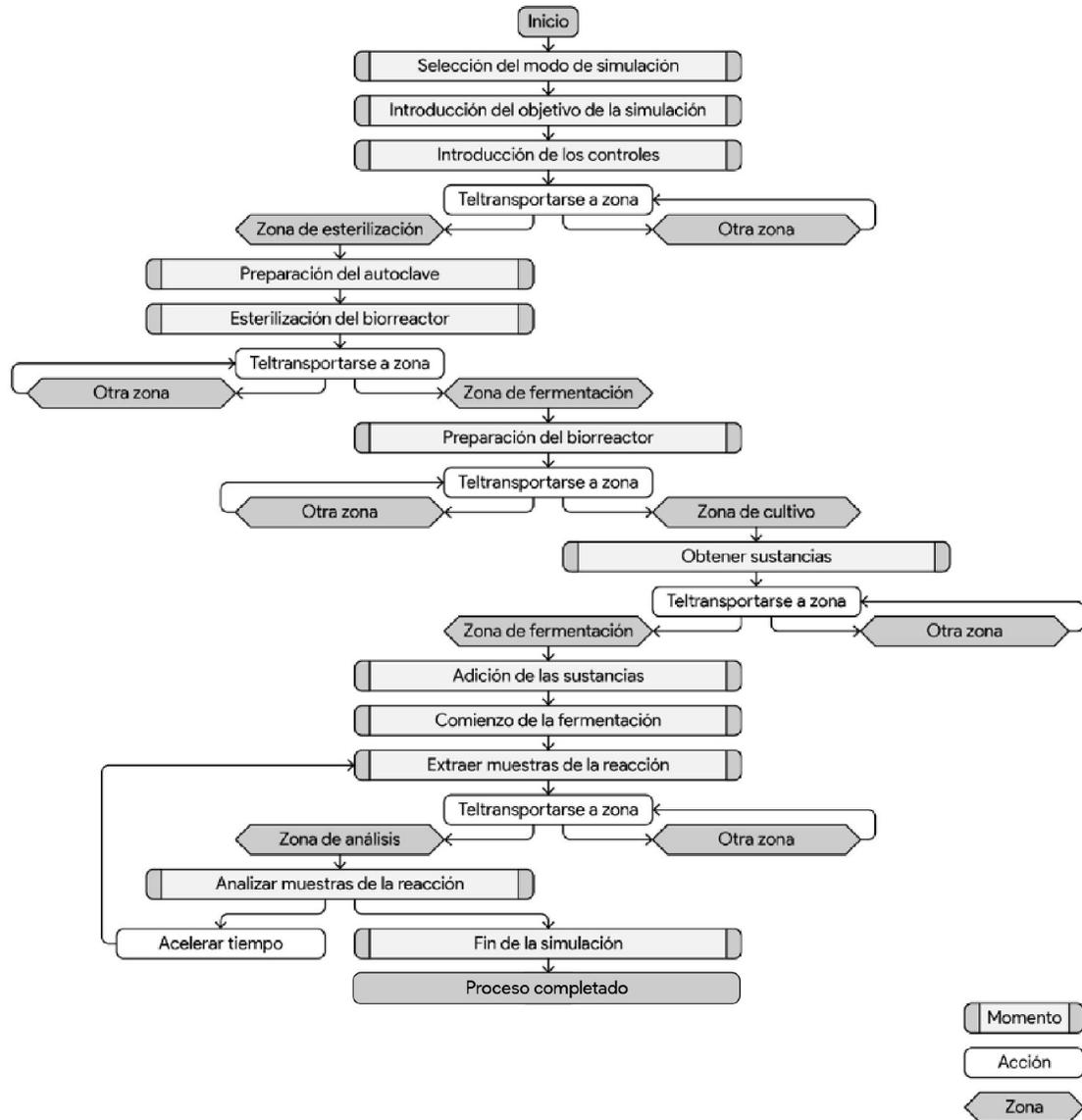
Tabla 2. Dificultad de las etapas

Etapas	Dificultad
Esterilización	Moderado
Calibración	Alto
Pre-fermentación	Moderado
Fermentación y análisis	Moderado

2.13. FLUJO DE LA SIMULACIÓN

A lo largo de esta sección se detallará el transcurso de la simulación. los pasos que ha de seguir el usuario desde el inicio de la experiencia hasta completar un proceso completo.

Ilustración 7. Flujo de la simulación



Nota: cada vez que el usuario se teletransporte a una zona equivocada, la simulación le brindará ayudas para llegar a la zona correcta.

A continuación se explicarán clara y ordenadamente el flujo de la simulación:

2.13.1. SELECCIÓN DEL MODO DE LA SIMULACIÓN

En esta parte, el usuario deberá seleccionar en el menú principal el modo de la simulación que desea hacer, ya sea una simulación del proceso completo o solo una etapa del proceso.

2.13.2. INTRODUCCIÓN DEL OBJETIVO DE LA SIMULACIÓN

Una vez seleccionado el modo que se llevará a cabo, en esta parte se le contextualizará al usuario sobre el objetivo de la simulación, las zonas del laboratorio y el proceso que debe completar. Adicionalmente se le informará sobre los procesos previos a la fermentación de ácido láctico.

2.13.3. INTRODUCCIÓN DE LOS CONTROLES

En esta parte, se familiarizará con los controles de interacción de la simulación por medio de instrucciones audiovisuales, esta sección consta de los siguientes sub-partes:

INTERACCIÓN CON EQUIPOS

En esta parte, se le explicará al usuario el gesto que debe hacer en el *HTC VIVE Controller* para interactuar con los equipos.

INTERACCIÓN CON HERRAMIENTAS

En esta parte, se le explicará al usuario el gesto que debe hacer en el *HTC VIVE Controller* para interactuar con las herramientas.

TELETRANSPORTACIÓN

En esta parte, se le explicará al usuario el gesto que debe hacer en el *HTC VIVE Controller* para teletransportarse entre las zonas del laboratorio.

2.13.4. PREPARACIÓN DEL AUTOCLAVE

En esta parte, el usuario deberá ir a la zona de esterilización para preparar y calibrar los parámetros del autoclave para posteriormente introducir el biorreactor.

2.13.5. ESTERILIZACIÓN DEL BIORREACTOR

En esta parte, el usuario deberá introducir el biorreactor en el autoclave y esterilizarlo, para posteriormente ubicarlo en la zona de fermentación.

2.13.6. PREPARACIÓN DEL BIORREACTOR

En esta parte, el usuario deberá ir a la zona de fermentación para instalar el biorreactor en la zona de fermentación y luego deberá calibrar los parámetros de presión, temperatura, velocidad del motor, pH y concentración de oxígeno.

2.13.7. ADICIÓN DE LAS SUSTANCIAS

En esta parte, el usuario deberá ir a la zona de cultivo para tomar el extracto de mora, el microorganismo y los nutrientes necesarios para agregarlos al biorreactor en la zona de fermentación, para posteriormente realizar el proceso de fermentación de ácido láctico.

2.13.8. COMIENZO DE LA FERMENTACIÓN

En esta parte, el usuario iniciará la reacción en el biorreactor.

2.13.9. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

En esta parte, el usuario deberá acelerar la velocidad del tiempo en el reloj y extraer las muestras periódicamente para analizarlas en la zona de análisis. Posteriormente decidirá en base a esta información el momento en el que debe terminar la reacción y completar el proceso de fermentación.

2.13.10. FIN DE LA SIMULACIÓN

Una vez finalizada la simulación, se le presentará al usuario un resumen de sus resultados en el que se podrá visualizar la valorización de su desempeño y una gráfica donde se representará el comportamiento de la reacción en el tiempo.

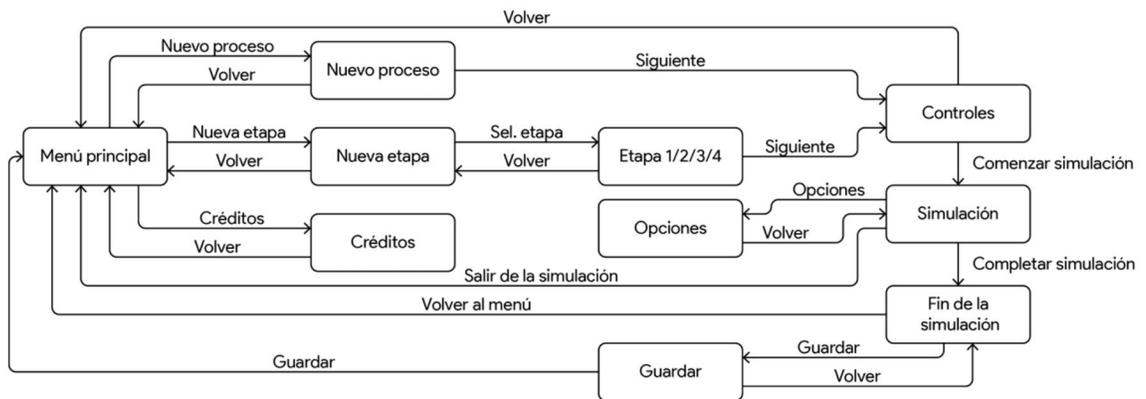
3. INTERFAZ

En esta sección se especificará con detalle cada una de las interfaces que componen la simulación. Además, se indicarán las transiciones entre ellas y su utilidad en los elementos GUI (Graphical User Interface).

3.1. DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama ilustra las interfaces que presenta la simulación a lo largo de el proceso y las transiciones entre ellas.

Ilustración 8. Diagrama de flujo

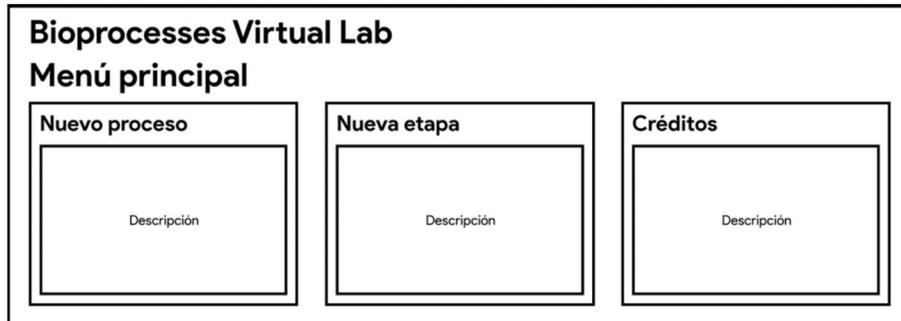


3.2. PANTALLAS

En esta sección se brindará un boceto de cada una de las pantallas y se indicará la interacción de cada botón.

3.2.1. MENÚ PRINCIPAL

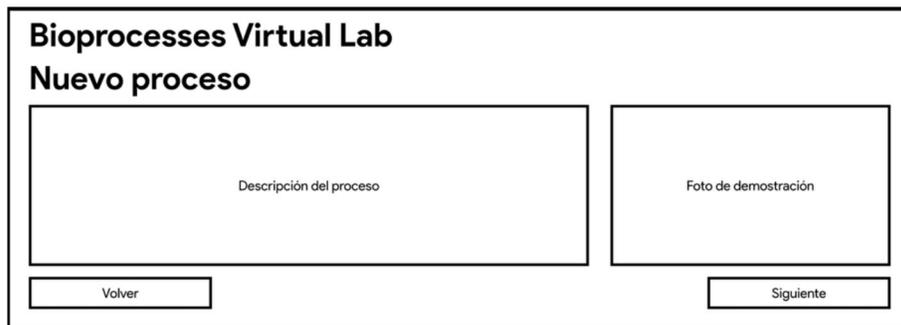
Ilustración 9. Menú principal



- **Botón – Nuevo proceso:** al pulsarlo lleva a la pantalla *Nuevo proceso*.
- **Botón – Nueva etapa:** al pulsarlo lleva a la pantalla *Nueva etapa*.
- **Botón – Créditos:** al pulsarlo lleva a la pantalla *Créditos*.

3.2.2. NUEVO PROCESO

Ilustración 10. Nuevo proceso



Botón – Siguiente: al pulsarlo lleva a la pantalla *Controles*.

Botón – Volver: al pulsarlo lleva a la pantalla *Menú principal*.

3.2.3. NUEVA ETAPA

Ilustración 11. Nueva etapa

Bioprocesses Virtual Lab
Nueva etapa

Etapa 1
Descripción

Etapa 2
Descripción

Etapa 3
Descripción

Etapa 4
Descripción

Volver

Botón – Etapa 1/2/3/4: al pulsarlo lleva a las respectivas pantallas *Etapa 1/2/3/4*.

Botón – Volver: al pulsarlo lleva a la pantalla *Menú principal*.

3.2.4. CRÉDITOS

Ilustración 12. Créditos

Bioprocesses Virtual Lab
Créditos

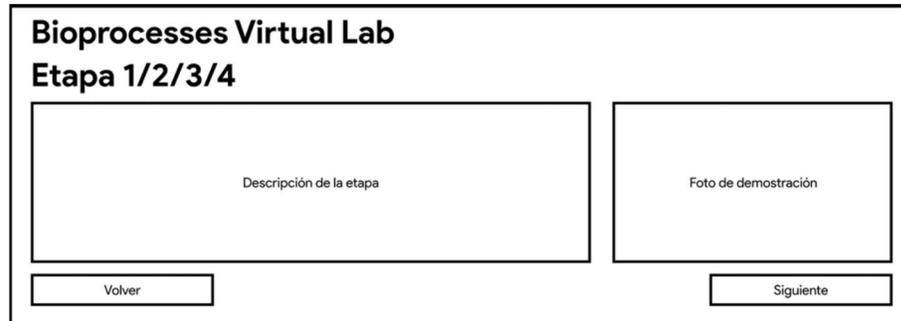
Diseño	Persona A
Programación	Persona B
Arte 3D	Persona C
Arte 2D	Persona D
Sonido	Persona E

Volver

Botón – Volver: al pulsarlo lleva a la pantalla *Menú principal*.

3.2.5. ETAPA 1/2/3/4

Ilustración 13. Etapa 1/2/3/4

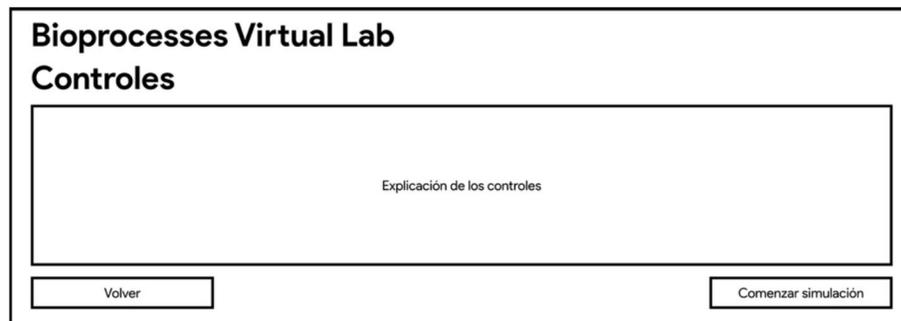


Botón – Siguiente: al pulsarlo lleva a la pantalla *Controles*.

Botón – Volver: al pulsarlo lleva a la pantalla *Nueva etapa*.

3.2.6. CONTROLES

Ilustración 14. Controles

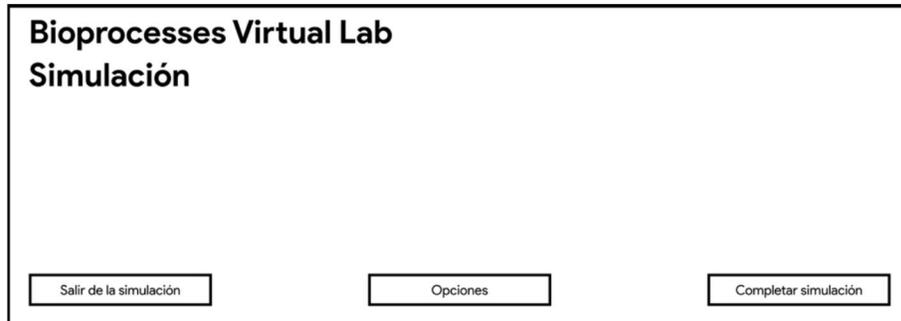


Botón – Comenzar simulación: al pulsarlo lleva a la pantalla *Simulación*.

Botón – Volver: al pulsarlo lleva a la pantalla *Nueva etapa*.

3.2.7. SIMULACIÓN

Ilustración 15. Simulación



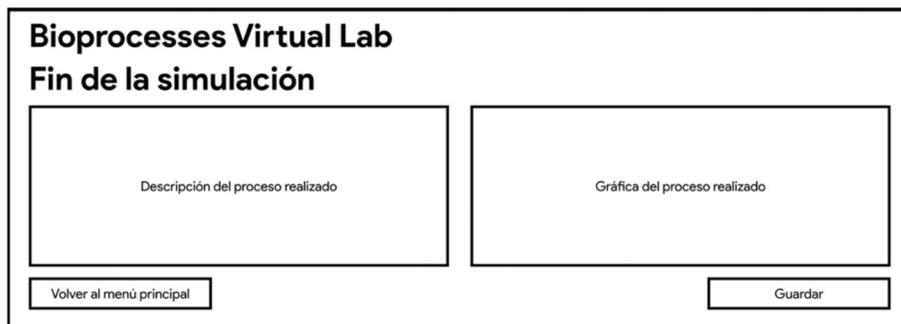
Botón – Completar simulación: al pulsarlo lleva a la pantalla *Fin de la simulación*.

Botón – Opciones: al pulsarlo lleva a la pantalla *Opciones*.

Botón – Salir de la simulación: al pulsarlo lleva a la pantalla *Menú principal*.

3.2.8. FIN DE LA SIMULACIÓN

Ilustración 16. Fin de la simulación



Botón – Volver al menú principal: al pulsarlo lleva a la pantalla *Menú principal*.

Botón – Guardar: al pulsarlo lleva a la pantalla *Guardar*.

3.2.9. OPCIONES

Ilustración 17. Opciones

The screenshot shows a window titled "Bioprocesses Virtual Lab" with a sub-header "Opciones". It contains three unchecked checkboxes: "Ayudas", "Etiquetas", and "Sonido". A "Volver" button is located at the bottom left of the window.

Botón – Volver: al pulsarlo lleva a la pantalla *Simulación*.

3.2.10. GUARDAR

Ilustración 18. Guardar

The screenshot shows a window titled "Bioprocesses Virtual Lab" with a sub-header "Guardar". It features an "ID:" label above a text input field. At the bottom, there are two buttons: "Volver" on the left and "Guardar" on the right.

Botón – Volver: al pulsarlo lleva a la pantalla *Fin de la simulación*.

Botón – Guardar: al pulsarlo lleva a la pantalla *Menú principal*.

4. ARTE 2D

Bioprocesses Virtual Lab debe tener un carácter serio a la vez que educativo y lúdico. Los colores deben ser sobrios, los modelos muy apegados a la realidad y el sonido acorde con el tono de la simulación.

4.1. ESTILO DE LA INTERFAZ

Para generar una conexión entre el ambiente del laboratorio y el estilo visual de la interfaz, se optará por usar colores fríos y de alto contraste, además de una tipografía legible y seria.

4.1.1. COLORES

Se usarán colores fríos para ser consecuentes con los colores que existen en un laboratorio real. [2]

BLANCO

Este color será utilizado para los subtítulos, descripciones y el contorno de los botones de la interfaz.



RGB: 255, 255, 255

HEX: #FFFFFF

Opacity: 100%

AZUL

Este color será utilizado para los títulos e instrucciones presentadas en la interfaz.



RGB: 31, 180, 260

HEX: #1FB4CE

Opacity: 100%

GRIS

Este color será utilizado para el fondo de la interfaz.



RGB: 23, 26, 33

HEX: #171A21

Opacity: 60%

4.1.2. TIPOGRAFÍA

Se usará la fuente Product Sans para ser que la interfaz sea fácilmente legible y se mantenga un estilo serio.

Título: Product Sans, Regular, 60pt, #1FB4CE.

Título

Subtítulo: Product Sans, Regular, 60pt, #FFFFFF.

Subtítulo

Texto: Product Sans Light, Regular, 40pt, #FFFFFF.

Textos

4.1.3. DISEÑO

Se usará la fuente Product Sans para ser que la interfaz sea fácilmente legible y se mantenga un estilo serio.

Ilustración 19. Diseño de la interfaz



5. DESARROLLO

En esta sección se especificará con detalle cada una de las herramientas y metodologías que deben llevarse a cabo para desarrollar la simulación. Además, se indicarán los tipos de archivos y formatos necesarios para el desarrollo de la experiencia.

5.1. PREPRODUCCIÓN

En esta fase se define la simulación, la concepción general con sus aspectos más relevantes y los términos en los que se llevará a cabo su materialización.

Durante la etapa de preproducción se le asigna el proyecto a un pequeño equipo, con la finalidad de verificar la factibilidad de la idea.

5.1.1. EQUIPO DE TRABAJO

Este equipo trabajará para crear una etapa o ambiente de la simulación, acercándose lo más que se pueda al producto final. La preproducción es una de las partes más críticas del proceso ya que determinará la viabilidad de la experiencia.

Tabla 3. Equipo de trabajo

Equipo de trabajo	
Cargo	Función
Director de desarrollo	Dirección general del proyecto
Desarrollador 1	Programación de la interfaz
Desarrollador 2	Programación de la interacción
Director de diseño	Dirección de diseño
Diseñador	Diseño de la interfaz
Director 3D	Dirección del modelado 3D
Modelador 3D	Modelado y animación de equipos
Modelador 3D	Modelado del escenario

5.1.2. CRONOGRAMA

En condiciones ideales, el tiempo estimado de desarrollo es de 4 meses.

Tabla 4. Cronograma de actividades

Actividades					
No.	Descripción	Cronograma			
		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
1	Ideación	X			
2	Diseño		X	X	
3	Desarrollo		X	X	
4	Optimización				X
5	Cierre				X

5.1.3. PRESUPUESTO

En esta sección se detallará los costos y presupuestos para el desarrollo de la simulación.

Tabla 5. Presupuesto

Presupuesto			
Hardware	Cantidad	Valor unidad	Valor total
Computador Core i7	1	\$5.000.000	\$5.000.000
HTC VIVE	1	\$3.000.000	\$3.000.000
Software	Cantidad	Valor unidad	Valor total
Unity 3D	1	Gratis	Gratis
Librerías	1	\$500.000	\$500.000
Personal	Costo mensual	Meses de trabajo	Valor total
Director de desarrollo	\$2.000.000	4	\$8.000.000
Desarrollador 1	\$2.000.000	2	\$4.000.000
Desarrollador 2	\$2.000.000	2	\$4.000.000
Director de diseño	\$2.000.000	1	\$2.000.000
Diseñador	\$2.000.000	1	\$2.000.000
Director 3D	\$2.000.000	1	\$2.000.000
Modelador 3D	\$2.000.000	1	\$2.000.000
Modelador 3D	\$2.000.000	1	\$2.000.000
Valor final			\$34.500.000

5.2. PRODUCCIÓN

El desarrollo de la simulación requiere de un entorno de desarrollo o motor de juego, sin embargo antes de empezar a programar se deben preparar los archivos y componentes necesarios de la simulación.

5.2.1. MOTOR DE JUEGO

El entorno de desarrollo elegido para crear la simulación es el motor de juego Unity 3D debido a su facilidad al momento de desarrollar juegos 3D y toda la documentación que posee.

Las ventajas de este entorno es la cantidad de librerías que posee y la tienda de assets, que agiliza el tiempo de desarrollo en cualquier aplicación. [3]

Debido a todos estos aspectos de Unity 3D se justifica la decisión de seleccionarlo.

5.2.2. SOFTWARE 3D

El software elegido para crear los modelos 3D de la simulación es el programa Blender, esto debido a que es un programa gratuito compatible con Unity.

Dichos modelos 3D deben ser formato FBX, debido a que este es el es un formato de creación e intercambio de información en 3D, que proporciona acceso al contenido 3D de la mayoría de los proveedores de 3D. El formato de archivo FBX admite los principales elementos de datos 3D, así como elementos 2D, de audio y de medios de vídeo. [4]

5.2.3. SOFTWARE 2D

El software elegido para diseñar las interfaces es InVision Studio, debido a que es un programa gratuito que permite prototipar las distintas interacciones de la interfaz.

5.2.4. AUDIO

El formato de audio elegido para importar en Unity es el .OGG. debido a que es un formato libre y abierto, que no está restringido por patentes de software a además de ser diseñado para proporcionar una difusión de flujo eficiente y manipulación de multimedios digitales de alta calidad.

5.3. POSTPRODUCCIÓN

Al finalizar el desarrollo se deben hacer pruebas de usuario para validar si se cumplen los objetivos planteados por la simulación, este proceso permitirá corregir y optimizar la experiencia.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] VIVE, «HTC VIVE,» 1 abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.vive.com/mx/>. [Último acceso: febrero 2020].
- [2] M. Garcia, «Tesis doctoral - El color como recurso expresivo,» 2016. [En línea]. Available: <https://eprints.ucm.es/38067/1/T37356.pdf>.
- [3] M. Gutiérrez, «Juegos móviles y Unity 3D: entrevistamos a un desarrollador sobre este motor gráfico,» 2018. [En línea]. Available: <https://elandroidelibre.lespanol.com/2018/07/unity-3d-motor-grafico-desarrollador-juegos.html>.
- [4] F. Matarrubia, «Herramientas Exportación/Importación de modelos 3D,» 2010. [En línea]. Available: https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/22719/1/Memoria_PFC_vFinal_Fernando_Matarrubia.pdf.