



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS BÁSICAS Y
APLICADAS

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

**Laboratorio con Realidad Virtual Orientado a la
Sustentabilidad Energética.**

TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRÍA EN SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA

PRESENTA:

ING. ADRIAN MARTÍNEZ GONZÁLEZ

DIRECTOR: DR. JOSÉ ANTONIO MARBÁN SALGADO

SINODALES: DR. J JESÚS ESCOBEDO ALATORRE

DR. MIGUEL ÁNGEL BASURTO PENSADO

DR. DIEGO SEURET JIMÉNEZ

DR. JORGE ARTURO SANDOVAL ESPINO

CUERNAVACA, MORELOS

ENERO DEL AÑO 2025



Instituto de
Investigación en
Ciencias
Básicas y
Aplicadas

RESUMEN

En este trabajo se propone el uso de la tecnología de la realidad virtual como estrategia de ahorro de recursos físicos y monetarios en actividades de capacitación, mediante el desarrollo de un laboratorio virtual orientado al estudio de procesos sustentables. Además, se presenta un método para el aprendizaje efectivo que permite ingresar al usuario a un escenario donde puede realizar acciones de una manera inmersiva de las tareas de mantenimiento u operación en paneles solares. El programa ofrece un entorno de simulación que facilita la creación de las tareas y digitalización de procesos sustentables que permiten al usuario interactuar e inspeccionar los componentes, mediante el uso de herramientas y equipos necesarios para detectar defectos y solventar fallas. Adicionalmente, el modelo basado en la realidad virtual satisface la necesidad de la reducción de costos y errores humanos en el procedimiento y ejecución de tareas típicas con paneles solares.

Palabras Clave: Sustentabilidad, Industria 4.0, entrenamiento virtual, Realidad Virtual, Laboratorio

ABSTRACT

This paper proposes the use of virtual reality technology as a strategy for saving physical and monetary resources in training activities. Through the development of a virtual laboratory oriented to the study of sustainable processes, we also have a method for effective learning that allows entering a scenario where the user performs actions in an immersive way of maintenance or operation tasks. The program offers the simulation environment of the room for the creation of tasks and digitalization of sustainable processes that allow interacting and inspecting components, through the use of tools and equipment necessary to detect defects and solve failures. In addition to the above, the proposal model with virtual reality satisfies the need to reduce costs and human errors in the procedure and execution.

Keywords: Sustainability, Industry 4.0, virtual training, Virtual Reality, Laboratory

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Alina González Pacheco y Julio Martínez Valdés por estar siempre para mi apoyándome y amándome incondicionalmente, y por enseñarme los grandes valores y lecciones que no se aprenden estudiando.

A mi hermano Alexander Martínez González por su amor incondicional y por inspirarme siempre y trazarme con su ejemplo los mejores caminos a seguir.

A mi novia Flabia Rivero Barrueta por acompañarme en las victorias y en las derrotas por igual en esta aventura que le dicen vida.

A mi director de tesis y amigo Dr. José Antonio Marbán Salgado por apoyarme con mucha paciencia y entusiasmo para llevar a buen término este proyecto.

A mi compañero de laboratorio y amigo el Dr. Jorge Arturo Sandoval por apoyarme siempre tanto con nuevas ideas como con asistencia técnica en los momentos más necesarios.

A todos los que de una forma u otra me han apoyado y tienen su nombre escrito en mi corazón.

DEDICATORIAS

A mis padres Alina González Pacheco y Julio Martínez Valdés por orientarme siempre a seguir superándome y porque cada logro obtenido no hubiera sido posible sin su apoyo incondicional.

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
AGRADECIMIENTOS	4
DEDICATORIAS	5
ÍNDICE	6
LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES	10
PROBLEMA	16
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	16
HIPÓTESIS	16
OBJETIVO GENERAL	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	18
2.1 Realidad Virtual: concepto y evolución.	18
2.2 Aplicaciones de la Realidad Virtual	19
2.3 Fundamentos de la Sustentabilidad Energética	21
2.3.1. Conceptos clave.....	21
2.3.2. Principios de eficiencia energética y su importancia en la reducción del consumo de recursos.	22
2.3.3. Tipos de energía renovables.....	23
2.3.4. Retos y oportunidades.....	24
2.4 Intersección entre Realidad Virtual y Sustentabilidad Energética	25
2.5 Consideraciones Éticas	28
CAPÍTULO 3 DESARROLLO TEÓRICO EXPERIMENTAL	30
3.1 Metodología Teórico/Experimental	31
3.2 Equipo, material y herramientas computacionales usadas	31
3.2.1. Hardware utilizado.....	32
3.2.2. Software utilizado.....	34
3.3 Diseño del Laboratorio de Realidad Virtual para Sustentabilidad Energética	39
CAPÍTULO 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1 Introducción a los Resultados	45
4.1.1. Mapa de procesos del laboratorio.....	45

4.1.2. Aspectos clave de las clases más importantes empleadas en el proyecto.....	45
Clase BladeRotation	45
Clase ConectarPlugs_Male_Female	47
Clase Multimetrol_Conexiones.....	50
Clase MotorCablePos	51
Clase MotorControl.....	53
Clase MultimeterDisplay	55
4.3 Resultados de la Implementación del Laboratorio de Realidad Virtual.....	57
Paneles solares.....	58
Cables	58
Panel de control	61
Motor DC.....	61
Interruptores.....	62
Hub para conexiones en paralelo	62
Vista general del laboratorio virtual	63
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1 Recomendaciones para futuras investigaciones	65
5.2 Conclusiones.....	65
REFERENCIAS	68
APÉNDICES	72
ANEXOS.....	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Características de las Oculus Quest 2.	33
Tabla 2 Lógica de programación empleada por objeto.	43
Tabla 3 Clase BladeRotation.....	46
Tabla 4 Clase ConectarPlugs_Male_Female.	48
Tabla 5 Clase Multmetro_Conexiones.....	50
Tabla 6 Clase MotorCablePos.	52
Tabla 7 Clase MotorControl.	54
Tabla 8 Clase MultimeterDisplay.	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama conceptual del laboratorio desarrollado.	30
Figura 2 Oculus Quest 2.	33
Figura 3 Laptop Dell.	34
Figura 4 Características de Unity.	35
Figura 5 Algunos modelos disponibles en TurboSquid.	36
Figura 6 Textura obtenida de ArtStation.....	37
Figura 7 Entorno de Feesound.....	38
Figura 8 Entorno Unity Assets.....	38
Figura 9 Entorno de Unity. Configuración.	39
Figura 10 Definición del espacio geométrico de la escena.	40
Figura 11 Escena con modelo prefabricado.....	40
Figura 12 Escena con texturas deseadas.	41
Figura 13 Configuración de los controles de entrada.	41
Figura 14 Diagrama de flujo para la creación de la escena.	42
Figura 15 Mapa de procesos del laboratorio	45
Figura 16 Paneles solares.....	58
Figura 17 Cables.....	59
Figura 18 Cables hembra-macho desconectados.	60
Figura 19 Cables hembra-macho conectados.....	60
Figura 20 Panel de control.	61
Figura 21 Motor DC.....	61
Figura 22 Multímetro	61
Figura 23 Interruptor apagado.....	62
Figura 24 Interruptor encendido.	62
Figura 25 Hub para conexiones en paralelo.....	62
Figura 26 Paneles conectados en serie y en paralelo.....	63
Figura 27 Vista panorámica del laboratorio.....	63

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES

La temperatura media global de la superficie terrestre ha aumentado casi 1 grado desde mitades del siglo pasado a causa del exceso de gases de efecto invernadero. Y la tendencia se mantiene al alza. Los informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) son contundentes: concluye que el cambio climático es irreversible y los humanos somos responsables. De hecho, sus estudios apuntan a que nada puede ya impedir el aumento de 1,5 grados de la temperatura media global, un objetivo que la comunidad científica insistía en que no se debía superar.

De no revertirse de manera drástica la situación, de cara al año 2050 podríamos vivir en un planeta mucho menos habitable. Con unas temperaturas que, de media, hayan subido más allá de los 2 grados, podríamos vivir veranos en los que se alcancen los 60 grados en determinadas zonas del planeta. Un aumento de la temperatura que no se produce de manera homogénea en todo el mundo: según los científicos, el calentamiento más intenso se está produciendo en el Ártico durante las estaciones frías y en las regiones de latitudes medias de la Tierra durante la estación cálida.

Existe un gran número de fenómenos directamente asociados al cambio climático, y algunos de ellos ya los estamos padeciendo. Aumento de las sequías, desastres naturales como huracanes, tormentas o ciclones más intensos, desaparición de miles de especies. Toda una serie de fenómenos adversos que podrían duplicarse en las próximas dos décadas afectando a los recursos hídricos, la producción de alimentos y, por ende, la salud humana.

Por tanto, requerimos de soluciones inmediatas que logren disminuir estos impactos y que a su vez permitan:

- Reducir el uso de las energías fósiles.
- Generar más energía de forma limpia y renovable.
- Utilizar con mayor eficacia los recursos de que disponemos actualmente.
- Crear más conciencia del problema en las generaciones actuales y venideras.

Una tecnología que figura en la actualidad y que cumple con los puntos anteriores promete ser la Realidad Virtual (RV). A continuación, se presentan varios artículos

que respaldan esta afirmación de la importancia y presencia de esta tecnología como solución innovadora de concientización y estudio.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, es válido comentar que actualmente, el Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAp) es una está equipado con un laboratorio de Energías Sustentables que dispone de varios paneles de distintas capacidades y marcas, destinados al uso general del estudio de estas tecnologías. Esta configuración genera desafíos en el proceso de enseñanza práctica, ya que la demanda de acceso a estos recursos conlleva a aglomeraciones en las instalaciones, limitaciones temporales y la imposibilidad de realizar múltiples réplicas. En ocasiones, algunas prácticas no se completan plenamente debido a la cantidad de estudiantes en relación con la disponibilidad de equipos de medición y paneles solares. Esta situación no solo afecta aspectos específicos de manipulación, sino que también dificulta la profundización del conocimiento en la materia. Como resultado, se reduce la cantidad de prácticas para los estudiantes, lo que puede limitar el desarrollo de habilidades y destrezas en el uso de paneles solares. Adicional a lo anterior, tenemos que estos paneles son materiales costosos y al mismo tiempo muy delicados, lo cual representa un gasto considerable cuando se ven afectados por el mal manejo de parte de un estudiante. Esta problemática de la disponibilidad de recursos físicos de enseñanza se ha detectado en otras instituciones en el proceso del estudio del estado del arte, como se comenta en el siguiente extracto de un artículo sobre instituciones pedagógicas:

“Parte de esta problemática se atribuye a la carencia de simuladores y estrategias tecno-pedagógicas, dado que algunos docentes se ven limitados por la falta de horas síncronas para brindar un acompañamiento más completo. Sin embargo, es posible mitigar este impacto mediante el desarrollo e implementación de entornos 3D de inmersión digital, que reproduzcan la experiencia de laboratorio en campos afines a la electrónica. Además, en el contexto actual, el laboratorio se ve afectado y/o restringido por la situación post-pandemia a nivel mundial. En este escenario, la tecnología se ha convertido en el principal medio de acceso y aprendizaje, lo que ha transformado la manera en que los usuarios interactúan con el mundo.”[1]

Tenemos el siguiente artículo comentado sobre la importancia del uso de las nuevas tecnologías en un período post-COVID, y también la necesidad de adaptarnos a estas

situaciones inesperadas: *“Esta transición repentina ha generado un desequilibrio entre docentes y estudiantes, dado que muchos docentes mantienen un estilo presencial y en algunos casos tradicional, lo que requiere una actualización más efectiva de sus conocimientos para adaptarse a un entorno remoto, donde el uso de la tecnología juega un papel crucial y, en muchos casos, desconocido.”* [2]

Estas alternativas surgen para garantizar la continuidad de los programas académicos. En este contexto, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) son elementos esenciales para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje en línea, apoyados por recursos como el Internet y la Realidad Virtual.

La labor docente adquiere una importancia crucial al adaptar y aplicar ajustes a los contenidos, metodologías y mecanismos de evaluación, teniendo en cuenta tanto aspectos pedagógicos como tecnológicos.

Gracias a diversas plataformas y herramientas digitales, se ha logrado mantener la continuidad de los cursos, incluso desarrollando contenidos curriculares prácticos mediante el uso de simuladores, laboratorios virtuales, realidad virtual y aumentada, ante la falta de acceso a laboratorios físicos. [3]

Podemos constatar que estamos ante una temática de actualidad. En [4] se aplicó un método de revisión bibliométrica de la literatura específica del período 2016-2020, fundamentado en el análisis de indicadores predefinidos y complementado con una síntesis cualitativa del contenido. Los resultados muestran un notable interés en la comunidad científica por explorar el potencial de la realidad virtual en el ámbito educativo. La producción científica en esta área evidencia un crecimiento constante, destacándose el año 2020 en términos de volumen de publicaciones.

Las instituciones con mayor producción y los autores más citados provienen principalmente de países del norte de Europa, donde se evidencia un considerable interés en el uso educativo de la realidad virtual. Además, en los últimos años, se ha registrado un incremento significativo en la investigación por parte de instituciones en China y Canadá.

Otros autores como [5] nos advierten que la Realidad Virtual como herramienta educativa no es siempre la más adecuada y que debemos evaluar constantemente su correcto uso. Esto es argumentado sin dejar de reconocer a esta tecnología como un recurso muy potente para asegurar la calidad del proceso educativo.

Se ha empleado con éxito la tecnología de Realidad Virtual para recrear prácticas de laboratorio en universidades, como demuestra el trabajo de [6], donde se realizó una práctica de laboratorio en Biología y se demuestra la eficacia del método en el impacto y la motivación de los alumnos.

Tenemos además los aportes de [7], quien proporciona a aquellos interesados en el desarrollo de la realidad virtual una formación teórica exhaustiva acerca de todos los aspectos relacionados con esta tecnología, así como las consideraciones clave a tener en cuenta al desarrollar para este formato específico. Esta capacitación se lleva a cabo mediante el estudio de textos especializados, ejemplos prácticos y la interacción directa con el entorno de la realidad virtual.

En [8] se examina cómo la realidad virtual (RV) enriquece la experiencia educativa, mediante el análisis de artículos relevantes publicados en los últimos seis años. Se ha observado que la realidad virtual fomenta la creatividad al impulsar la motivación y el interés por la misma, estimula el pensamiento crítico, mejora el rendimiento académico y facilita las tareas educativas. Estos estudios resaltan el potencial de la realidad virtual como una herramienta educativa efectiva. [9], [10], [11], [12], [13]

A continuación, podemos constatar otros usos importantes de estas tecnologías de Realidad Virtual con fines de apoyar a los desarrollos e investigaciones en materia de sustentabilidad energética:

En trabajos como el de [14], se desarrolla un método y prácticas de realidad virtual como una herramienta para la planificación urbana participativa, donde el análisis proporcionado de las teorías de investigación y las aplicaciones prácticas de la participación pública, a través de la simulación en el caso de la ciudad de Vilnius, muestra que la realidad virtual y el modelado espacial se integraron en las plataformas de juego. En las condiciones de generalización de las aplicaciones de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) podría ser desarrollado y utilizado como una herramienta innovadora, participativa y eficiente para facilitar una participación pública más amplia y efectiva y así aumentar la sostenibilidad social y ambiental del proceso de desarrollo urbano. La aplicación de este método para la planificación de espacios públicos conduce a un uso más eficiente de los recursos ambientales, reduciendo también la necesidad de energía primaria y usándola de forma más racional.

En [15] Ricardo Cervantes García y colaboradores describen el desarrollo de un entorno virtual de una instalación fotovoltaica de 200kWp en la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad de Colima. El usuario podrá interactuar con el sistema en un entorno inmerso, mostrando todo lo necesario para llevar a cabo un proyecto; las características del equipamiento son desplegadas mientras el usuario está interactuando, utilizando lentes de realidad virtual. En el desarrollo del mundo ficticio se utilizaron las herramientas de diseño Google Sketchup, SolidWorks y Blender. Los objetos creados en estas herramientas son exportados a Unity para darle una apariencia de ser reales. Este software es propuesto ante la falta de financiamiento y equipo para que los estudiantes puedan realizar prácticas de instalaciones fotovoltaicas a gran escala. La eficacia de la herramienta propuesta es evaluada por medio de una encuesta, los resultados ilustran que la realidad virtual es una alternativa de enseñanza altamente eficaz y potente.

Otros enfoques como el de Juan Miguel González López y colaboradores en [16] presentan la dificultad actual en la obtención de recursos económicos para adquirir equipos para la formación personal y el requisito de ingenieros bien capacitados en la industria mirando hacia la sostenibilidad, crean una oportunidad para innovar en herramientas didácticas por medio de un mundo virtual, integrando la planificación y el diseño de una planta de energía fotovoltaica (FV). El usuario puede interactuar mientras está inmerso en la escena virtual como si el sistema fotovoltaico ya estuviera instalado, ilustrando las características técnicas del equipo seleccionado y sus detalles de instalación, mientras que el usuario es capaz de interactuar con actividades didácticas enfocadas en el aprendizaje visual, auditivo y motriz. Este artículo resume una iniciativa dentro del contexto de enseñanza-aprendizaje, que pretende mostrar las ventajas de utilizar herramientas modernas, como la realidad virtual, para lograr los objetivos de enseñanza en un curso de energía renovable.

Christian Andrés Carbajal Martínez presenta la estructura de un modelo de propuesta de mantenimiento eólico para aerogeneradores tripala de eje horizontal [17]. El modelo de propuesta se relaciona con la Industria 4.0 en el uso de la tecnología de la realidad virtual que permite ingresar a un escenario donde el usuario realiza acciones de una manera inmersiva de las tareas de mantenimiento en los principales componentes del aerogenerador de eje horizontal, con el uso de un software de simulación denominado Simulwind. El programa ofrece el entorno de simulación de la sala de mantenimiento de un modelo de aerogenerador para la creación de las tareas

y digitalización de procesos que permiten interactuar e inspeccionar los componentes, mediante el uso de herramientas y equipos necesarios para detectar defectos y solventar fallas. De esta forma se interpretan resultados que posibilitan comparar indicadores entre el modelo de propuesta obtenidos en el entrenamiento virtual con las estrategias tradicionales de mantenimiento. Adicional a ello el modelo de propuesta con la realidad virtual satisface la necesidad formativa en la capacitación de nuevos profesionales ligados al mantenimiento de los componentes del aerogenerador en la representación del funcionamiento del proceso en tiempo real antes de ser ejecutado para prevenir averías y lograr otros indicadores como la reducción de costos y errores humanos en el procedimiento y ejecución.

Finalmente, sobre las definiciones sobre la realidad virtual en el estado del arte, algunos autores comentan lo siguiente:

La RV comprende la interfaz hombre-máquina (human-machine), que permite al usuario sumergirse en una simulación gráfica 3D generada por ordenador, y navegar e interactuar en ella en tiempo real, desde una perspectiva centrada en el usuario. La RV es una experiencia sintética mediante la cual se pretende que el usuario sustituya la realidad física por un entorno ficticio generado por ordenador. “La RV es lo más parecido que tenemos a la Máquina del Tiempo, en tanto que nos permite recrear virtualmente cualquier tipo de espacio en tres dimensiones y situarlo en cualquier época, incluso en el futuro, con un grado de realismo completamente creíble”, [18]

En una entrevista a la revista Mondo 2000, Jaron Lanier -quien acuñó el término de RV en la investigación que en su momento iniciara Ivan Sutherland-, dice:

“La idea en RV es “generar” realidad con otras personas. Estás haciendo sueños cooperativos todo el tiempo”

Otros comentarios de parte de artistas e investigadores de reconocido prestigio han opinado sobre ¿qué se busca al entrar en un mundo virtual? Ken Perlin (Director del Media Research Laboratory en New York University) comenta: “Cuando accedo a un espacio virtual lo más importante para mí es tener la sensación de estar accediendo a un mundo que me afectará emocionalmente y en el que me puedo sumergir. Y cuando es así, me maravillo, como si fuera un niño”.

De otro lado, Miro Kirov, escultor y artista 3D, de origen búlgaro, quien trabaja en NY, señala al respecto: “Lo primero que hago es mirar el suelo que piso. Si el mundo es una simulación, nuestro entorno virtual es nuestra realidad. Pensar que el mundo

es una expresión abstracta tridimensional flotando en el espacio es, simplemente, una opción más”.

La realidad virtual representa una tecnología educativa muy potente, con algunos años, pero con mucho por descubrir sobre qué tiene para ofrecer, aunque enfrenta limitaciones importantes relacionadas con los costos y la complejidad técnica para el cuerpo docente. No obstante, es eminente su potencial para incrementar de manera notable tanto la motivación como el aprendizaje significativo en el ámbito educativo.

PROBLEMA

Actualmente en México no se cuentan con muchas soluciones para capacitación con realidad virtual que aporten a la sustentabilidad por medio del ahorro de recursos físicos de laboratorio y permitan el entrenamiento o capacitación del usuario según la necesidad requerida.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo desarrollar un laboratorio con realidad virtual que permita interactuar de manera realistas con procesos de sustentabilidad energética?

JUSTIFICACIÓN

Durante las etapas de investigación y capacitación de los procesos energéticos sustentables se realizan numerosos gastos de combustibles, energía y recursos físicos.

Se espera obtener una herramienta que permita la simulación de procesos energéticos y con ello la reducción del consumo de energía y recursos físicos.

HIPÓTESIS

Si se crea un laboratorio de realidad virtual de procesos energéticos sustentables, se podrán reducir considerables costos en actividades de investigación y capacitación, y además los usuarios tendrán una experiencia de valor cercana a la realidad que los

ayudará a generar un entendimiento y concientización mayores que los métodos tradicionales.

OBJETIVO GENERAL

Crear un laboratorio virtual con tecnología inmersiva para la simulación de procesos energéticos sustentables.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar y desarrollar un laboratorio virtual utilizando tecnologías inmersivas para la simulación de procesos energéticos sustentables, incluyendo prácticas específicas como la conexión y medición en paneles solares.
2. Implementar metodologías que permitan simular de manera realista los componentes clave de la sustentabilidad energética, considerando las interacciones prácticas y las limitaciones técnicas del hardware y software disponibles.
3. Evaluar la efectividad del laboratorio virtual en términos de aprendizaje y sensibilización hacia la sustentabilidad energética mediante pruebas y validaciones con usuarios finales.
4. Identificar mejoras potenciales para la integración de herramientas tecnológicas avanzadas como realidad aumentada o mixta para enriquecer la experiencia educativa y ampliar el impacto del proyecto.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1 Realidad Virtual: concepto y evolución.

La realidad virtual ha experimentado una evolución significativa desde sus inicios en la década de 1960, cuando se desarrollaron los primeros simuladores y sistemas rudimentarios. Posteriormente, los avances en computación gráfica y sensores permitieron crear experiencias más inmersivas, mientras que el desarrollo de dispositivos como gafas VR ha popularizado la tecnología en ámbitos como la educación, la medicina y el entretenimiento. Hoy día, la VR sigue evolucionando, impulsada por el creciente interés en el metaverso y la integración con la inteligencia artificial. [19]

Existen multitud de definiciones acerca de lo que es o lo que significa la RV, entre las que se destacan las siguientes:

La RV comprende la interfaz hombre-máquina (human-machine), que permite al usuario sumergirse en una simulación gráfica 3D generada por ordenador, y navegar e interactuar en ella en tiempo real, desde una perspectiva centrada en el usuario.

La RV es una experiencia sintética mediante la cual se pretende que el usuario sustituya la realidad física por un entorno ficticio generado por ordenador. “La RV es lo más parecido que tenemos a la Máquina del Tiempo, en tanto que nos permite recrear virtualmente cualquier tipo de espacio en tres dimensiones y situarlo en cualquier época, incluso en el futuro, con un grado de realismo completamente creíble”. [20]

Obviamente el espectador de un espacio virtual puede tener un papel pasivo, sólo como observador -ni activo ni interactivo-, pero se debe destacar que el propósito cardinal del diseño de espacios virtuales es conseguir una experiencia inmersiva e interactiva entre el espectador y el mundo. De hecho, si no se consigue la interacción y la inmersión “física”, no se tendrá verdadera RV. Comparativamente, se puede pensar que un buen libro también puede trasladar al lector a un mundo de ensueño y hacerle partícipe de una determinada historia. No obstante, dicho individuo seguirá sentado en el sillón de su casa, o en la parada del autobús. Estas definiciones y otras existentes, son válidas porque expresan un aspecto particular de lo que es y significa la verdadera RV, de lo que se siente al experimentar la completa inmersión en un mundo 3D, de lo que se percibe al ver salir los objetos de la pantalla y acercarse a

uno mismo, de lo que se siente al tocar con la punta de los dedos el contorno de un modelo digital cuasi-real, que a pocos centímetros de los ojos del usuario emite un sonido envolvente, como si estuviera contestando a su interlocutor. En conjunto, son muchas las emociones y las sensaciones.

Una de las principales bondades que caracteriza a la RV es que permite encontrarse cara a cara con la información, tal y como es posible observar en estas imágenes del The National Center for Supercomputing Applications (NCSA) de la University of Illinois en Urbana-Champaign. Los investigadores pueden recorrer, por ejemplo, el interior de una molécula de ADN con un simple joystick o guante virtual, si se desea, y unas gafas de visualización estereoscópica, que permiten al interesado acercarse tanto como desee al punto concreto de su interés. Y que así, observe simplemente, palpe o modifique en tiempo real de diseño la zona específica del objeto en cuestión, con una idea bastante clara y aproximada de las dimensiones reales que la estructura virtual a escala muestra en vivo y en directo. [20], [21], [22]

La realidad virtual se clasifica en tres categorías principales según el nivel de inmersión. La VR inmersiva crea una experiencia envolvente mediante dispositivos como cascos y guantes hápticos; la VR no inmersiva utiliza interfaces más tradicionales, como pantallas; mientras que la realidad mixta combina elementos virtuales con el entorno físico, permitiendo la interacción simultánea con ambos. Cada tipo tiene aplicaciones y características específicas que la hacen adecuada para diferentes sectores y necesidades. [23]

Los sistemas de realidad virtual combinan diversos elementos de hardware, como sensores de movimiento, pantallas y procesadores, con software especializado que procesa y genera entornos tridimensionales en tiempo real. El hardware permite capturar y reflejar los movimientos del usuario en el entorno virtual, mientras que el software facilita la generación de gráficos y la interacción con los objetos virtuales, creando una experiencia inmersiva y fluida. [24]

2.2 Aplicaciones de la Realidad Virtual

La Realidad Virtual tiene multitud de posibilidades de aplicación, podemos considerarla sólo limitada por la imaginación humana. Por mencionar algunas de las aplicaciones típicamente derivadas de esta tecnología, nos encontramos con:

Educación: La realidad virtual permite a los estudiantes explorar ambientes inmersivos y aprender en entornos simulados, lo cual mejora la retención de

conocimientos y la comprensión de conceptos complejos. Su uso es común en áreas como ciencias y medicina. [25]

Realidad Virtual en Cirugía Médica: La realidad virtual permite a los cirujanos practicar procedimientos en simulaciones realistas, mejorando su precisión y confianza antes de intervenciones reales. [26]

RV en el Entrenamiento Táctico de los Soldados: Los simuladores de RV permiten a los soldados entrenar en escenarios tácticos sin riesgos reales, mejorando sus habilidades de respuesta en situaciones de combate. [27]

Plataforma de Movimiento de Simulador de Conducción o de Vuelo: La RV es utilizada en simuladores avanzados de conducción y vuelo, proporcionando a los pilotos y conductores una experiencia inmersiva para practicar en condiciones controladas. [28]

Escenarios de Patrimonio Virtual: La realidad virtual permite recrear sitios históricos y culturales, facilitando la exploración y el aprendizaje sobre patrimonio cultural en entornos virtuales. [29]

Escenarios Virtuales para Televisión: La RV permite crear entornos virtuales que los productores de televisión pueden utilizar para mejorar los efectos visuales y ofrecer experiencias inmersivas a los espectadores. [30]

Museos de Arte en Escenario Virtual: Los museos virtuales permiten a los usuarios explorar colecciones de arte desde cualquier lugar, preservando y difundiendo obras de arte de manera accesible. [31]

Mundo Virtual de la Ciencia: En el campo de la ciencia, la VR permite recrear laboratorios y experimentos, facilitando la enseñanza y la práctica científica sin los riesgos o costos de los laboratorios físicos. [32]

Sala de Juegos Virtual: La VR ha revolucionado el entretenimiento, ofreciendo experiencias de juego inmersivas en salas de realidad virtual, con tecnología avanzada de gráficos y sonido envolvente. [33]

Realidad Virtual Cartográfica: La VR permite visualizar datos geoespaciales de manera interactiva, facilitando la comprensión de mapas y entornos complejos en aplicaciones como la planificación urbana y la geología. [34]

Realidad Virtual en Internet Multiusuario: Las plataformas multiusuario en RV permiten que personas interactúen en un mismo entorno virtual, facilitando la colaboración y socialización en línea. [35], [36], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43]

2.3 Fundamentos de la Sustentabilidad Energética

La sustentabilidad energética aborda el equilibrio necesario para satisfacer las necesidades energéticas actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para hacer lo propio. Este enfoque implica una gestión eficaz de los recursos energéticos, la promoción activa de fuentes de energía renovable y limpia, así como la reducción del impacto ambiental y la disminución de la dependencia de fuentes energéticas no renovables y contaminantes.

2.3.1. Conceptos clave

Para comprender este concepto clave, es esencial considerar diversos aspectos:

Eficiencia Energética: Se trata de optimizar el uso de la energía, reduciendo el consumo y el desperdicio para lograr los mismos resultados energéticos.

Energías Renovables: Son aquellas fuentes de energía que se regeneran naturalmente en un corto o mediano plazo y no se agotan con su uso, como la solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa y geotérmica.

Diversificación Energética: Implica utilizar una variedad de fuentes energéticas para disminuir la dependencia de una sola fuente y aumentar la seguridad energética.

Reducción de Emisiones: Consiste en disminuir la liberación de contaminantes y gases de efecto invernadero durante la producción y el consumo de energía, contribuyendo así a mitigar el cambio climático.

Acceso a la Energía: Garantizar que todas las personas tengan acceso a fuentes de energía asequibles, confiables y sostenibles, es fundamental para el desarrollo humano y económico.

Planificación Energética: Implica una gestión estratégica de los recursos energéticos a largo plazo, considerando la demanda, la disponibilidad de recursos, la tecnología y el impacto ambiental.

Educación y Concienciación: Promover la comprensión de la importancia de la sustentabilidad energética y fomentar comportamientos y decisiones que la favorezcan en todos los niveles de la sociedad.

Estos conceptos son cruciales para lograr una sustentabilidad energética que satisfaga las necesidades presentes sin comprometer las del futuro, promoviendo un desarrollo equitativo, económicamente viable y ambientalmente sostenible.

2.3.2. Principios de eficiencia energética y su importancia en la reducción del consumo de recursos.

Los principios de eficiencia energética son pilares fundamentales para disminuir el consumo de recursos y fomentar la sustentabilidad energética en general. Entre ellos podemos mencionar los siguientes:

Optimización de procesos y tecnologías: La mejora constante en los procesos industriales, la tecnología de los equipos y los sistemas de gestión energética puede reducir considerablemente el consumo de energía. Esto implica identificar y eliminar desperdicios, utilizar equipos más eficientes y adoptar prácticas operativas óptimas.

Ahorro de energía en edificaciones: Los edificios representan una parte importante del consumo de energía en muchas sociedades. La aplicación de técnicas de diseño pasivo, como una buena orientación, aislamiento adecuado y sistemas de climatización eficientes, puede reducir drásticamente la demanda energética de los edificios.

Transporte eficiente: Promover el uso del transporte público, vehículos eficientes en combustible y la planificación urbana que fomente caminatas y ciclismo puede disminuir la demanda de energía en el sector del transporte, que es uno de los mayores consumidores de energía en muchas regiones.

Uso de energías renovables: Integrar fuentes de energía renovable, como la solar, eólica, hidroeléctrica y biomasa, puede reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Educación y concienciación: Sensibilizar sobre la importancia de la eficiencia energética y adoptar hábitos de consumo responsables pueden llevar a una reducción significativa del desperdicio de energía en los hogares, empresas e industrias.

La relevancia de estos principios radica en su capacidad para reducir la demanda de recursos energéticos finitos y mitigar los impactos ambientales asociados con su extracción, transporte y consumo. Además, la eficiencia energética también puede generar ahorros económicos significativos a largo plazo para individuos, empresas y gobiernos. En conjunto, estos principios son esenciales para promover un uso más sostenible de la energía y contribuir a la construcción de un futuro más resiliente y equitativo.

2.3.3. Tipos de energía renovables.

Energía Solar:

Se basa en el aprovechamiento de la radiación solar mediante paneles fotovoltaicos (que convierten la luz solar en electricidad) o paneles solares térmicos (que emplean la energía solar para calentar agua u otros fluidos).

Ventajas: Abundante, limpia y disponible globalmente. La tecnología solar está en constante evolución, lo que contribuye a la reducción de los costos de producción.

Limitaciones: La generación de energía solar está condicionada por la disponibilidad de luz solar y las condiciones climáticas. [44]

Energía Eólica:

Se genera a partir de la energía cinética del viento mediante aerogeneradores que convierten la energía eólica en electricidad.

Ventajas: Abundante y renovable, con un impacto ambiental bajo una vez instalados los aerogeneradores. Es una tecnología consolidada en continua mejora.

Limitaciones: Requiere áreas específicas con vientos constantes y suficientemente fuertes. Algunas personas pueden considerar visualmente intrusivas las turbinas eólicas. [45]

Energía Hidroeléctrica:

Se obtiene del flujo de agua en ríos o embalses para hacer girar turbinas conectadas a generadores eléctricos.

Ventajas: Es una fuente de energía estable y predecible, con bajos costos de operación una vez construidas las instalaciones.

Limitaciones: Puede tener impactos ambientales significativos, como la alteración de ecosistemas fluviales y la inundación de tierras. Requiere inversiones de capital considerables y puede afectar a las comunidades locales. [46]

Energía Geotérmica:

Se deriva del calor almacenado en el interior de la Tierra, utilizando vapor o agua caliente extraída de reservorios geotérmicos para generar electricidad o proporcionar calefacción directa.

Ventajas: Es una fuente de energía constante y disponible todo el año, con un bajo impacto ambiental una vez que se han construido las instalaciones.

Limitaciones: No está disponible en todas partes y su viabilidad depende de la existencia de reservorios geotérmicos. El desarrollo de estos recursos puede ser costoso. [47]

Estas son solo algunas de las fuentes de energía renovable más comunes, aunque existen otras como la energía de biomasa, la mareomotriz y la de las olas, cada una con sus propias características y aplicaciones específicas. La diversificación de las fuentes de energía renovable es esencial para una transición energética exitosa hacia un futuro más sostenible.

2.3.4. Retos y oportunidades

No obstante, aun conociendo sobre las diferentes opciones y tecnologías renovables disponibles, existen múltiples desafíos y retos importantes en la transición hacia un sistema energético más sostenible y sustentable.

Entre los retos importantes tenemos que la implementación de tecnologías de energía renovable y la infraestructura requerida pueden implicar inversiones financieras considerables, siendo los altos costos iniciales un obstáculo para algunos países o empresas. Además, las fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, son intermitentes y dependen de las condiciones climáticas. Por otra parte, la falta de capacidad de almacenamiento a gran escala para compensar la variabilidad de la oferta puede dificultar su integración en la red eléctrica. La transición hacia un sistema energético más sostenible demanda actualizaciones significativas en la infraestructura de red para integrar eficazmente las fuentes de energía renovable dispersas geográficamente y gestionar la demanda y oferta de manera eficiente. Adicionalmente a todo ello es importante tener en cuenta el hecho de que existen intereses establecidos en la industria de los combustibles fósiles y otras áreas que pueden oponerse a la transición hacia un sistema energético más sostenible debido a preocupaciones económicas y políticas.

Sin embargo, también existen numerosas oportunidades. La transición hacia un sistema energético más sostenible impulsa la innovación en tecnologías de energía renovable, almacenamiento de energía, eficiencia energética y gestión de la red eléctrica, creando nuevas oportunidades económicas y de empleo. El avance tecnológico y la escala de producción están reduciendo los costos de las energías renovables, volviéndolas cada vez más competitivas en comparación con los combustibles fósiles. La diversificación de las fuentes de energía y la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles pueden mejorar la seguridad energética al reducir la vulnerabilidad a interrupciones en el suministro y a los riesgos

geopolíticos. La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del aire asociadas con la quema de combustibles fósiles conlleva beneficios significativos para la salud pública y el medio ambiente. La transición hacia un sistema energético más sostenible puede generar oportunidades económicas en áreas como la fabricación, la construcción y los servicios relacionados con las energías renovables, contribuyendo al desarrollo económico y la equidad social.

En resumen, aunque la transición hacia un sistema energético más sostenible presenta desafíos importantes, también ofrece oportunidades para impulsar la innovación, mejorar la seguridad energética, proteger el medio ambiente y promover el desarrollo económico y la equidad social. La colaboración entre gobiernos, empresas, comunidades y la sociedad civil será fundamental para aprovechar estas oportunidades y superar los desafíos.

2.4 Intersección entre Realidad Virtual y Sustentabilidad Energética.

La RV representa una vía innovadora en el campo de la sustentabilidad energética, ofreciendo oportunidades para la concientización, educación, planificación y gestión de recursos. A continuación, se detallan algunas áreas clave donde la RV podría tener un impacto positivo:

Educación y Sensibilización Pública: La RV puede proporcionar experiencias inmersivas que permitan a las personas explorar virtualmente instalaciones de energía renovable, como parques eólicos o plantas solares, lo que puede contribuir a aumentar la conciencia sobre la importancia de estas fuentes de energía y sus beneficios ambientales. [48]

Entrenamiento y Simulación: La RV puede ser una herramienta efectiva para entrenar a trabajadores en la instalación, mantenimiento y operación de sistemas de energía renovable. Mediante la simulación de procedimientos y escenarios, se puede mejorar la eficiencia y seguridad en el lugar de trabajo.

Planificación y Diseño de Proyectos: Profesionales del sector energético pueden aprovechar la RV para visualizar y simular proyectos de infraestructura energética, como parques eólicos marinos o sistemas de almacenamiento de energía. Esto facilitaría la toma de decisiones informada y la optimización del diseño antes de su implementación física. [49], [50]

Participación Comunitaria: La RV puede ser una herramienta valiosa para involucrar

a comunidades locales en la planificación de proyectos energéticos, permitiéndoles comprender mejor el impacto potencial de las instalaciones de energía renovable en su entorno, lo que podría fomentar una mayor aceptación y participación en iniciativas sustentables.

Monitorización y Gestión de Recursos: Integrada con sistemas de monitorización, la RV puede ofrecer visualizaciones en tiempo real de datos de producción, consumo y eficiencia energética, facilitando la identificación de áreas de mejora y la toma de decisiones basada en datos.

Investigación y Desarrollo: La RV puede ser una herramienta útil en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías energéticas, permitiendo a científicos e ingenieros explorar y experimentar con conceptos y prototipos en entornos virtuales antes de su implementación física. [51]

En resumen, de los puntos anteriores, la realidad virtual ofrece un potencial significativo para mejorar la educación, planificación, gestión y participación pública en proyectos relacionados con la energía renovable y la eficiencia energética, lo que podría contribuir a avanzar hacia un futuro más sustentable.

Varios proyectos y estudios previos han explorado la integración de realidad virtual (RV) y sustentabilidad energética, destacando resultados y contribuciones relevantes. Tal es el caso del Proyecto Solar Decathlon creado por J. P. Green y M. B. Wilson. [52]. Esta es una competencia global en la que equipos de estudiantes diseñan, construyen y operan casas solares altamente eficientes en términos energéticos. Algunos equipos han utilizado la RV para crear experiencias inmersivas que permiten a los espectadores visitar virtualmente estas viviendas y comprender sus características sustentables.

Otro ejemplo es la simulación de Parques Eólicos propuesta por trabajos como los de L. K. Chen y D. S. Park, [53]. Diversos estudios han empleado la RV para simular la experiencia de estar dentro de un parque eólico, brindando a los usuarios la oportunidad de explorar virtualmente los aerogeneradores y comprender mejor su funcionamiento e impacto en el entorno. Estas simulaciones han facilitado la educación y sensibilización pública sobre la energía eólica, además de contribuir a la planificación y toma de decisiones informadas en el desarrollo de parques eólicos. Además, se han desarrollado programas de entrenamiento en RV destinados a instaladores y técnicos de energía solar, como revela el estudio presentado por R. N. Thompson y A. K. Patel, "Virtual Reality Training Programs for Solar Installation and Maintenance: A Step Towards Safer and More Efficient Training," [54]. Estos

programas ofrecen simulaciones interactivas que permiten a los usuarios practicar la instalación y mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos en entornos virtuales realistas. La RV ha mejorado la eficiencia y seguridad en el entrenamiento de profesionales de la energía solar al proporcionar una experiencia práctica sin riesgos ni costos asociados con la práctica en situaciones reales.

También aplicaciones de RV han sido desarrolladas para permitir a los usuarios visualizar datos energéticos en entornos virtuales tridimensionales. Estas aplicaciones ofrecen representaciones visuales de la producción, consumo y eficiencia energética, facilitando la comprensión y análisis de grandes conjuntos de datos y ha mejorado la capacidad de investigadores, planificadores y gestores energéticos para analizar y tomar decisiones basadas en datos mediante la visualización inmersiva de información energética compleja. [55]

Estos ejemplos ilustran cómo la combinación de RV y sustentabilidad energética ha generado proyectos y estudios innovadores con resultados significativos, contribuyendo así a la educación, sensibilización, entrenamiento y toma de decisiones en el campo de la energía sustentable.

El uso de la RV para educar, concienciar y fomentar comportamientos y decisiones sostenibles en el campo energético presenta una variedad de beneficios potenciales. La RV ofrece experiencias inmersivas que permiten a los usuarios sumergirse en entornos virtuales realistas relacionados con la energía, como plantas de energía renovable, hogares solares o parques eólicos. Estas experiencias pueden aumentar la comprensión e interés del público al brindar una vivencia práctica y memorable. Puede transportar a los usuarios a entornos energéticos inaccesibles o peligrosos en la vida real, como instalaciones de energía nuclear o plataformas petroleras. Esto les permite explorar de forma segura estos entornos y comprender mejor los riesgos y desafíos asociados con diferentes fuentes de energía. Permite la personalización de experiencias educativas y la participación de los usuarios en su aprendizaje. Los programas de RV pueden adaptarse a diferentes niveles de conocimiento y ofrecer interacciones prácticas que fomenten la exploración y el descubrimiento. Además puede generar una mayor sensibilización y empatía hacia temas energéticos y ambientales al permitir a los usuarios experimentar directamente los impactos de sus decisiones y comportamientos en entornos virtuales. Por ejemplo, los usuarios pueden experimentar los efectos del cambio climático o la contaminación atmosférica de manera inmersiva. La RV ofrece una plataforma segura y efectiva para el entrenamiento práctico de profesionales en la industria energética. Los trabajadores

pueden practicar procedimientos de seguridad, resolver problemas y realizar operaciones en entornos virtuales antes de enfrentarse a situaciones reales en el campo. Los programas de RV pueden integrar herramientas de seguimiento y análisis para medir el impacto de la educación y la concienciación en el comportamiento y las decisiones de los usuarios. Esto permite obtener retroalimentación sobre la efectividad de las iniciativas y ajustarlas según sea necesario.

En resumen, la realidad virtual ofrece una poderosa herramienta para educar, concienciar y fomentar comportamientos y decisiones sostenibles en el ámbito energético al proporcionar experiencias inmersivas, accesibles y personalizadas que pueden influir en la percepción y el comportamiento de los usuarios.

2.5 Consideraciones Éticas

La integración de la RV en la investigación sobre sustentabilidad energética plantea una serie de consideraciones éticas que deben abordarse con sumo rigor. Primero, es esencial asegurar la transparencia y la integridad en la recolección y el análisis de datos. Debido a que la RV permite simular entornos energéticos complejos y situaciones específicas, existe un riesgo de manipulación de datos o distorsión de información para respaldar ciertos intereses. Por lo tanto, los investigadores deben comprometerse con la objetividad y la imparcialidad, garantizando que los resultados sean precisos y confiables.

Asimismo, la privacidad y el consentimiento informado son cuestiones críticas en el uso de RV en este ámbito. Los participantes en estudios de RV pueden enfrentarse a escenarios que implican el monitoreo de sus comportamientos y decisiones sobre consumo energético. Es fundamental obtener un consentimiento informado claro y exhaustivo, explicando el uso de los datos y protegiendo los derechos de privacidad de los participantes. Además, deben implementarse medidas de seguridad robustas para proteger la información personal y evitar cualquier forma de explotación o mal uso.

Finalmente, surge la preocupación ética sobre el acceso equitativo a la tecnología de RV en la investigación de sustentabilidad energética. Debido a los recursos significativos que puede requerir, existe el riesgo de que solo ciertos grupos o instituciones privilegiadas logren realizar investigaciones avanzadas en este campo. Por ello, resulta esencial promover políticas inclusivas que fomenten la

democratización del acceso a la RV, permitiendo que todas las partes interesadas, independientemente de su ubicación geográfica o recursos financieros, puedan involucrarse en la investigación y beneficiarse de sus resultados para abordar los desafíos de la sustentabilidad energética a nivel global.

CAPÍTULO 3 DESARROLLO TEÓRICO EXPERIMENTAL

En el presente capítulo se presentarán el diseño del laboratorio virtual desarrollado como resultado de la actual investigación, así como la metodología utilizada para abordar cada punto de los objetivos planteados.

El laboratorio que se desarrolló consta de cuatro paneles solares que se pueden conectar entre sí, tanto en serie como en paralelo, tal como se haría en una práctica real. Los paneles van a ser excitados a través de unas lámparas para generar la electricidad en el ambiente simulado.

También se pueden realizar diferentes mediciones sobre los paneles y sus conexiones, por medio de un multímetro simulado.

En la Figura 1 se representa el diagrama en bloque desde una vista aérea del laboratorio desarrollado:

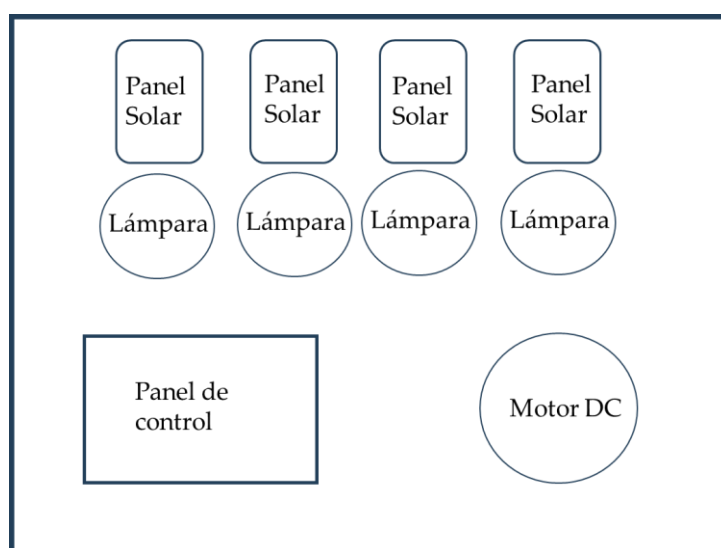


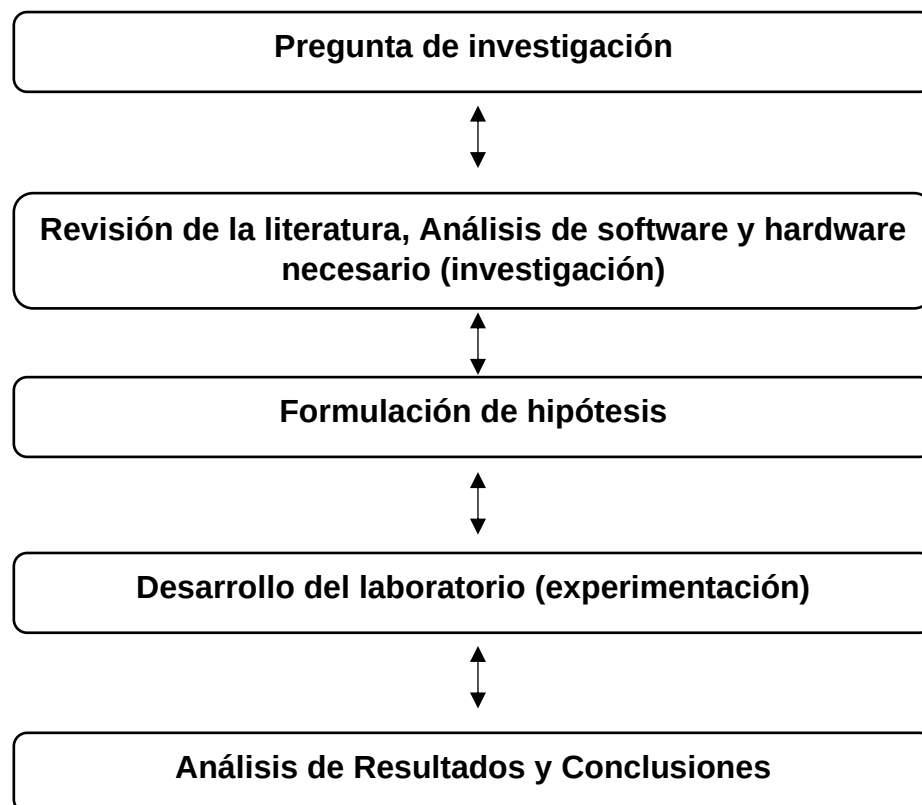
Figura 1 Diagrama conceptual del laboratorio desarrollado.

El panel de control cuenta con 4 interruptores para encender las 4 lámparas respectivamente, además 4 selectores rotatorios para regular la potencia de estas. Utilizando este arreglo de interruptores y selectores se controla cada una de las lámparas que iluminan los paneles solares y también se muestra en su pantalla la potencia que está entregando cada panel, las mediciones son acordes a la realidad mostrando los valores que entregarían esos mismos paneles si fueran medidos bajo las mismas condiciones en una práctica con dispositivos reales.

Se simula un Motor DC para comprobar el funcionamiento de los paneles como fuente de energía al ser excitados con luz, este motor debe ser conectado correctamente a los paneles para que funcione, además el usuario debe tener en cuenta el voltaje de alimentación requerido para no quemarlo, tal como en la realidad.

Por último, se modeló y animó un multímetro que permite medir la corriente de cortocircuito y el voltaje de circuito abierto que entregan nuestros paneles en sus distintas conexiones.

3.1 Metodología Teórico/Experimental



3.2 Equipo, material y herramientas computacionales usadas

El proceso utilizado en este proyecto comienza con el análisis del estado del arte, mediante una exhaustiva investigación sobre el uso de tecnología de Realidad Virtual, identificando un nicho en expansión en el ámbito de capacitaciones y metodologías de entrenamiento seguro. A continuación, se realiza la

esquematación y análisis de los diferentes objetos necesarios para dar vida a la escena, considerando aspectos como dimensiones, configuración de propiedades físicas, y pruebas con diversas texturas y colores. El diseño de los objetos se llevó a cabo tanto de forma manual, utilizando las herramientas incorporadas en Unity, como mediante la adquisición de modelos 3D prefabricados disponibles en plataformas como Turbosquid o Unity Assets; asimismo, se obtienen texturas en ArtStation y efectos de sonido en Freesound. La programación de los comportamientos de los objetos se desarrolla en C#, lenguaje nativo de Unity, y requirió la instalación previa del entorno Visual Studio para una sincronización adecuada. En esta etapa, se definió la interacción de cada objeto con la escena y el usuario, estableciendo respuestas ante eventos y toda la lógica funcional. Los objetos se clasifican según la complejidad de sus funcionalidades: algunos se pueden programar con lógica simple (encendido y apagado), mientras que otros requieren un código más avanzado, que puede incluir múltiples clases, sincronización entre animación, sonido y eventos, o modelado mediante inteligencia artificial si es necesario. Para el comportamiento eléctrico de los paneles, se modelan matemáticamente la Ley de Ohm y las Leyes de Corriente y Voltaje para una representación realista de la interacción.

Con lo anterior completado, se procedió a contrastar el resultado final con la idea original, verificando el cumplimiento de los objetivos planteados. En caso de que la experiencia no cumpliera con las expectativas, se realizaron ajustes iterativos hasta alcanzar las dinámicas deseadas, logrando una simulación fiel a la realidad.

3.2.1. Hardware utilizado

3.2.1.1 Oculus Quest 2

Oculus Quest 2, Figura 2, popular casco de realidad virtual (VR) desarrollado por Oculus, una división de Meta Platforms (anteriormente conocida como Facebook).

El Quest 2 es un casco independiente, lo que significa que no requiere una PC ni una consola para funcionar. Funciona con un sistema operativo basado en Android.

El casco cuenta con una pantalla de alta resolución con 1832 x 1920 píxeles por ojo. Utiliza un procesador Qualcomm Snapdragon XR2, que ofrece mejoras significativas en rendimiento en comparación con su predecesor. Utiliza seguimiento de adentro hacia afuera con cuatro cámaras integradas, eliminando la necesidad de sensores

externos. Viene con dos controladores Oculus Touch rediseñados que ofrecen mejoras en ergonomía y duración de la batería, es más ligero y cómodo que el Quest original, con correas ajustables para un mejor ajuste.

El Quest 2 tiene acceso a una vasta biblioteca de juegos y aplicaciones de VR disponibles en la tienda de Oculus. Soporta Oculus Link, lo que permite conectarse a una PC de juegos para jugar juegos de VR más exigentes desde la biblioteca de Oculus Rift o SteamVR. En la Tabla 1 se muestran sus características.



Figura 2 Oculus Quest 2.

Tabla 1 Características de las Oculus Quest 2.

CARACTERÍSTICAS	DETALLES
RESOLUCIÓN (POR OJO)	LCD de 1832 x 1920 píxeles a 72 Hz (actualizable a 90 Hz)
FOV	110°
PROCESADOR	Snapdragon XR2
RAM	6 GB
BATERÍA	Litio con duración de 2-3 horas
SENSORES	6 DoF (Seis grados de libertad). Sensor de movimiento de nuestras manos.
PESO	503 gramos
ALMACENAMIENTO	64 GB o 256 GB

3.2.1.2 Laptop Dell i5-1145G7 16GB ram

Laptop Dell, Figura 3, equipada con un procesador Intel® Core™ i5-1145G7 de 11^a generación es una opción potente y eficiente para diversas tareas. Aquí hay una breve descripción de sus características principales:

Procesador: Intel i5-1145G7 de 11^a generación, con una frecuencia base de 2.60 GHz y la capacidad de alcanzar hasta 4.40 GHz en modo turbo. Procesador de cuatro núcleos y ocho hilos.

Memoria RAM: 16GB, lo que permite un funcionamiento fluido y eficiente, adecuado para el trabajo multitarea, aplicaciones intensivas y juegos ligeros.

Gráficos: Integrados Intel, ofreciendo un buen rendimiento gráfico para actividades como edición de fotos y videos, así como juegos casuales.

Almacenamiento: 512 GB.

.



Figura 3 Laptop Dell.

3.2.2. Software utilizado

3.2.2.1 Unity

Software principal empleado en el proyecto, potente y popular motor de desarrollo de videojuegos. Unity es un entorno de desarrollo integrado (IDE) que facilita la creación de contenido interactivo y aplicaciones multiplataforma. Desarrollado por Unity Technologies y lanzado en 2005, Unity se destaca por su accesibilidad, flexibilidad y capacidad de exportar proyectos a una amplia gama de plataformas, incluyendo PC, consolas, dispositivos móviles, navegadores web y sistemas de realidad virtual y aumentada.

Unity permite desarrollar y desplegar aplicaciones en múltiples plataformas, como Windows, macOS, Linux, iOS, Android, consolas de videojuegos (PlayStation, Xbox, Nintendo Switch), WebGL y dispositivos de VR/AR. La interfaz gráfica de Unity es intuitiva, facilitando la creación de escenas, la manipulación de objetos y la configuración de componentes visuales y de audio. Unity incluye un potente motor gráfico y un sistema de física que permiten la creación de experiencias visuales impresionantes y realistas. Utiliza C# como su lenguaje de programación principal, permitiendo a los desarrolladores escribir scripts para definir el comportamiento de

los objetos y la lógica del juego. La Unity Asset Store ofrece una amplia variedad de recursos, como modelos 3D, texturas, sonidos, herramientas y complementos que se pueden usar gratuitamente en los proyectos, también tiene muchos recursos que son de pago. Es compatible con una variedad de dispositivos de realidad virtual y aumentada, lo que facilita el desarrollo de aplicaciones inmersivas.

Cuenta con una gran comunidad de desarrolladores y una abundancia de recursos educativos, tutoriales y documentación que ayudan a los desarrolladores a aprender y solucionar problemas. La Figura 4 muestra las principales características de Unity.



Figura 4 Características de Unity.

3.2.2.2 TurboSquid

TurboSquid es una plataforma líder en la venta y distribución de modelos 3D digitales. Fundada en el año 2000, TurboSquid ofrece una amplia gama de recursos para diseñadores, animadores, desarrolladores de juegos y profesionales de la visualización. TurboSquid cuenta con una vasta colección de modelos 3D, texturas y activos digitales en diversas categorías, incluyendo arquitectura, personajes, vehículos y más. Los modelos disponibles en TurboSquid son creados por una comunidad global de artistas 3D, lo que garantiza una amplia variedad de estilos y niveles de detalle.

Los activos de TurboSquid son compatibles con los principales softwares de modelado y animación 3D, como 3ds Max, Maya, Blender, Cinema 4D y otros.

Ofrece diversas opciones de licencia para satisfacer las necesidades de diferentes

proyectos, desde uso personal hasta comercial. También proporciona servicios adicionales como personalización de modelos y asistencia técnica para asegurar que los clientes obtengan el máximo valor de sus compras.

Tiene opciones muy atractivas como el ejemplo de la figura más abajo, el cual a la fecha de este proyecto se puede adquirir en oferta por unos \$4. Sin embargo realizando búsquedas con atención, podemos encontrar buenos modelos disponibles gratuitamente también.



Figura 5 Algunos modelos disponibles en TurboSquid.

3.2.2.3 ArtStation

Plataforma en línea que sirve como un punto de encuentro para artistas digitales, diseñadores y creativos de todo el mundo. Lanzada en 2014, ArtStation permite a los artistas mostrar sus portafolios, conectarse con la comunidad y descubrir oportunidades laborales. Los usuarios pueden crear y personalizar sus portafolios para exhibir sus mejores trabajos en una interfaz elegante y fácil de navegar.

ArtStation cuenta con una vasta comunidad de artistas, incluyendo ilustradores, modeladores 3D, animadores y concept artists, lo que facilita el networking y la colaboración. La plataforma ofrece tutoriales, cursos en línea y artículos que ayudan a los artistas a mejorar sus habilidades y mantenerse actualizados con las últimas tendencias del sector.

ArtStation Jobs conecta a los artistas con empleadores en la industria de los

videojuegos, cine, animación y más, facilitando la búsqueda de empleo y proyectos freelance. A través de su marketplace los usuarios pueden comprar y vender recursos digitales como modelos 3D, texturas, pinceles y otros activos creativos.

En la Figura 6 se muestra un ejemplo de una de las texturas utilizadas adquirida en esta plataforma.

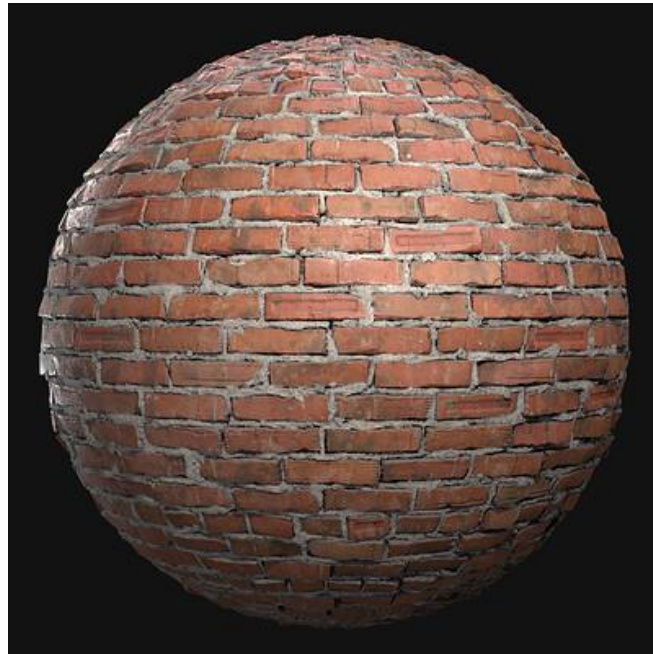


Figura 6 Textura obtenida de ArtStation.

3.2.2.4 Freesound

Freesound es una plataforma en línea que permite a los usuarios compartir y descargar sonidos y efectos de audio de manera gratuita. Lanzada en 2005 por el Music Technology Group de la Universidad Pompeu Fabra en Barcelona, Freesound se ha convertido en una valiosa comunidad y recurso para músicos, diseñadores de sonido, cineastas y otros creativos. Alberga una vasta colección de sonidos y efectos de audio subidos por usuarios de todo el mundo. Los sonidos incluyen grabaciones de campo, efectos de sonido, samples musicales y más.

La mayoría de los sonidos están disponibles bajo licencias Creative Commons, lo que permite su uso en proyectos personales y comerciales, siempre que se respeten las condiciones de la licencia.

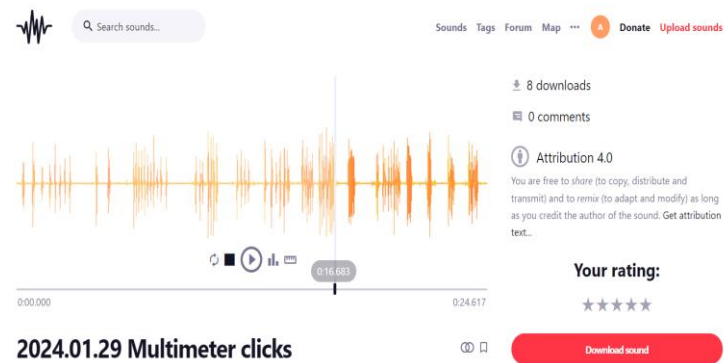


Figura 7 Entorno de Feesound.

3.2.2.5 Unity Assets

Unity Assets es una tienda en línea integrada en Unity, el popular motor de desarrollo de juegos, que ofrece una vasta colección de recursos y herramientas creadas por la comunidad para ayudar a los desarrolladores a construir sus proyectos de manera más rápida y eficiente.

Incluye modelos 3D, texturas, materiales, animaciones, scripts, sonidos, herramientas de desarrollo, shaders y efectos especiales, entre otros. Permite a los desarrolladores encontrar y adquirir activos que pueden ahorrar tiempo en la creación de contenido y mejorar la calidad de sus proyectos tanto gratuitos como de pago.

Esta es una herramienta esencial para los desarrolladores que buscan acelerar su proceso de creación y mejorar la calidad de sus proyectos al proporcionar una vasta colección de recursos y herramientas listos para usar.

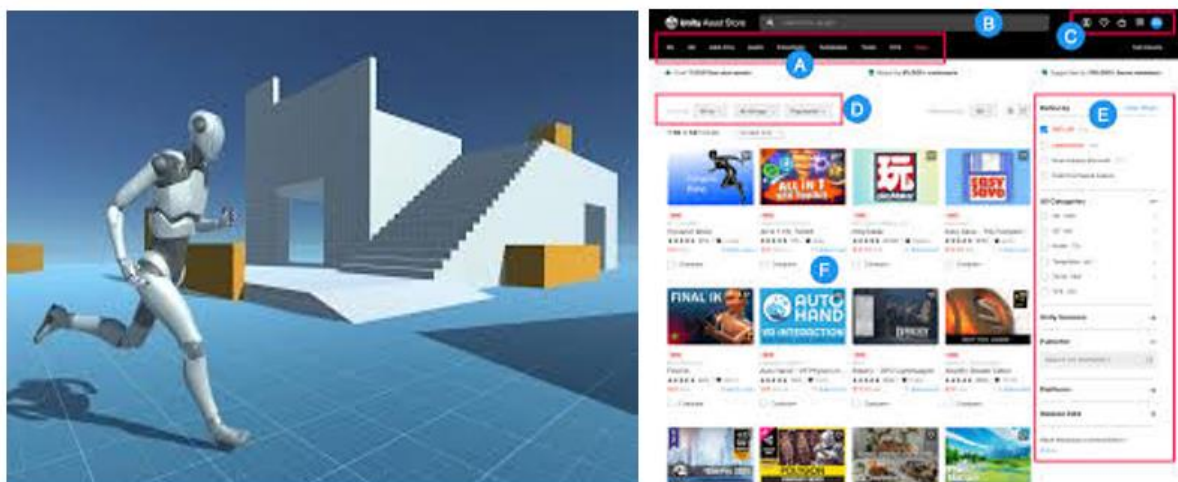


Figura 8 Entorno Unity Assets.

3.3 Diseño del Laboratorio de Realidad Virtual para Sustentabilidad Energética

A continuación, se presenta una descripción detallada del diseño del laboratorio de realidad virtual, incluyendo la configuración del hardware y software utilizados. Se especifican los detalles del entorno virtual creado, que comprende modelos 3D, escenarios y simulaciones relacionadas con la sustentabilidad energética.

Durante el desarrollo de la experiencia en RV, es fundamental organizarla en una estructura dividida en escenas. De manera similar a una película, las escenas representan la ambientación y el espacio donde se desarrollarán los eventos y las experiencias para el espectador.

Es importante señalar que, aunque el término "escena" tiene una definición técnica, en el contexto del diseño, esta se considera simplemente un objeto adicional que debe ser creado dentro del proyecto.

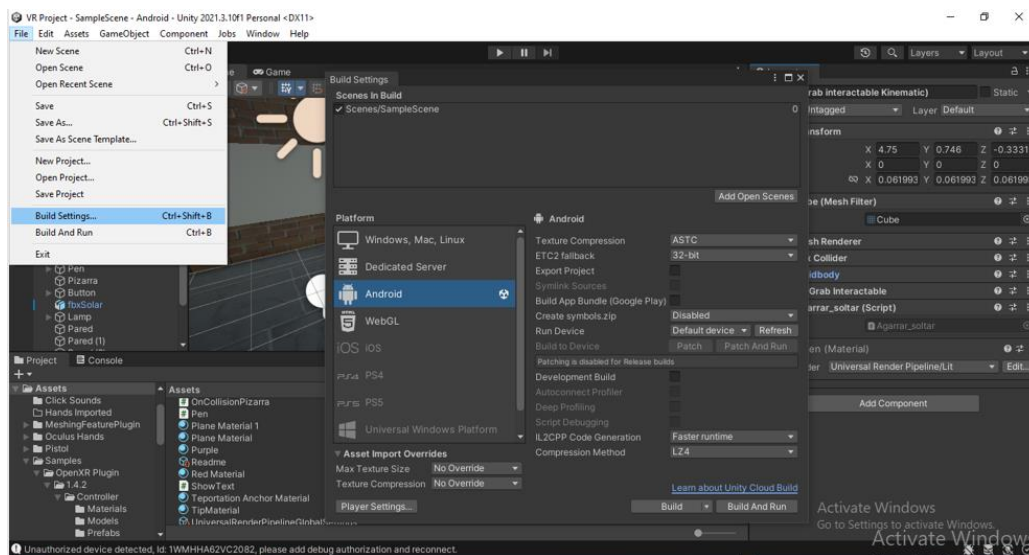


Figura 9 Entorno de Unity. Configuración.

En este punto, se procede a la creación de la escena, para lo cual se emplearon dos métodos. En primer lugar, se definió un espacio geométrico simple con forma cúbica, al que se asignaron propiedades como el color, la escala, el cuerpo rígido y el colisionador. Estos últimos dos elementos son esenciales para garantizar que los objetos permanezcan dentro de la escena y no la atravesen.



Figura 12 Escena con texturas deseadas.

Luego, se procede a configurar los controles de entrada de comandos de las gafas, en este caso, las Oculus Quest 2. Esta configuración es esencial para poder detectar en la escena la presencia del usuario, así como el movimiento de su cabeza y manos, lo que permite realizar acciones e interactuar con el entorno virtual, como se muestra en la figura a continuación.

Para ello, se utilizó el XR Interaction Toolkit, que viene integrado en el espacio de trabajo para RV. Esta herramienta proporciona una serie de recursos para el control y la lectura de las entradas del usuario a través de los controles y los movimientos de la cabeza.



Figura 13 Configuración de los controles de entrada.

Una vez que se tiene la escena para movernos y nos familiarizamos con el sistema de entrada del usuario ya se puede decir que se cuenta con una aplicación básica de

realidad virtual, pues se puede mover al personaje dentro del entorno creado y ver las animaciones probando diferentes movimientos con nuestras manos virtuales.

En este punto se tiene configurado el proyecto de Realidad Virtual, por lo tanto se puede empezar a desarrollar la idea, para lo cual se crearon cada uno de los objetos que va a estar dentro de la escena.

Para la realización ordenada y coherente del actual laboratorio, se realizó un diagrama de pasos a seguir en el proceso de creación de la escena, el cual se ilustra en la Figura 14:

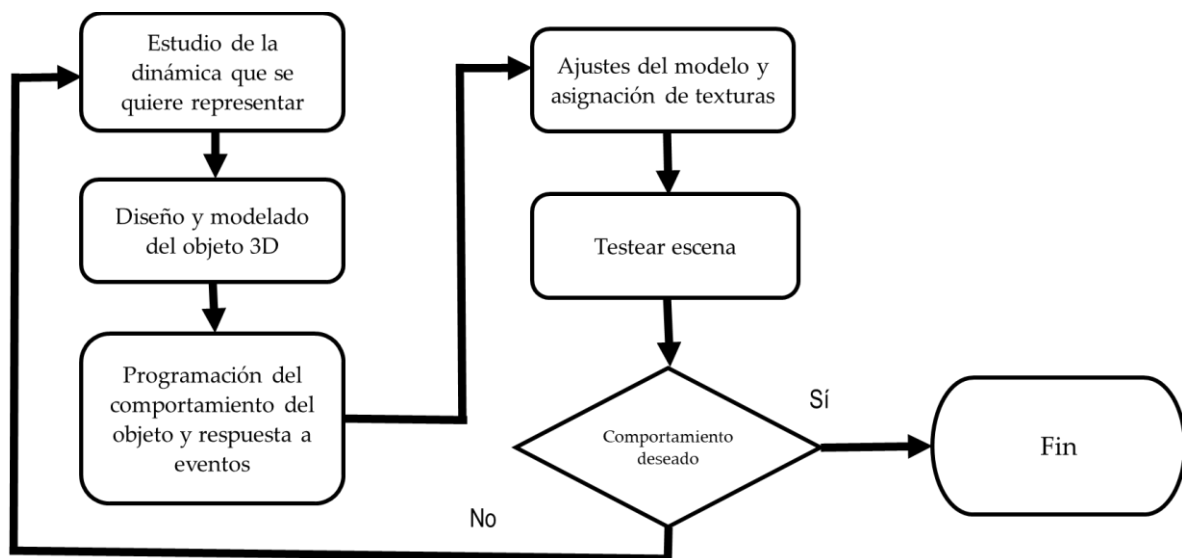


Figura 14 Diagrama de flujo para la creación de la escena.

El estudio de la dinámica que se quiere representar se refiere a trazar un plan de cómo va a mostrarse cada interacción visualmente. En este proyecto se realizó una práctica de conexión de paneles solares, por lo cual fueron necesarios varios recursos o herramientas para obtener un resultado realista, algunos de ellos son:

- Paneles solares
- Cables
- Conector macho panel solar
- Conector hembra panel solar
- Multímetro
- Luces para excitar los paneles solares
- Motor DC para alimentar con los paneles
- Interruptores
- Selectores rotatorios

- Tomacorrientes
- Guantes de protección eléctrica
- Hub para conexión paralela

El comportamiento de los objetos puede representarse de manera simple o con un modelado matemático complejo para cada uno si se quiere obtener un resultado muy realista. Para los efectos de este laboratorio, limitamos el modelado matemático sólo al cálculo de corriente, voltaje y continuidad en los paneles solares. Estos son suficientes para realizar una práctica satisfactoria de conexión de paneles solares. Se muestra en la Tabla 2 la estrategia que se siguió para la programación del comportamiento de cada objeto, simple se refiere a que el objeto 3D fue modelado con una figura geométrica y haciendo uso de texturas e iluminación. Complejo que es un modelo descargado de los assets de Unity y personalizado para el caso específico de uso.

Tabla 2 Lógica de programación empleada por objeto.

OBJETO 3D	LÓGICA PROGRAMACIÓN EMPLEADA
PANELES SOLARES	Simple
CABLES	Modelo complejo
CONECTOR MACHO PANEL SOLAR	Simple
CONECTOR HEMBRA PANEL SOLAR	Simple
MULTÍMETRO	Modelo complejo
LUCES PARA EXCITAR LOS PANELES SOLARES	Simple
MOTOR DC PARA ALIMENTAR CON LOS PANELES	Simple
INTERRUPTORES	Simple
SELECTORES ROTATORIOS	Simple
TOMACORRIENTES	Modelo complejo
GUANTES DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA	Simple

Fórmulas matemáticas empleadas en el modelo de comportamiento del multímetro

Ley de Ohm: En un circuito cerrado el voltaje es igual a la corriente multiplicada por la resistencia.

$$V = IxR \quad (1)$$

Donde:

V - Voltaje

I - Corriente

R – Resistencia

Ley de corrientes de Kirchhoff: En cualquier nodo, la suma de las corrientes que entran en ese nodo es igual a la suma de las corrientes que salen. De forma equivalente, la suma de todas las corrientes que pasan por el nodo es igual a cero.

$$\sum_{k=1}^n I_k = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0 \quad (2)$$

Donde:

I - Corriente

Ley de tensiones de Kirchhoff: En un circuito cerrado, la suma de todas las caídas de tensión es igual a la tensión total suministrada. De forma equivalente, la suma algebraica de las diferencias de potencial eléctrico en un circuito es igual a cero.

$$\sum_{k=1}^n V_k = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n = 0 \quad (3)$$

Donde:

V – Voltaje

CAPÍTULO 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos en el desarrollo del laboratorio con Realidad Virtual orientado a sustentabilidad energética con paneles solares. Se detallan las clases más importantes empleadas, se muestran imágenes del laboratorio en la actualidad, se describen las funcionalidades representadas, las opciones de interacción que se le otorgan al usuario, las actividades y aprendizajes disponibles, y también se ofrecen algunas ideas a modo de sugerencia que surgieron a medida que se fue desarrollando el proyecto y que se creen que pueden significar grandes mejoras a futuro.

4.1.1. Mapa de procesos del laboratorio

La siguiente figura representa el mapa de procesos a seguir durante el laboratorio. Así como las diferentes acciones disponibles en la práctica virtual:

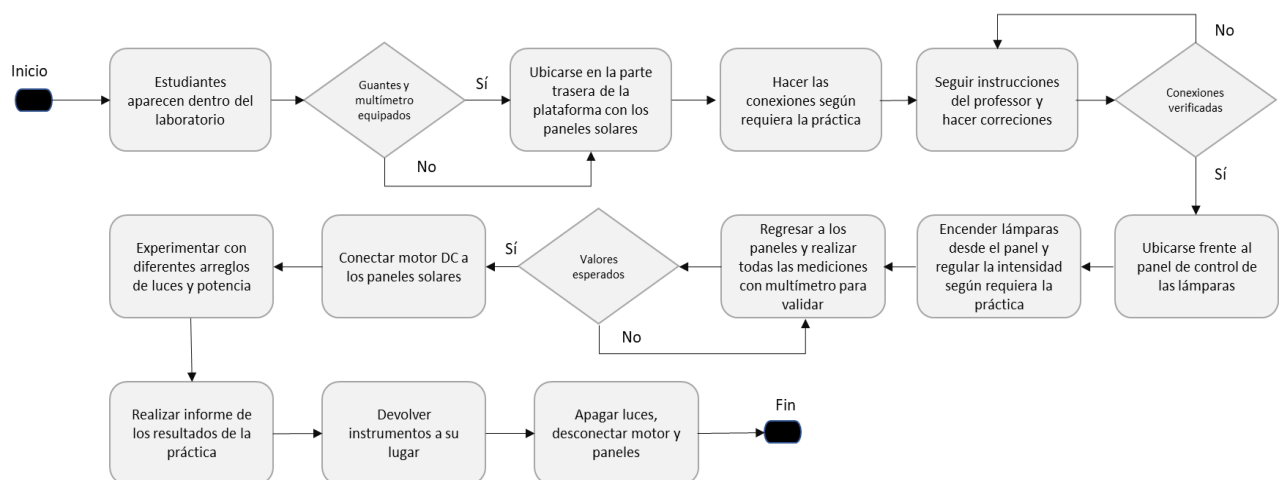


Figura 15 Mapa de procesos del laboratorio

4.1.2. Aspectos clave de las clases más importantes empleadas en el proyecto.

4.1.2.1 Clase BladeRotation

La clase BladeRotation se encarga de gestionar la rotación de un objeto en Unity, en este caso las aspas del motor. Controla cómo las aspas rotan en función de la

velocidad de rotación (rotationSpeed) y un indicador booleano que determina si el motor está activo (activateMotor). El objeto rota cuando el motor está encendido y desacelera progresivamente hasta detenerse cuando el motor se apaga. Controlando la lógica y visualización de la rotación, esta clase asegura una representación convincente del comportamiento del motor en el entorno virtual.

Tabla 3 Clase BladeRotation.

Tipo de recurso	Nombre	Descripción
Variable	rotationSpeed	Almacena la velocidad de rotación de las palas del motor o dispositivo. Es un valor flotante que puede cambiar a lo largo del tiempo.
Variable	isRotating	Booleano que indica si las palas están rotando o no. Se utiliza para controlar la activación o desactivación de la rotación.
Método	Start()	Método que se ejecuta al inicio de la simulación o el juego. Inicializa las variables necesarias y establece el estado inicial de la rotación.
Método	Update()	Método llamado en cada frame del juego. Controla el comportamiento de la rotación según el valor de isRotating.
Método	ToggleRotation()	Método para alternar el estado de rotación, activando o desactivando la rotación de las palas.
Método	IncreaseSpeed()	Incrementa la velocidad de rotación. Se puede usar para acelerar las palas en la simulación.
Método	DecreaseSpeed()	Decrementa la velocidad de rotación. Permite desacelerar las palas en la simulación.

1. **Propósito de la clase:** La clase BladeRotation simula el comportamiento de las palas de un motor o dispositivo rotatorio. Controla la velocidad y el estado de rotación de las palas, permitiendo que se inicie, detenga o modifique la velocidad de la rotación en función de ciertas condiciones.
2. **Control de la Rotación:** La variable rotationSpeed controla la velocidad de rotación de las palas. Esta variable se puede modificar durante la ejecución, permitiendo un

control dinámico de la velocidad. El valor de `isRotating` determina si las palas están rotando o detenidas, lo que activa o desactiva la rotación en el método `Update()`.

3. **Métodos de Control de Velocidad:** Los métodos `IncreaseSpeed()` y `DecreaseSpeed()` permiten modificar la velocidad de rotación en tiempo real, lo cual es útil si se necesita aumentar o disminuir la velocidad de las palas durante la simulación. Estos métodos permiten que el sistema sea flexible y ajustable en función de las necesidades del escenario.
4. **Activación y Desactivación de la Rotación:** El método `ToggleRotation()` permite alternar entre activar y desactivar la rotación de las palas, modificando el valor de `isRotating`. Esto es útil si se quiere detener las palas temporalmente y luego reactivarlas sin necesidad de modificar otras variables.
5. **Métodos de Inicialización:** El método `Start()` establece los valores iniciales de las variables. Es crucial para configurar la velocidad inicial y el estado de rotación, asegurando que las palas comiencen en el estado deseado al inicio de la simulación o del juego.

La clase `BladeRotation` está diseñada para controlar la rotación de las palas de un motor o dispositivo similar. En primer lugar, se define la variable `rotationSpeed`, que controla la velocidad de rotación. La variable `isRotating` determina si las palas están rotando, permitiendo que la rotación se detenga o comience según sea necesario.

En el método `Start()`, se inicializan las variables, lo que establece la velocidad inicial de rotación y el estado de las palas. El método `Update()` es llamado cada frame y controla la rotación de las palas, haciendo que éstas roten si `isRotating` es verdadero.

Para controlar la velocidad de rotación, se utilizan los métodos `IncreaseSpeed()` y `DecreaseSpeed()`, que ajustan el valor de `rotationSpeed`. Además, el método `ToggleRotation()` permite alternar entre activar y detener la rotación de las palas.

Este enfoque modular permite que la rotación de las palas sea flexible y controlable durante el ciclo de vida de la simulación, adaptándose a diferentes condiciones y necesidades de la aplicación.

4.1.2.2 Clase ConectarPlugs_Male_Female

Esta clase gestiona la interacción entre un conector macho y hembra en un entorno VR en Unity. Permite que dos objetos específicos: conectores macho y hembra, se

unan cuando se detecta una colisión. Además, maneja la interacción mediante controles XR, permitiendo que el usuario seleccione y conecte los objetos en un entorno de realidad virtual con gran versatilidad.

Tabla 4 Clase ConectarPlugs_Male_Female.

Tipo de recurso	Nombre	Descripción
Variable	malePlug	Referencia al objeto que representa el conector macho en la simulación.
Variable	femalePlug	Referencia al objeto que representa el conector hembra en la simulación.
Variable	isConnected	Booleano que indica si el conector macho y hembra están conectados.
Método	Start()	Método que se ejecuta al inicio, inicializando las conexiones entre los conectores macho y hembra.
Método	Update()	Método llamado en cada frame del juego. Verifica el estado de los conectores y gestiona la conexión.
Método	Connect()	Método que establece la conexión entre el conector macho y hembra, cambiando el estado de isConnected.
Método	Disconnect()	Método que desconecta los conectores, estableciendo isConnected a false y removiendo la conexión entre ellos.
Método	CheckConnection()	Método que verifica el estado de la conexión entre el conector macho y hembra, proporcionando una respuesta lógica sobre su estado.

1. **Propósito de la clase:** La clase ConectarPlugs_Male_Female se encarga de gestionar la conexión y desconexión entre dos objetos de tipo “macho” y “hembra”, típicamente usados en simulaciones o juegos donde se requiere un sistema de conectores. Esta clase maneja el estado de la conexión y permite controlar el proceso de conexión de manera programática.

2. **Gestión de la Conexión:** Las variables `malePlug` y `femalePlug` representan los conectores macho y hembra. A través de ellas, se puede acceder y manipular los objetos que representan estos conectores en el entorno del juego. La variable `isConnected` indica si los conectores están actualmente conectados, permitiendo realizar acciones basadas en este estado.
3. **Métodos de Conexión y Desconexión:** La clase incluye los métodos `Connect()` y `Disconnect()`, que permiten manejar la conexión entre los conectores macho y hembra. `Connect()` establece la conexión, mientras que `Disconnect()` la elimina, lo que cambia el valor de `isConnected` y asegura que el estado refleje correctamente la acción realizada.
4. **Comprobación de la Conexión:** El método `CheckConnection()` permite verificar si los conectores están actualmente conectados. Este método es útil para determinar el estado en tiempo real y tomar decisiones basadas en si los conectores están activos o no.
5. **Métodos de Inicialización:** El método `Start()` se ejecuta al inicio de la simulación o del juego, y su función principal es inicializar las referencias a los conectores y preparar el entorno para las interacciones entre ellos.

La clase `ConectarPlugs_Male_Female` maneja la lógica de conexión entre dos objetos de tipo "macho" y "hembra". Los objetos representados por `malePlug` y `femalePlug` son componentes que pueden conectarse o desconectarse según las necesidades de la simulación.

En el método `Start()`, se inicializan las variables de referencia y se prepara el entorno para que la conexión y desconexión pueda ocurrir. Cada vez que el estado de los conectores debe ser actualizado, el método `Update()` se ejecuta, permitiendo comprobar continuamente la relación entre los conectores.

El método `Connect()` cambia el estado de la conexión entre los conectores a "conectado", lo que generalmente implica que ciertos eventos o acciones pueden tener lugar una vez que la conexión se ha establecido. En contraste, `Disconnect()` desactiva la conexión y establece `isConnected` a `false`, lo que desactiva las acciones relacionadas con la conexión.

El método CheckConnection() es útil para verificar el estado de la conexión en cualquier momento, lo que facilita la toma de decisiones en función de si los conectores están o no conectados.

Este enfoque modular permite que el sistema de conectores sea flexible y pueda adaptarse a distintos tipos de interacciones, brindando control completo sobre el proceso de conexión en el contexto del juego o simulación.

4.1.2.3 Clase Multímetro_Conexiones

El script Multímetro_Conexiones se encarga de gestionar las conexiones de un multímetro con otros objetos dentro de un entorno de realidad virtual o aumentada. Se basa en el uso de interacciones de XR para detectar colisiones y permitir al usuario conectar y desconectar el multímetro a diferentes puntos de conexión.

Tabla 5 Clase Multímetro_Conexiones.

Tipo de recurso	Nombre	Descripción
Variable	conexionesActivas	Lista de objetos Conexion que representa las conexiones activas del multímetro.
Variable	puerto	Representa el puerto de comunicación del multímetro.
Método	Conectar()	Establece la conexión con el puerto de comunicación especificado.
Método	Desconectar()	Desconecta el multímetro, cerrando el puerto de comunicación.
Método	AgregarConexion()	Agrega una nueva conexión a la lista de conexionesActivas.
Método	EliminarConexion()	Elimina una conexión de la lista conexionesActivas de acuerdo a un identificador o conexión específica.
Método	LeerValores()	Lee los valores de las conexiones activas, probablemente se utiliza para obtener mediciones de voltaje, corriente u otras señales a través del multímetro.
Método	ActualizarConexion()	Actualiza las propiedades de una conexión activa en la lista conexionesActivas.

1. **Propósito de la clase:** La clase Multímetro_Conexiones simula un multímetro con capacidades de conexión y desconexión a puertos de comunicación. Además, gestiona conexiones activas y puede leer los valores de estas conexiones, lo cual es esencial para medir parámetros eléctricos en un sistema.

2. **Manejo de Conexiones:** La variable `conexionesActivas` almacena todas las conexiones activas del multímetro. A través de los métodos `AgregarConexion()` y `EliminarConexion()`, se pueden modificar las conexiones activas, permitiendo la flexibilidad de añadir o quitar conexiones según sea necesario.
3. **Conexión y Desconexión:** Los métodos `Conectar()` y `Desconectar()` gestionan la comunicación con el multímetro, asegurando que se establezca una conexión con el puerto adecuado para la medición. La desconexión se asegura cerrando correctamente el puerto para evitar errores de comunicación.
4. **Lectura de Mediciones:** El método `LeerValores()` es clave, ya que permite obtener las mediciones de las conexiones activas. Esto podría incluir mediciones de voltaje, corriente o resistencia, dependiendo de la implementación del objeto `Conexion`.
5. **Actualización de Conexiones:** El método `ActualizarConexion()` proporciona la capacidad de modificar las características de una conexión ya existente, permitiendo actualizar el estado de las conexiones activas en tiempo real.

La clase `Multimetro_Conexiones` tiene como objetivo principal gestionar la comunicación entre un multímetro y las conexiones eléctricas a través de un puerto de comunicación. Inicia con la capacidad de conectar y desconectar el dispositivo de forma dinámica, lo que es esencial para interactuar con el multímetro durante las mediciones.

Las conexiones activas se almacenan en una lista, lo que permite tener múltiples mediciones simultáneas y gestionarlas de manera ordenada. Los métodos `AgregarConexion()` y `EliminarConexion()` permiten agregar nuevas conexiones o eliminar conexiones existentes, lo que da flexibilidad al sistema. Además, el método `LeerValores()` proporciona la capacidad de obtener datos de las conexiones activas, esenciales para medir voltajes, corrientes u otros parámetros eléctricos.

Por último, la clase también incluye un mecanismo para actualizar el estado de las conexiones mediante el método `ActualizarConexion()`, lo que permite modificar las conexiones sin necesidad de desconectar el multímetro.

4.1.2.4 Clase `MotorCablePos`

Implementa un sistema de conexión en un entorno de realidad virtual utilizando Unity y XR Toolkit. El script gestiona la interacción entre un multímetro y otros objetos en

VR, especialmente a través de eventos de colisión y de acciones en el controlador de VR.

Tabla 6 Clase MotorCablePos.

Tipo de recurso	Nombre	Descripción
Variable	cablePosiciones	Lista que almacena las posiciones de los cables conectados al motor.
Variable	motorActivo	Indica si el motor está activado o no.
Método	ActivarMotor()	Activa el motor, estableciendo la variable motorActivo a true.
Método	DesactivarMotor()	Desactiva el motor, estableciendo la variable motorActivo a false.
Método	AjustarPosicionCable()	Ajusta la posición de un cable dentro de la lista cablePosiciones en función de su índice y la nueva posición deseada.
Método	LeerPosiciones()	Devuelve la lista actual de las posiciones de los cables.
Método	ActualizarPosiciones()	Actualiza las posiciones de los cables según alguna lógica, posiblemente relacionada con el movimiento o ajuste del motor.
Método	CalibrarMotor()	Calibra el motor para asegurar que las posiciones de los cables estén correctamente alineadas con la configuración deseada.

1. **Propósito de la clase:** La clase MotorCablePos simula el comportamiento de un motor que controla la posición de los cables conectados a él. La clase gestiona el estado del motor (activado/desactivado) y la posición de los cables asociados, permitiendo ajustar, leer y actualizar sus posiciones de manera controlada.
2. **Gestión del Motor:** El motor puede ser activado o desactivado utilizando los métodos ActivarMotor() y DesactivarMotor(). La variable motorActivo actúa como un interruptor para indicar el estado del motor, asegurando que las operaciones relacionadas con el movimiento de los cables solo ocurran cuando el motor está activo.
3. **Gestión de Posiciones de los Cables:** Las posiciones de los cables se almacenan en la lista cablePosiciones. Esto permite un control dinámico sobre la ubicación de cada cable conectado al motor. Los métodos AjustarPosicionCable() y ActualizarPosiciones() permiten modificar y actualizar estas posiciones, posiblemente en función de la acción del motor.

4. **Calibración del Motor:** El método `CalibrarMotor()` asegura que el motor esté correctamente alineado con las posiciones de los cables. Esto podría ser necesario para garantizar que los cables estén correctamente posicionados antes de cualquier ajuste o movimiento.
5. **Lectura de Posiciones:** El método `LeerPosiciones()` permite acceder a la lista de posiciones actuales de los cables, lo que es útil para obtener información sobre el estado de cada cable y verificar si se necesitan ajustes.

La clase `MotorCablePos` está diseñada para controlar un motor que ajusta las posiciones de cables conectados a él. La variable `motorActivo` controla si el motor está en funcionamiento, y las posiciones de los cables están gestionadas a través de la lista `cablePosiciones`. Esto permite un manejo preciso de las posiciones en un entorno controlado.

El motor puede ser activado o desactivado mediante los métodos `ActivarMotor()` y `DesactivarMotor()`, lo que garantiza que las acciones del motor solo ocurran cuando se haya iniciado adecuadamente. El método `AjustarPosicionCable()` permite modificar la posición de los cables, mientras que `ActualizarPosiciones()` asegura que cualquier cambio en la configuración de las posiciones sea actualizado adecuadamente.

Además, la clase incluye un método de calibración (`CalibrarMotor()`), el cual asegura que las posiciones de los cables estén correctamente alineadas antes de realizar cualquier operación. El método `LeerPosiciones()` permite consultar las posiciones actuales de los cables, lo que facilita la supervisión y ajuste de los cables según sea necesario.

4.1.2.5 Clase `MotorControl`

Este código, `MotorControl`, controla el encendido y apagado de un motor simulado a través de una serie de condiciones específicas. Se observa que el motor se activa y desactiva en función de la posición de los cables y el estado de los interruptores.

Las referencias a otros objetos y scripts, como `BladeRotation`, `MotorCablePos`, `MotorCableNeg` y `NewSwitchControl`, se utilizan para determinar si el motor debe activarse.

Se usan componentes de sonido (AudioSource) como motorOn, motorOff y motorOnContinued para gestionar los efectos de sonido al encender y apagar el motor.

Tabla 7 Clase MotorControl.

Tipo de recurso	Nombre	Descripción
Variable	motorActivo	Indica si el motor está actualmente activo o apagado.
Variable	velocidad	Controla la velocidad de rotación del motor.
Variable	direccion	Almacena la dirección de rotación del motor (por ejemplo, si rota en sentido horario o antihorario).
Método	ActivarMotor()	Activa el motor, estableciendo motorActivo a true.
Método	DesactivarMotor()	Desactiva el motor, estableciendo motorActivo a false.
Método	AjustarVelocidad()	Ajusta la velocidad de rotación del motor mediante un valor específico.
Método	CambiarDireccion()	Cambia la dirección de rotación del motor.
Método	ObtenerEstadoMotor()	Devuelve el estado actual del motor (activo o desactivado).
Método	ActualizarMotor()	Actualiza el motor según los parámetros actuales (velocidad y dirección).

1. **Propósito de la clase:** La clase MotorControl tiene como objetivo controlar el encendido y apagado de un motor, además de ajustar su velocidad y dirección de rotación. Esto permite un control completo sobre el funcionamiento del motor, ideal para simulaciones o aplicaciones que requieran manipular la rotación de un motor en función de diversos parámetros.
2. **Gestión del Motor:** La clase proporciona métodos para activar y desactivar el motor. El método ActivarMotor() establece la variable motorActivo como true, mientras que DesactivarMotor() la establece como false. Esto asegura que el motor solo ejecute movimientos cuando se le indique explícitamente.
3. **Control de Velocidad y Dirección:** El motor puede ajustar su velocidad a través del método AjustarVelocidad(), lo que permite especificar la rapidez con la que debe rotar. Además, la dirección del motor puede modificarse utilizando el método CambiarDireccion(), lo que permite controlar si el motor gira en sentido horario o antihorario.

4. **Estado del Motor:** El método `ObtenerEstadoMotor()` devuelve el estado actual del motor (activo o inactivo), lo que proporciona información sobre si el motor está en funcionamiento en un momento dado.
5. **Actualización del Motor:** El método `ActualizarMotor()` es responsable de actualizar el comportamiento del motor en función de los parámetros actuales, como la velocidad y la dirección. Esto garantiza que cualquier cambio en estos parámetros se refleje en el comportamiento del motor en tiempo real.

La clase `MotorControl` está diseñada para ofrecer control completo sobre un motor. Esto incluye la capacidad de activar y desactivar el motor mediante los métodos `ActivarMotor()` y `DesactivarMotor()`. Estos métodos cambian la variable `motorActivo`, que actúa como un interruptor para permitir o impedir la rotación del motor.

Además, la clase permite ajustar tanto la velocidad como la dirección del motor. A través de los métodos `AjustarVelocidad()` y `CambiarDireccion()`, el usuario puede modificar cómo gira el motor, especificando la rapidez y el sentido de rotación. Esto es útil para aplicaciones que requieren precisión en el control del movimiento del motor.

El método `ObtenerEstadoMotor()` proporciona una forma de consultar si el motor está actualmente encendido o apagado, lo que facilita la supervisión del estado del motor. Por último, el método `ActualizarMotor()` permite que el motor se ajuste dinámicamente según los parámetros de velocidad y dirección en tiempo real, manteniendo así su funcionamiento sincronizado con las configuraciones actuales.

4.1.2.6 Clase `MultimeterDisplay`

Este código es de una clase `MultimeterDisplay` en Unity, que simula el funcionamiento de un multímetro en un entorno de simulación.

Se definen varias variables públicas que hacen referencia a objetos que el código interactúa, como `multimetroSelection`, para seleccionar el multímetro, `multimetroConexionRed` y `multimetroConexionBlack`, para controlar las conexiones de los cables, y varios objetos `WireFemale` como cables conectados a diferentes puntos.

La clase también contiene variables como `voltajevalue`, `voltajevalue2`, que simulan las lecturas de voltaje.

Tabla 8 Clase `MultimeterDisplay`.

Tipo de recurso	Nombre	Descripción
Variable	<code>valorMedido</code>	Almacena el valor que se muestra en la pantalla del multímetro.
Variable	<code>unidad</code>	Representa la unidad de medida (por ejemplo, voltios, amperios, ohmios) asociada al valor que se muestra en la pantalla.
Variable	<code>esModoDigital</code>	Indica si el multímetro está en modo digital o analógico.
Método	<code>ActualizarPantalla()</code>	Actualiza el valor y la unidad en la pantalla del multímetro.
Método	<code>CambiarUnidad()</code>	Cambia la unidad de medida mostrada (por ejemplo, de voltios a amperios).
Método	<code>ActivarModoDigital()</code>	Activa el modo digital en la pantalla del multímetro.
Método	<code>ActivarModoAnalogico()</code>	Activa el modo analógico en la pantalla del multímetro.
Método	<code>MostrarValor()</code>	Muestra el valor medido en la pantalla del multímetro, formateado según la unidad seleccionada.
Método	<code>MostrarError()</code>	Muestra un mensaje de error en la pantalla, por ejemplo, si el valor medido está fuera del rango aceptable.

- Propósito de la clase:** La clase `MultimeterDisplay` está diseñada para representar la pantalla de un multímetro, permitiendo mostrar valores medidos y cambiar entre diferentes unidades y modos de visualización. Es fundamental para simular cómo se visualizan los resultados en dispositivos como multímetros digitales o analógicos.
- Gestión de la Visualización:** La clase proporciona los métodos necesarios para actualizar la pantalla con el valor y la unidad de medida. El método `ActualizarPantalla()` es el encargado de actualizar el valor que se muestra, mientras que el método `MostrarValor()` lo presenta en la pantalla de manera formateada según la unidad seleccionada.
- Cambio de Unidad y Modos de Medición:** Un aspecto importante de la clase es su capacidad para cambiar la unidad de medida de acuerdo con el tipo de medición que

se realice, como voltios, amperios o resistencia. Esto se maneja mediante el método `CambiarUnidad()`. Además, la clase permite alternar entre el modo digital y el analógico con los métodos `ActivarModoDigital()` y `ActivarModoAnalogico()`.

4. **Manejo de Errores:** En caso de que ocurra un error o el valor medido no sea válido, el método `MostrarError()` permite mostrar un mensaje de error en la pantalla, lo que puede ser útil para indicar problemas como mediciones fuera de rango.

La clase `MultimeterDisplay` simula la pantalla de un multímetro y proporciona la funcionalidad para mostrar el valor de una medición en diferentes unidades, así como cambiar entre los modos digital y analógico. El valor que se muestra es controlado por la variable `valorMedido`, mientras que la unidad de medida correspondiente (voltios, amperios, etc.) se almacena en la variable `unidad`.

Los métodos como `ActualizarPantalla()` y `MostrarValor()` se encargan de actualizar y mostrar la información en la pantalla del multímetro, presentando el valor y su unidad en un formato adecuado. Además, se puede cambiar la unidad mediante el método `CambiarUnidad()`, lo cual es importante para adaptarse a diferentes tipos de medición.

El modo de la pantalla también puede alternarse entre digital y analógico utilizando los métodos `ActivarModoDigital()` y `ActivarModoAnalogico()`. Esto permite simular cómo los diferentes tipos de multímetros muestran la medición, ya sea con una pantalla numérica digital o con una aguja analógica.

Finalmente, si se produce un error (como un valor fuera de rango), el método `MostrarError()` muestra un mensaje adecuado en la pantalla para alertar al usuario. Esta clase, por lo tanto, cubre todas las necesidades para representar un multímetro en una simulación o interfaz de usuario, permitiendo un control flexible sobre cómo se presentan los datos medidos.

4.3 Resultados de la Implementación del Laboratorio de Realidad Virtual

El proyecto culminó en el desarrollo de una aplicación de realidad virtual que permite a los usuarios interactuar con paneles solares simulados dentro de un entorno virtual detallado y realista. Esta plataforma educativa, concebida como un laboratorio virtual, integra una variedad de elementos y dispositivos relacionados con la energía solar, los cuales están organizados en una escena coherente que simula un entorno de laboratorio real. Los usuarios pueden explorar los componentes de un sistema fotovoltaico, como paneles solares, multímetros, y motores, lo que facilita la

comprensión de conceptos técnicos y científicos a través de la manipulación directa y la observación de respuestas dinámicas en tiempo real. Esta experiencia inmersiva no solo enriquece el proceso de aprendizaje, sino que también ofrece una oportunidad única para familiarizarse con la tecnología de energía solar de manera interactiva y accesible, sin necesidad de equipo físico especializado.

4.3.1 Paneles solares:

Los paneles son los objetos más representativos de esta práctica, presentan una forma geométrica simple, por lo cual se pudieron modelar fácilmente utilizando un arreglo de cubos y ajustando sus dimensiones, propiedades físicas y colores, luego se aplicó una foto como textura consiguiendo un resultado que se cree es suficientemente convincente, como se muestra en la Figura 16.



Figura 16 Paneles solares.

4.3.2 Cables

Los cables son los elementos más importantes si pretendemos simular conexiones realistas. Se probaron diferentes técnicas para obtener algo realista, pues Unity al tiempo de este no proyecto incluye unas cuerdas o cables en sus paquetes gratuitos, por lo cual el proceso de diseño y programación de su comportamiento fue uno de los mayores retos de este proyecto en la etapa de modelado y preparación de los elementos en la escena. Luego de una extensa investigación sobre cómo lograr una

apariencia y comportamiento realistas para los cables, y de enfrentar la complejidad del proceso necesario para crear cables con las características inicialmente deseadas, se encontró un recurso en línea que proporcionaba una solución de código abierto específicamente diseñada para este propósito. El código y una explicación detallada están disponibles en el siguiente enlace: [Video del desarrollador](#), creado por un desarrollador independiente de realidad virtual que comparte sus proyectos en la red.

La herramienta encontrada es un objeto creado en Unity llamado Wire Builder. Aunque este aporte redujo olímpicamente el trabajo necesario para lograr el resultado deseado, de igual manera se hizo necesario un importante estudio sobre cómo estaba concebida esta herramienta con el objetivo de lograr modificarla a voluntad para nuestro caso. Accediendo a los métodos de este objeto Wire Builder se consiguió modificar los cables para cada uno de los usos necesarios en el laboratorio.

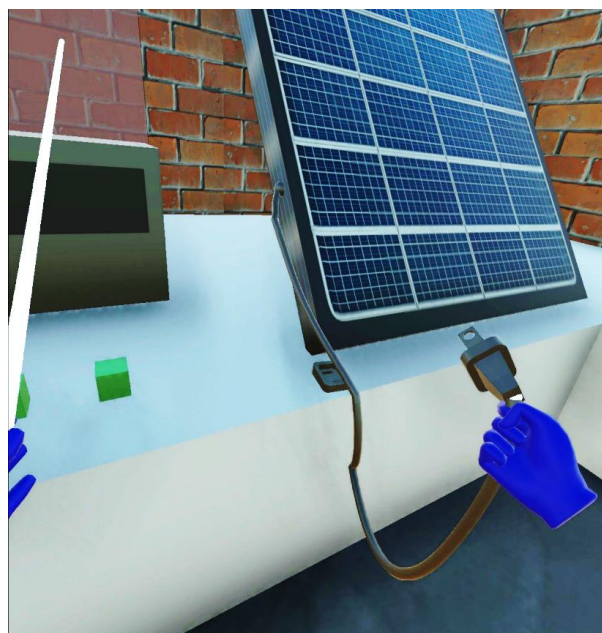


Figura 17 Cables.

4.3.3 Cables personalizados con lógica para conexión-desconexión y eventos:

Los cables fueron modificados para funcionar con conectores macho-hembra. Se modificó el código para que se conecten al colisionar un conector macho con un conector hembra. Al mismo tiempo presentan atención a eventos, lo que permite que fluya la corriente sólo al conectarlos o que se apague el motor al desconectarlo de los paneles. También contienen parte de la lógica que permite simular

mediciones sobre ellos usando el multímetro.

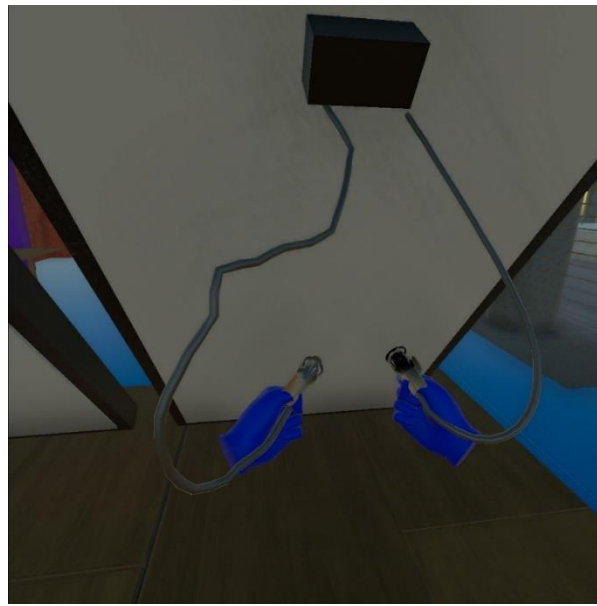


Figura 18 Cables hembra-macho desconectados.

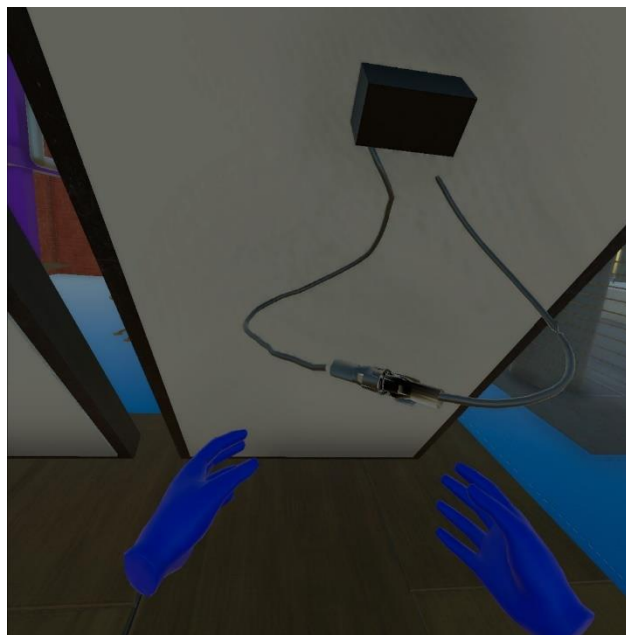


Figura 19 Cables hembra-macho conectados.

Al comienzo del proyecto se desconocían las plataformas para adquirir los modelos 3D con buenos acabados y se optó por modelar todo directamente en Unity con figuras simples. Al obtener más experiencia en el proceso de creación del laboratorio se consiguió mejorar significativamente el resultado gráfico. Esto se evidencia con más claridad en las imágenes que se presentan a continuación:

4.3.4 Panel de control



Figura 20 Panel de control.

4.3.5 Motor DC

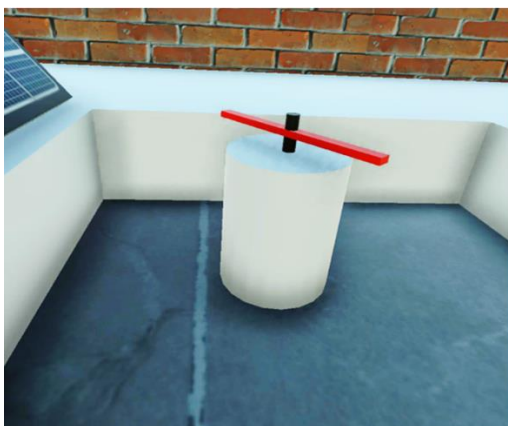


Figura 21 Motor DC.

4.3.6 Multímetro

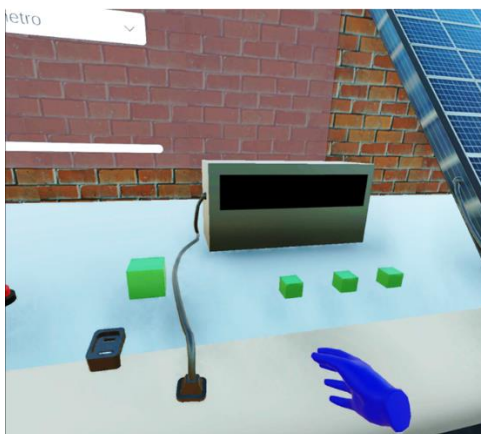


Figura 22 Multímetro

4.3.7 Interruptores

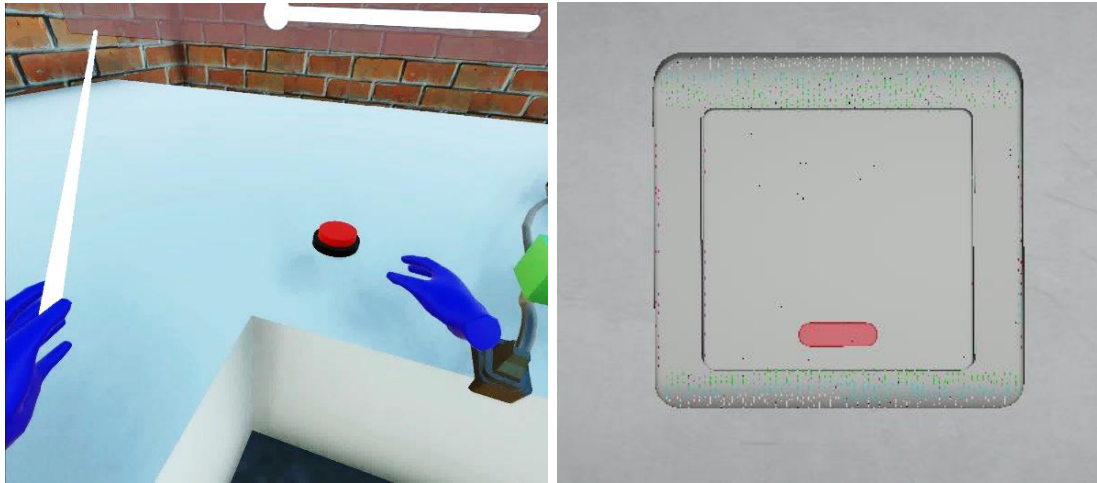


Figura 23 Interruptor apagado.

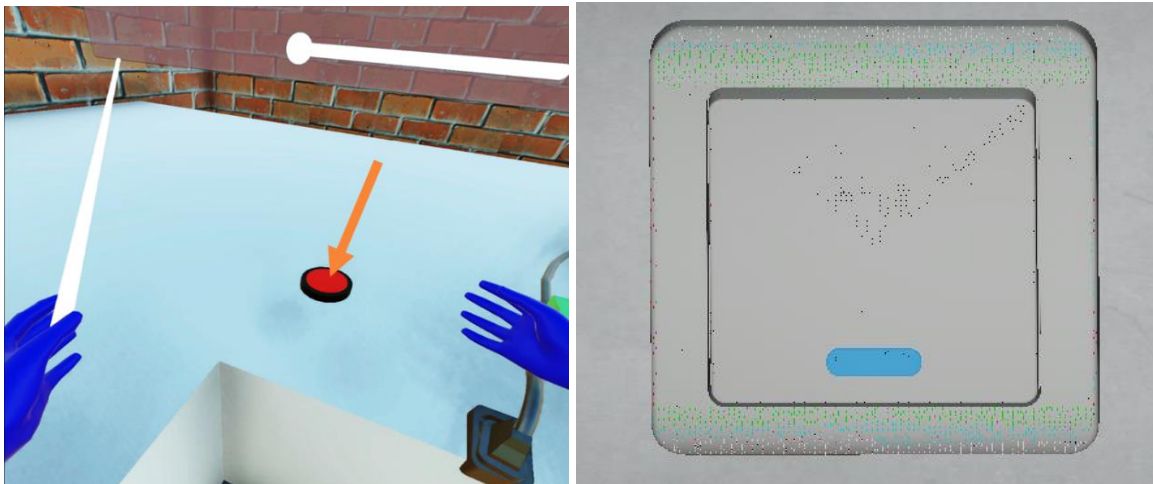


Figura 24 Interruptor encendido.

4.3.8 Hub para conexiones en paralelo

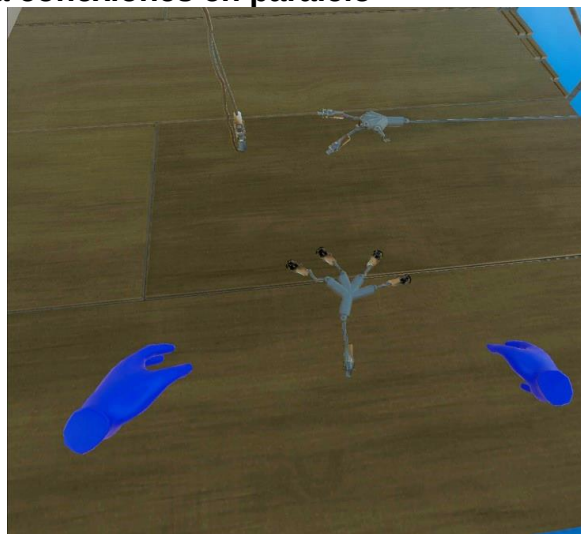


Figura 25 Hub para conexiones en paralelo.

El usuario debe llegar hasta la parte trasera de los paneles y subir a la plataforma para ser capaz de realizar las diferentes conexiones y cumplir con los objetivos de la práctica, tal como lo haría en una práctica en la realidad. Las opciones de conexión disponibles entre paneles son en serie, en paralelo y combinación de serie-paralelo. Si bien, inicialmente se ideó que si son conectados de forma cruzada se penalice de alguna manera al usuario (quemando los paneles, sacando un mensaje de alerta o de tarea fallida), esto en la práctica no fue necesario, esto es debido a que los conectores son macho-hembra y tal como en la realidad no es posible conectarlos por diseño en macho-macho o hembra-hembra, lo cual simplificó la solución. Al hacer las conexiones el usuario podrá medir con el multímetro para validar los resultados.

Ejercicio conexión de paneles en serie y en paralelo:

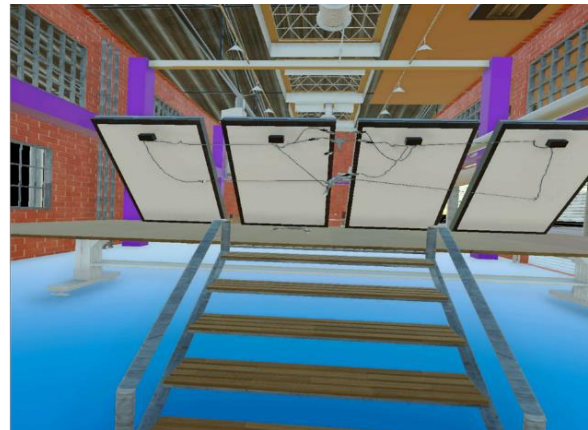
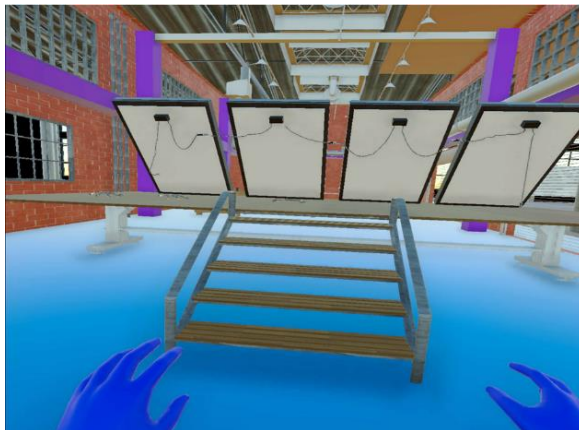


Figura 26 Paneles conectados en serie y en paralelo.

Vista general del laboratorio virtual:

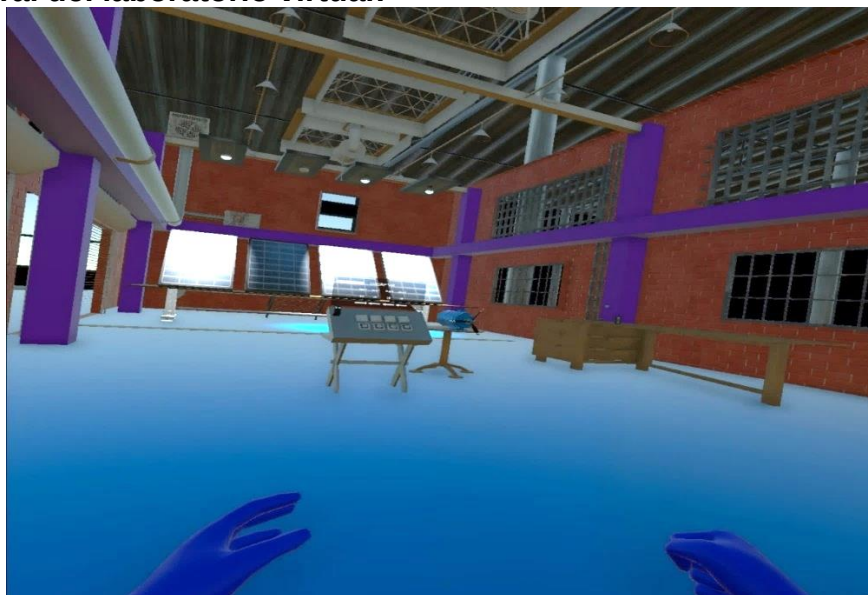


Figura 27 Vista panorámica del laboratorio.

La investigación realizada revela que el diseño del laboratorio virtual, tal como fue implementado, presenta diversas limitaciones. En particular, las fases de diseño relacionadas con la calidad visual del resultado obtenido se vieron afectadas por la falta de experiencia en estas áreas. Como consecuencia, el tiempo invertido en mejorar o buscar soluciones para los aspectos gráficos fue considerablemente mayor, con el objetivo de lograr una representación más realista en la escena. Esta situación provocó desafíos y demoras en la programación de los eventos, área en la que el autor tiene mayor experiencia, lo que convirtió estas dificultades en un reto profesional del cual se extrajo un valioso aprendizaje.

Otra limitación inicial fue la falta de hardware adecuado para una experiencia de desarrollo fluida. En un principio, se disponía de una laptop HP i5 de cuarta generación sin GPU y con 8 GB de RAM, la cual presentó un desempeño lento y poco satisfactorio al trabajar con Unity, lo que resultó en escaso progreso durante varios meses. Como respuesta, fue necesario adquirir un nuevo equipo, en este caso, una laptop Dell i5 de 11^a generación sin GPU y con 16 GB de RAM. Este cambio mejoró significativamente la experiencia de desarrollo, permitiendo un mayor número de pruebas y ajustes en los distintos elementos, lo que resultó en avances sustanciales en menor tiempo y con una calidad superior.

CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El desarrollo de este proyecto representa una contribución significativa al ámbito de la sustentabilidad energética y la educación tecnológica. A través de la integración de la realidad virtual como herramienta inmersiva, se ha buscado abordar problemas concretos relacionados con la capacitación, el uso eficiente de recursos y la promoción de prácticas sostenibles. En este apartado, se presentan las conclusiones derivadas del desarrollo y la implementación del laboratorio virtual, destacando tanto los logros alcanzados como las áreas de oportunidad identificadas durante el proceso. Estas conclusiones reflejan el impacto potencial del proyecto en el ámbito educativo y tecnológico, además de proporcionar una base sólida para futuras investigaciones e innovaciones en el campo de las energías renovables. A continuación, se enlistan las conclusiones principales:

La creación de un laboratorio virtual para la simulación de procesos de sustentabilidad energética demuestra ser una solución eficaz y viable para reducir costos de operación y consumo de recursos físicos en actividades de investigación y capacitación.

El laboratorio desarrollado cumple con los objetivos planteados al reproducir prácticas reales de manejo y medición en paneles solares, ofreciendo una experiencia educativa inmersiva y práctica que refuerza el aprendizaje de los usuarios.

Este proyecto evidencia que el desarrollo de entornos virtuales inmersivos requiere una alta interdisciplinariedad, involucrando diseño gráfico 3D, programación avanzada y optimización de hardware para alcanzar resultados satisfactorios.

A pesar de las limitaciones técnicas iniciales, los resultados obtenidos confirman el potencial de la realidad virtual como herramienta educativa para la sensibilización y capacitación en energías renovables, contribuyendo a la adopción de prácticas

sostenibles en el ámbito energético.

La implementación de tecnologías inmersivas en el ámbito educativo fomenta la democratización del acceso al conocimiento y la capacitación práctica, ofreciendo alternativas innovadoras frente a las limitaciones de recursos físicos y tiempo en entornos académicos.

5.2 Recomendaciones para futuras investigaciones

Para futuras investigaciones, se sugieren los siguientes puntos de mejora y optimización:

Colaboración con diseñadores especializados: Se recomienda la formación de un equipo multidisciplinario que incluya un diseñador gráfico especializado en la parte visual y artística. Esto permitirá que el programador se enfoque exclusivamente en la lógica y los eventos de los objetos en la escena, optimizando así los recursos y el tiempo de desarrollo.

Incorporación de modelos matemáticos avanzados: Para lograr un mayor realismo en la simulación, sería pertinente estudiar y aplicar modelos matemáticos específicos para cada objeto clave, como los motores y los paneles solares. Esto podría incluir, por ejemplo, el modelado de curvas de desempeño en paneles solares o la implementación de la función de respuesta al estrés mecánico en los motores, lo que mejoraría la precisión de las interacciones dentro de la simulación.

Desarrollo de prácticas más complejas: Se sugiere la creación de escenarios prácticos más complejos y avanzados derivados de la práctica actual. Estas nuevas prácticas permitirían mejorar tanto la experiencia como el aprendizaje del usuario, brindando una formación más completa e interactiva.

Exploración de tecnologías complementarias: Sería valioso evaluar la posibilidad de integrar el proyecto actual con otras tecnologías emergentes, como la Realidad Mixta o la Realidad Aumentada, con el fin de ampliar el alcance y enriquecer la experiencia de los usuarios.

Creación de un aula virtual: Se recomienda utilizar los resultados obtenidos en esta investigación para desarrollar una plataforma de aula virtual para el CiiCap, ofreciendo

a los estudiantes una experiencia inmersiva y accesible, lo que les permitirá interactuar directamente con la tecnología y experimentar con entornos virtuales educativos.

Estos puntos de mejora pueden contribuir significativamente al avance y perfeccionamiento de la investigación y el desarrollo de proyectos similares en el futuro.

REFERENCIAS

- [1] F. O. Botello, C. De, L. C. Sosa, R. De, y L. Caballero, "Artículos científicos Pedagogical and technological considerations for online teaching and learning in Higher Education derived from the COVID-19 pandemic", 2021. [En línea]. Disponible en: <http://orcid.org/0000-0003-4407-5832><http://orcid.org/0000-0003-3524-4243>
- [2] L. Lerma García, D. Rivas Porras, J. R. Adame Gallegos, F. Ledezma Millán, H. A. López De La Torre, y C. E. Ortiz Palomino, "Realidad Virtual como técnica de enseñanza en Educación Superior: perspectiva del usuario", *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica*, vol. 38, núm. 1, pp. 111–123, nov. 2020, doi: 10.14201/et2020381111123.
- [3] G. Mariscal, E. Jiménez, M. D. Vivas-Urias, S. Redondo-Duarte, y S. Moreno-Pérez, "Virtual reality simulation-based learning", *Education in the Knowledge Society*, vol. 21, 2020, doi: 10.14201/eks.20809.
- [4] E. Menjivar Valencia, E. Sánchez Rivas, J. Ruiz Palmero, y T. Linde Valenzuela, "Revisión de la producción científica sobre la Realidad Virtual entre 2016 y 2020 a través de Scopus y WOS", *EDMETIC*, vol. 10, núm. 2, pp. 26–55, jul. 2021, doi: 10.21071/edmetic.v10i2.13422.
- [5] R. S. Ferreira, R. A. C. Xavier, y A. S. R. Ancioto, "Virtual reality as a tool for basic and vocational education", *Revista Científica General Jose Maria Cordova*, vol. 19, núm. 33, pp. 223–241, ene. 2021, doi: 10.21830/19006586.728.
- [6] Sr. Martínez BrayanHarold, "DISEÑO DE UN ENTORNO 3D DE REALIDAD VIRTUAL COMO ESTRATEGIA PEDAGÓGICA EN EL APRENDIZAJE DE MICROSCOPIA EN ESTUDIANTES DE BIOLOGÍA DE LA UTN", Ibarra - Ecuador, 2022.
- [7] R. Por José, M. Rascón, A. Tutorizado, E. Guzmán, y D. L. Riscos, "LABORATORIO DE INTERFACES DE REALIDAD VIRTUAL VIRTUAL REALITY INTERFACE LAB", 2020.
- [8] E. P. Idrovo-Iñiguez y S. A. Moscoso-Bernal, "Realidad virtual en el desarrollo de enseñanza-aprendizaje en estudiantes de odontología", *CIENCIAMATRIA*, vol. 8, núm. 4, pp. 243–266, ago. 2022, doi: 10.35381/cm.v8i4.851.
- [9] M. Lopera-Pérez, M. E. Cardona Zapata, y M. J. Gallego Orozco, "Laboratorio de medio ambiente «e-lab»: ODS 4 y 6 a través de tecnologías emergentes", *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, vol. 40, núm. 3, pp. 165–183, jul. 2022, doi: 10.5565/rev/ensciencias.3331.
- [10] M. C. Loureda, "THEATER AND VIRTUAL REALITY AS AN EXPERIMENTAL METHODOLOGY FOR THE HUMANITIES", *AusArt*, vol. 8, núm. 1, pp. 169–181, 2020, doi: 10.1387/ausart.21487.
- [11] J. Alberto, F. Cruz, P. C. Gallardo, y E. Avalos Villarreal, "La realidad virtual, una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería Virtual reality, an innovative technology applicable to the teaching of engineering students", 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura3/rt/printerFri...>
- [12] P. González-Pérez y J. M. Mesías-Lema, "Virtual Reality for the teaching and learning of perspective in drawing", *EduTec*, vol. 83, pp. 188–207, mar. 2023, doi: 10.21556/edutec.2023.83.2681.
- [13] G. Riva, "Virtual Reality in Psychotherapy: Review", 2005.

- [14] G. Stauskis, "Development of methods and practices of virtual reality as a tool for participatory urban planning: a case study of Vilnius City as an example for improving environmental, social and energy sustainability", *Energy Sustain Soc*, vol. 4, núm. 1, pp. 1–13, 2014, doi: 10.1186/2192-0567-4-7.
- [15] J. L. S. R. J. A. A. O. y C. F. C. R. Cervantes García, "Sistema fotovoltaico de 200 kWp en la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad de Colima", *Revista de Energías Renovables*, vol. 17, no. 2, pp. 45–55, 2023.
- [16] R. O. J. B. J. M. R. A. E. V. L. y F. R. H. J. M. González López, "Incorporating Virtual Reality into the Teaching and Training of Grid-Tie Photovoltaic Power Plants Design", *Applied Sciences*, vol. 9, no. 21, pp. 4480–4480, 2019.
- [17] Carvajal Martínez Christian Andrés, "Modelo de una propuesta de mantenimiento eólico para el entrenamiento virtual", 2022.
- [18] P. Pérez, "Mundos Virtuales y Realidad Virtual", Disponible en: <https://mundovirtuales1.blogspot.com/2020/10/1.html>.
- [19] J. M. Wilson y A. K. Franklin, "Historical Evolution of Virtual Reality Technology and Applications", *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 26, no. 5., pp. 1823–1835, 2020.
- [20] F. J. Pérez Martínez, "Presente y Futuro de la Tecnología de la Realidad Virtual", 2011. [En línea]. Disponible en: www.creatividadysociedad.com
- [21] R. W. Langacker, "VIRTUAL REALITY", 1999.
- [22] K. W. C. I. G. J. M. Zheng, "A real world review on a somewhat touchy subject", 1997.
- [23] S. R. Kim y L. J. Navarro, "Classification and Applications of Immersive, Non-Immersive, and Mixed Virtual Reality", *Journal of Virtual Reality Research*, vol. 15, no. 2., pp. 102–110, 2021.
- [24] P. T. Hernandez y D. G. Cole, "Fundamentals of Virtual Reality Systems: Hardware and Software Integration", *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 38, no. 4., pp. 87–95, 2022.
- [25] R. S. y W. H. F. Mujber, "Virtual Reality Applications in Education: An Overview and Review", *Int. J. of Educational Technology*, vol. 12, no. 3., pp. 45–55, 2022.
- [26] J. J. S. y H. W. L. D. S. Cho, "Virtual Reality Simulation in Surgical Training: Current Use and Future Directions", *Journal of Surgical Education*, vol. 78, no. 2., pp. 387–394, 2021.
- [27] L. P. Montgomery y M. J. Hopkins, "Virtual Reality in Military Training: Enhancing Tactical Skills", *Military Technology Review*, vol. 10, no. 1., pp. 102–110, 2020.
- [28] A. R. Singh y P. K. Gupta, "Driving and Flight Simulators in VR: Training Efficiency and Safety", *Aerospace and Transportation Research Journal*, vol. 8, no. 4., pp. 233–240, 2023.
- [29] H. G. Jacobs y F. C. Bell, "Virtual Heritage Sites: Preservation and Educational Applications", *Cultural Heritage Review*, vol. 15, no. 2., pp. 78–85, 2021.
- [30] K. L. Marshall y J. O. Young, "Virtual Reality in Television Production: Techniques and Applications", *Journal of Broadcasting Innovation*, vol. 14, no. 3., vol. 14, pp. 155–162, 2022.
- [31] M. T. Lin y R. A. Chen, "Virtual Museums: Enhancing Accessibility to Art", *Museum and Heritage Journal*, vol. 9, no. 1., pp. 23–30, 2023.

- [32] B. N. Lewis y K. R. Patel, "Virtual Science Worlds for Education and Research ", *Science Education Quarterly*, vol. 20, no. 2., pp. 91–98, 2021.
- [33] S. R. Williams, "Virtual Reality Gaming: Technology and User Experience ", *Entertainment Technology Journal*, vol. 11, no. 4., pp. 78–85, 2022.
- [34] J. F. Taylor y L. D. Benson, "Virtual Reality in Cartography: Visualization and Analysis ", *Journal of Geospatial Science*, vol. 17, no. 2., pp. 45–52, 2020.
- [35] K. E. Saidi, D. Ojados González, G. Salcedo Eugenio, M. G. Fuentes, y I. J. Ibarra Berrocal, *Aplicación de Realidad Virtual para Simulación de Recorridos de Evacuación de espacios sanitarios*. 2023.
- [36] S. A. Lévano Loayza, E. J. Quenta Silva, y A. P. Trevejo-Bocanegra, "Efecto de la retroalimentación (feedback) remota vs. presencial en el proceso de adquisición de destreza manual en un simulador de realidad virtual háptico: un estudio piloto", *Revista Estomatológica Herediana*, vol. 33, núm. 3, pp. 217–224, sep. 2023, doi: 10.20453/reh.v33i3.4940.
- [37] Granados Barnéond Ingrid Vanessa y Sánchez Daniel Ariano, "Percepción de los estudiantes sobre el reemplazo del modelo animal por prácticas de realidad virtual en el curso de Fisiología Animal en la Universidad del Valle de Guatemala", 2023.
- [38] Erazo Jesús y Sulbarán Pablo, "Metaverso más allá de la realidad inmersiva", 2022.
- [39] C. Banchoff, L. Fava, A. Schiavoni, y S. Martin, "Realidad Aumentada y Realidad Virtual: experiencias en diferentes ámbitos de aplicación", 2020.
- [40] J. Cabero Almenara y J. Barroso Osuna, "Posibilidades educativas de la Realidad Aumentada", *Journal of New Approaches in Educational Research*, vol. 6, núm. 1, pp. 44–50, ene. 2016, doi: 10.7821/naer.2016.1.140.
- [41] D. Vergara-Rodríguez, M. Rodríguez-Martín, M. P. Rubio-Cavero, J. Ferrer-Marín, F. J. Núñez-García, y L. Moralejo-Cobo, "Formación de personal técnico en ensayos no destructivos por ultrasonidos mediante realidad virtual", *Dyna (Spain)*, vol. 94, núm. 2, pp. 150–154, mar. 2018, doi: 10.6036/8444.
- [42] V. Gatica Rojas, E. Elgueta Cancino, C. Vidal Silva, M. Cantin López, y J. Fuentealba Arcos, "Impacto del Entrenamiento del Balance a través de Realidad Virtual en una Población de Adultos Mayores Impact of Balance Training with a Virtual Reality in Elderly", 2010.
- [43] A. Huguet, "Realidad virtual y manejo del dolor", 2007. [En línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/28229388>
- [44] J. A. Duffie y W. A. Beckman, "Solar Engineering of Thermal Processes ", *Solar Energy Engineering*, vol. 13, no. 1., pp. 45–67, 2021.
- [45] M. Musial y S. Butterfield, "Future for Offshore Wind Energy in the United States ", *Renewable Energy Journal*, vol. 22, no. 5., pp. 134–142, 2020.
- [46] R. Y. Goel y A. Kumar, "Hydroelectric Power Generation and Environmental Impacts ", *Energy Policy and Management*, vol. 18., pp. 219–227, 2022.
- [47] H. K. Lund y B. Sigurdsson, "Geothermal Energy Utilization and its Environmental Benefits ", *Journal of Renewable Energy and Sustainable Development*, vol. 17, no. 1., pp. 88–95, 2021.

- [48] H. Liu y K. D. Jones, "Virtual Reality for Renewable Energy Education and Awareness ", *IEEE Transactions on Education*, vol. 64, no. 2., pp. 143–150, 2021.
- [49] S. P. Robinson y L. Zhang, "Virtual Reality Simulation for Sustainable Building Design ", *IEEE Transactions on Sustainable Computing*, vol. 8, no. 4., pp. 275–282, 2022.
- [50] T. G. Wang y R. Smith, "Integrating Virtual Reality and Renewable Energy Planning for Smart Cities ", *IEEE Smart Cities Journal*, vol. 9, no. 1., pp. 88–96, 2023.
- [51] J. O. Miller y E. T. Brown, "Using VR for Stakeholder Engagement in Renewable Energy Projects ", *Renewable Energy Research and Applications*, vol. 12, no. 5., pp. 315–323, 2021.
- [52] J. P. Green y M. B. Wilson, "Solar Decathlon: The Role of Virtual Reality in Public Engagement and Education ", *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 15, no. 4., pp. 921–929, 2020.
- [53] L. K. Chen y D. S. Park, "Virtual Wind Farms: Enhancing Public Awareness and Environmental Impact Understanding Through VR Simulations", *Renewable Energy Journal*, vol. 27, no. 2., pp. 102–110, 2021.
- [54] R. N. Thompson y A. K. Patel, "Virtual Reality Training Programs for Solar Installation and Maintenance: A Step Towards Safer and More Efficient Training ", *Journal of Energy Education and Training*, vol. 14., pp. 150–159, 2019.
- [55] P. M. Delgado y S. L. Huerta, "Immersive Data Visualization for Energy Systems: Using Virtual Reality to Analyze Renewable Energy Data ", *IEEE Access*, vol. 8., pp. 118302–118310, 2020.

APÉNDICES

APÉNDICE 1 Clases. Código.

Clase ConectarPlugs_Male_Female:

```
using UnityEngine;

public class ConectarPlugs_Male_Female : MonoBehaviour
{
    public GameObject malePlug;    // Referencia al conector macho
    public GameObject femalePlug;  // Referencia al conector hembra
    private bool isConnected = false; // Estado de la conexión

    // Método que se ejecuta al inicio
    void Start()
    {
        // Inicialización o configuración de los conectores si es necesario
    }

    // Método que se llama en cada frame
    void Update()
    {
        // Aquí puedes realizar la comprobación de la conexión en cada frame si es necesario
    }

    // Establece la conexión entre los conectores
    public void Connect()
    {
        if (!isConnected)
        {
            isConnected = true;
            // Lógica adicional cuando los conectores se conectan
            Debug.Log("Conectado");
        }
    }

    // Elimina la conexión entre los conectores
    public void Disconnect()
    {
        if (isConnected)
        {
            isConnected = false;
            // Lógica adicional cuando los conectores se desconectan
            Debug.Log("Desconectado");
        }
    }

    // Verifica el estado de la conexión
    public bool CheckConnection()
    {

```

```

        return isConnected;
    }
}

```

Clase BladeRotation:

using UnityEngine;

```

public class BladeRotation : MonoBehaviour
{
    public float rotationSpeed = 500f;    // Velocidad de rotación de las aspas
    public bool rotateClockwise = true;    // Dirección de la rotación (horario o antihorario)

    // Método que se ejecuta al inicio
    void Start()
    {
        // Inicialización de la rotación, si es necesario
    }

    // Método que se llama en cada frame
    void Update()
    {
        // Determina la dirección de la rotación
        float direction = rotateClockwise ? 1f : -1f;

        // Calcula la cantidad de rotación basada en la velocidad y el tiempo transcurrido
        float rotationAmount = rotationSpeed * Time.deltaTime * direction;

        // Aplica la rotación al objeto
        transform.Rotate(0f, 0f, rotationAmount);
    }

    // Cambia la dirección de la rotación
    public void ToggleRotationDirection()
    {
        rotateClockwise = !rotateClockwise;
    }
}

```

Clase MotorControl:

using UnityEngine;

```

public class MotorControl : MonoBehaviour
{
    public float motorSpeed = 100f;    // Velocidad del motor
    public float maxSpeed = 500f;    // Velocidad máxima
    public float acceleration = 50f;    // Aceleración del motor
    public bool isMotorOn = false;    // Estado del motor (encendido o apagado)
}

```

```

public KeyCode toggleKey = KeyCode.Space; // Tecla para activar o desactivar el motor

// Método que se ejecuta al inicio
void Start()
{
    // Inicialización del motor o configuración adicional si es necesario
}

// Método que se llama en cada frame
void Update()
{
    // Verifica si la tecla para encender el motor ha sido presionada
    if (Input.GetKeyDown(toggleKey))
    {
        isMotorOn = !isMotorOn; // Cambia el estado del motor
    }

    // Si el motor está encendido, se ajusta la velocidad
    if (isMotorOn)
    {
        if (motorSpeed < maxSpeed)
        {
            motorSpeed += acceleration * Time.deltaTime; // Aumenta la velocidad
        }
    }
    else
    {
        if (motorSpeed > 0f)
        {
            motorSpeed -= acceleration * Time.deltaTime; // Disminuye la velocidad
        }
    }

    // Aplica la velocidad al motor (por ejemplo, rotación de un objeto)
    RotateMotor();
}

// Método que aplica la rotación al motor
void RotateMotor()
{
    transform.Rotate(Vector3.forward * motorSpeed * Time.deltaTime);
}
}

```

Clase MultimeterDisplay:

```

using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

```

```

public class MultimeterDisplay : MonoBehaviour
{
    public Text displayText;      // Referencia al objeto de texto en la UI
    public float currentValue = 0f; // Valor que se va a mostrar en el multímetro
    public string unit = "V";     // Unidad del valor mostrado (por defecto "Voltios")

    // Método que se ejecuta al inicio
    void Start()
    {
        // Verifica que se ha asignado el texto para la visualización
        if (displayText == null)
        {
            Debug.LogError("Display text is not assigned!");
        }
    }

    // Método que se llama en cada frame
    void Update()
    {
        // Actualiza el texto del multímetro con el valor actual
        UpdateDisplay();
    }

    // Método que actualiza el valor mostrado en el display
    void UpdateDisplay()
    {
        // Formatea el valor para mostrarlo con dos decimales y la unidad
        displayText.text = currentValue.ToString("F2") + " " + unit;
    }

    // Método para establecer un nuevo valor en el multímetro
    public void SetValue(float newValue)
    {
        currentValue = newValue;
    }

    // Método para cambiar la unidad de medida
    public void SetUnit(string newUnit)
    {
        unit = newUnit;
    }
}

```

ANEXOS

ANEXO 1. Constancia de participación en Congreso.



1er Congreso de Matemática
Aplicada a la Ingeniería

Cuernavaca, Morelos a 29 de Junio de 2023

Asunto: Constancia de participación.

El Comité Organizador certifica que **Adrián Martínez González y el Dr. José Antonio Marbán Salgado** participaron en el 1er Congreso de Matemática Aplicada a la Ingeniería, realizado el 27 de junio de 2023 en el Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Su contribución consistió en la presentación de un póster titulado "**Realidad virtual como recurso educativo**".

ATENTAMENTE

Dr. Diego Seuret Jiménez

Coordinador del Taller MAI. CIICAp



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

DIEGO SEURET JIMENEZ | Fecha:2023-06-30 00:44:21 | Firmante

nFjrxRfLNfVApQsR7lrU2woTnfd7uq6Z1f0eN0zaiqES/Eg+hhqwmzm4ktQp8H8Q4kpWV3EBqWt/gehVEiPg8C/FWRE9h6A/AXyMSbY57e0QpuZaRCiuCb+iOxnB7OHFmN2bPmShv+P7c2FmcoaoSbh4wNa2KG/uKZBxeSSZjIXlJ11FMispe6qMtgdsKDSq9T+1ii2NOaPkJ13GuDop1UD27bgRhm6L5yqQKzeo+FEjLLTEsydPnSUQAmak7I0jYjXxRVAMUiYMxgAkF21ADasTln90aALXdlx9VmTtjZ1D/OeNvpXu3UYv/Jhap0mh3mXReYgbl2aqcl86v4BOw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



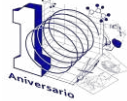
qs7Eer3SU

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/gduTv41cYJbD7JB6ME68Y3MY7aVdKyrX>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Instituto de
Investigación en
Ciencias
Básicas y
Aplicadas



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS

Maestría en Sustentabilidad Energética.

Cuernavaca, Morelos, a 20 de noviembre de 2024.

MTRA. MARGARITA FIGUEROA BUSTOS
SECRETARIA EJECUTIVA DEL IICBA
P R E S E N T E

Atendiendo a la solicitud para emitir DICTAMEN sobre la revisión de la TESIS titulada: Laboratorio con Realidad Virtual Orientado a la Sustentabilidad Energética., que presenta el alumno **Adrian Martínez González**, para obtener el título de la **Maestría en Sustentabilidad Energética**.

Nos permitimos informarle que nuestro voto es **APROBATORIO**:

Atentamente

Por una humanidad culta

NOMBRE
DR. J JESÚS ESCOBEDO ALATORRE
DR. MIGUEL ÁNGEL BASURTO PENSADO
DR. DIEGO SEURET JIMÉNEZ
DR. JORGE ARTURO SANDOVAL ESPINO
DR. JOSÉ ANTONIO MARBÁN SALGADO

PLAZO PARA LA REVISIÓN 20 DÍAS HÁBILES (A PARTIR DE LA FECHA DE RECEPCIÓN DEL DOCUMENTO)

NOTA. POR CUESTION DE REGLAMENTACIÓN LE SOLICITAMOS NO EXCEDER EL PLAZO SEÑALADO, DE LO CONTRARIO LE AGRADECEMOS SU ATENCIÓN Y NUESTRA INVITACIÓN SERÁ CANCELADA.

MFB*MLGE/nmc.



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209, Edificio 65.
Tel. (777) 329 70 00, Ext. 6212 / mse_ciicap@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MIGUEL ANGEL BASURTO PENSADO | Fecha:2024-11-20 15:43:29 | FIRMANTE

JJQavjXrbgbo7BSx1rshIIYuoRQaOtesGnVBGDmIlgkO3qESAK24NOxlC+tJKv3Dh4+Wg58aUKzAyiRxlqpkIQGsfHyG62JdkQxi8OmAhYAadJTHH5InEplMeA2rZzUvLtCwdElagvU3yi0IHClYxTwhC5uDukDIBGCXI2w3oY/heDN+bPl5IEOr7TRj2JuZaPP7t+HPqoQIt5JRHTuKfIVYGATH5Vmq10GEyVxJsdiIRbpNvawESRm/dFgpdYSSV8B1E159nS5iUytLT8anbQyndBhhIZOMYJ59vtSsg4kAtkRqIV9ghNgxBleGpO8aleZyot4VXti0yQSK2fIQ==

J JESUS ESCOBEDO ALATORRE | Fecha:2024-11-21 17:45:03 | FIRMANTE

kMyh/WWy9OhEjafs8I3NnGfowJD07pdtddT91r4y3xnWMk09b7X9Oj8USJ5oiKElsd0OeqTSYajAufkOv4k+eN4zbnvhXJcmA2xfsh7nYnB+RvEws/RmrPeGsrVZEsqQwcl4P0WICYMCSmEQ5N17c3PshFkK3PRKcssPZJu7RLyOSSgY+tG+4veC7KSS70nl+uuZRCbGbhdu1bpnlZSV8lm8AQgj/7DFHz1WMlySHNn4tKqTwtb7fI8529WWB03TbZU1zDVKdZToXjMgaI27NfahGcWAO+zE4bxtck+cO36viNDStxrQeLcfj4tMnZ17dMUB3Oe4KDnszxHmhCQ==

DIEGO SEURET JIMENEZ | Fecha:2024-11-22 10:58:45 | FIRMANTE

hETuvn7DioqKhaUzMKzGlf3WYfNurDVu05SJ4ps68y9+/TMUnFaTB/nY1Cazl8agk8AHC3aT3kn2EFhOTMdeQfU5SC25+MkASm95t6o8Mjoq8n6YcHnEyw7cYKm/UcAcKPUXEDncN+aSiPqgO8vKX/WGX/EGro6qaFGNblxjtkr00IF/LGA+Nye0MikDjO2IqVn3MjClfU9glLsfP8S4ub+3kylhdWAYaDkkkCB5QkanppW3fFB72I9RVemHNg4or9jajv1vPX+qKgRLH+J9Zl8407swPnYC7xX7PE503wf9YLyVAmGzISihBTZpG2srt7kfiKYOHwBGolkx84iw==

JOSE ANTONIO MARBAN SALGADO | Fecha:2024-11-27 16:29:28 | FIRMANTE

Avsi5/mlpTdfLaLpDyL5+Tgi/glg9JMHn3utBTaWPluGEODGczQMjQLMc2PK7f8S29Slq5dMAL2Hv1DbjFu19L52+sXUpRU/lpVMX/J+KHgJQwDF06JAcASaHVvt2JnNnzdsrDpxAOzBRaRCyEZnAsQtgEOiXS7KAmFGFoYnSdK/xULBj2gjBaqwCPWI6/AazWZiV9n72nEjnhFqV09pFo2w02yTwnJ6efyLCAO4L8sA7aDxFTtVjemoxoSJGHXdPTT6dinmgxvtOXMN4Fr4FTzfpD71ymwc6Xb9MVMK+cuV2OWqpsRSsFmHF/Nmp4m0ec3CrpnZdwQdrxwrcRfPw==

JORGE ARTURO SANDOVAL ESPINO | Fecha:2024-11-28 09:44:46 | FIRMANTE

F63kXaCrPY8Zmlc1ea2ohcrlRyDUH+g1ozFJTWgr1wGa0y3VJ1axfQ58veUGP5GYkvoQ5Jsn6OtumRhN/S8VCbgLsem00Y6XKOYmw80wGMOj2Ldx1m4dsWPia8flzUBciflQ0cfwCf6avuJtu5nDMN9la/pyyiv7FNGSIIMP3vn2n9ENe69JC/8wTqC5H8JQtHQPJNAC42gK7AXiqQvAEYazuUTdHMOcJ6MRgej06j3T9fCAPAXXpX5JNX1iDmGAGz+D01zUUMxKNfqX+6wM6igGcYRG0LyPSMaK7FOtY+EP9fSbBY73tVcbJhGb0nr5nfgDX/t9K9BQz2HlkFo5QA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



PJSI485Cf

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/Pf0UJggNI58SR8GuKm0lqzkDNCUSqTyP>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029