



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGÍSTER

Título del proyecto:
Interacción virtual de un plano arquitectónico residencial 3D con control domótico a través de una aplicación móvil
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería, industria y construcción
Autor/a:
Alex Paul Porras Robalino
Tutor/a:
PhD. Maryory Urdaneta Ing. Wilmer Albarracín Mgtr.

Quito – Ecuador

2024

APROBACIÓN DEL TUTOR 1



Yo, **Urdaneta Herrera Maryory** con C.I: **1759316126** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: Interacción virtual de un plano arquitectónico residencial 3D con control domótico a través de una aplicación móvil.

Elaborado por: **Alex Paul Porras Robalino**, de C.I: **0503567364**, estudiante de la Maestría: **Electrónica y Automatización** de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 25 de agosto de 2024

Maryory Urdaneta

Firma

APROBACIÓN DEL TUTOR 2



Yo, **Wilmer Fabian Albarracín Guarochico** con C.I: **171334115-2** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: Interacción virtual de un plano arquitectónico residencial 3D con control domótico a través de una aplicación móvil.

Elaborado por: **Alex Paul Porras Robalino**, de C.I: **0503567364**, estudiante de la Maestría: **Electrónica y Automatización** de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 25 de agosto de 2024



Firma

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, PORRAS ROBALINO ALEX PAÚL con C.I: 0503567364, autor del proyecto de titulación denominado: **Interacción virtual de un plano arquitectónico residencial 3D con control domótico a través de una aplicación móvil**. Previo a la obtención del título de Magister en Electrónica y Automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 25 de agosto de 2024



Firmado electrónicamente por:
ALEX PAUL PORRAS
ROBALINO

Firma

Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR 1.....	II
APROBACIÓN DEL TUTOR 2.....	III
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	IV
INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema.....	1
Problema de investigación	3
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:.....	4
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
1.1. Contextualización general del estado del arte.....	6
1.2. Proceso investigativo metodológico	7
CAPÍTULO II: PROPUESTA.....	8
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	8
2.1.1 Internet de las Cosas (IoT).....	8
2.1.1.1. Tuya Smart	8
2.1.2. Modelado 3D.....	9
2.1.3. Automatización	9
2.1.3.1. ESP32 – ESP8266	9
2.1.4. Visión por Computador	10
2.1.4.1 Unity.....	11
2.1.5. Comunicaciones Inalámbricas.....	12
2.1.6. Desarrollo de Aplicaciones Móviles	13
2.1.6.1 Unity y Andriod	13
2.1.7. Seguridad y Privacidad	13
2.2 Descripción de la propuesta.....	14
2.3 Validación de la propuesta.....	19
2.4 Matriz de articulación de la propuesta	20
2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.	21
CONCLUSIONES	24
RECOMENDACIONES	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27
ANEXOS	29

Índice de tablas

Tabla 1 Matriz de articulación	19
Tabla 2. Tiempo de respuesta de propuesta	29

Índice de figuras

Figura 1. <i>Comunicación de la Aplicación Tuya Smart con los dispositivos</i>	8
Figura 2. <i>Diagrama de bloques de una tarjeta ESP32</i>	10
Figura 3. <i>Virtualización del Proceso</i>	11
Figura 4. <i>Red local WIFI de dispositivos con domótica</i>	12
Figura 5. <i>Diagrama esquemático de la propuesta</i>	14
Figura 6. Diagrama de bloques del sistema de control domótico	15
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso	16
Figura 8. Virtualización del Plano Arquitectónico	20
Figura 9. Aplicación Tuya Smart con módulo relé wifi	21
Figura 10. Encendido de luces (real y virtual)	21
Figura 11. Apagado de luces (real y virtual)	22

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

En los últimos tiempos, la domótica ha surgido como un tema de relevancia creciente, con una adopción proyectada a aumentar en la actualidad. Esta tecnología capacita a los residentes para administrar el entorno interior de sus hogares, convirtiéndose en un factor crucial en la optimización de la eficiencia energética residencial e industrial (CEDOM Asociación Española de Domótica e Inmótica - SID, n.d.).

En el ámbito de los ambientes inteligentes y una casa automática, la interacción virtual está transformando la forma en que nos comunicamos e interactuamos con aplicaciones y sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos; es decir, posibilita la supervisión y gestión de una variedad de aspectos dentro del hogar, tales como temperatura, iluminación, clima, cortinas, electrodomésticos, sistemas de seguridad, accionamientos de bombas, válvulas, entre otros. Asimismo, cada hogar presenta rutinas y patrones repetitivos que pueden ser fácilmente automatizados, como la programación de la iluminación en momentos específicos, el encendido o apagado de luces y equipos de aire acondicionado según la presencia de personas en una habitación, la simulación de ocupación mediante el control de luces u otros dispositivos, así como la supervisión y gestión de cámaras y dispositivos de seguridad. Estos ejemplos ilustran las capacidades que ofrece un sistema domótico (Dapoto et al., 2021).

La domótica se enfoca en dos aspectos fundamentales: el cliente final y el aspecto técnico. Desde la perspectiva del cliente final, una vivienda automatizada brinda una mejora sustancial en la calidad de vida y través de la implementación de nuevas tecnologías, lo que conlleva una disminución en las tareas domésticas, un mayor confort, un control más eficiente del consumo de energía monitoreo y supervisión del hogar y entre otros beneficios. En cuanto al aspecto técnico, se destaca la capacidad de integración a los diversos dispositivos del hogar para comunicarse entre sí, lo que se conoce como el Internet de las Cosas (IoT) Evans, (2011). Desde 2009, el número de dispositivos electrónicos conectados a Internet ha superado incluso la cantidad de personas conectadas a la red. El IoT representa un cambio significativo en la vida cotidiana, brindando nuevas oportunidades de acceso a datos y servicios en áreas como educación, seguridad, salud y transporte, entre otras (Dapoto et al., 2021).

El avance en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos conectados a Internet abarca una amplia variedad de aplicaciones, que se pueden dividir en tres categorías principales: administrativa, educativa y tecnológica. En lo administrativo, la capacidad de proporcionar

opciones avanzadas de automatización y control a través de aplicaciones móviles puede aumentar significativamente el atractivo y el valor de las propiedades residenciales. Además, el acceso remoto a los sistemas domóticos permite a los administradores supervisar y optimizar el uso de recursos como la energía y el agua, lo que puede resultar en ahorros considerables y una gestión más eficiente de los activos inmobiliarios. En cuanto al aspecto educativo, este puede ser explorado en programas de realidad virtual e inmersiva en diferentes procesos, en la arquitectura, ingeniería civil, diseño de interiores y tecnología de la construcción todos estos procesos podrían ser automatizados y correlacionados lo virtual con la vida real.

La integración de la domótica en el proceso de diseño arquitectónico es cada vez más relevante, permitiendo a los estudiantes comprender cómo incorporar el control de sistemas inteligentes en sus diseños. Además, la interacción con modelos arquitectónicos en 3D y el control de sistemas domóticos a través de aplicaciones móviles pueden ser recursos educativos valiosos para estudiantes de todos los niveles, desde la educación secundaria hasta la superior. Lo tecnológico, se encuentra en el epicentro de la innovación en el desarrollo de aplicaciones móviles, sistemas de control domótico y tecnologías de realidad virtual y aumentada. Profesionales en áreas como desarrollo de software, ingeniería de sistemas y diseño de experiencia de usuario (UX) colaboran para crear soluciones integradas que sean intuitivas, eficientes y seguras (Pallot et al., 2013). Además, en un entorno tecnológico en constante evolución, la investigación continua en este campo es crucial para identificar nuevas oportunidades y mejorar la funcionalidad y la usabilidad de las plataformas de interacción virtual y domótica.

La valoración del ambiente industrial o empresarial en el contexto de la interacción virtual de un plano 3D con control domótico implica analizar varios aspectos. Esto incluye la demanda y aceptación del mercado respecto a la tecnología domótica en el sector residencial, la competencia en el desarrollo de aplicaciones móviles y sistemas domóticos, así como las tendencias y regulaciones en el ámbito de la construcción y la domótica (Monteiro et al., 2015). Además, se considera la infraestructura tecnológica disponible y la disposición de los consumidores a adoptar nuevas soluciones para la gestión inteligente del hogar. Esta valoración general proporciona información clave para entender el contexto empresarial, identificar oportunidades de mercado, definir estrategias de marketing y desarrollo de productos, y anticipar posibles desafíos y obstáculos en la implementación de soluciones de interacción virtual y control domótico en el ámbito residencial.

La versatilidad del IoT permite su aplicación en cualquier campo, incluso en sistemas integrados con recursos limitados de CPU, memoria y energía. En la actualidad, una gran cantidad de dispositivos IoT están incorporados en los electrodomésticos comunes y, especialmente, están destinados a aplicaciones de automatización del hogar.

Problema de investigación

El origen de la investigación radica en la necesidad de mejorar la interacción y el control de los sistemas domóticos en entornos residenciales utilizando tecnología móvil, en respuesta a los desafíos y oportunidades identificados en el ámbito de la domótica y la arquitectura residencial; mediante el avance tecnológico y la creciente búsqueda de comodidad y eficiencia en los hogares, ha surgido un interés creciente en la instalación de sistemas domóticos. Estos sistemas permiten la automatización y el control remoto de dispositivos y sistemas domésticos, como la iluminación, la seguridad, el clima y los electrodomésticos.

A pesar de los avances en sistemas domóticos, la interacción tradicional a través de paneles de control fijos o interfaces de escritorio presenta limitaciones en términos de accesibilidad y conveniencia. Los usuarios pueden encontrar obstáculos, como la necesidad de estar físicamente en casa o depender de dispositivos específicos para controlar sus sistemas domóticos. Por otro lado, el uso generalizado de dispositivos móviles como teléfonos inteligentes y tabletas brinda la oportunidad de mejorar la interacción con los sistemas domóticos. Estos dispositivos ofrecen una interfaz familiar y portátil que permite a los usuarios controlar sus hogares desde cualquier lugar y en cualquier momento (Dobrescu, 2014).

Las ventajas potenciales, existen desafíos técnicos y de usabilidad en la integración efectiva de la domótica con aplicaciones móviles. La compatibilidad entre diferentes dispositivos domóticos y plataformas móviles, así como la experiencia del usuario en términos de facilidad de uso y estabilidad de la conexión, son áreas que necesitan atención y mejora.

En este contexto, surge la necesidad de investigar y desarrollar una solución integral que permita la interacción virtual de un plano arquitectónico residencial 3D generado en Unity (Plataforma de Desarrollo En Tiempo Real de Unity | Motor de 3D, 2D, VR y AR, n.d.-a). Unity es un framework de desarrollo de aplicaciones 3D que destaca por el volumen de documentación disponible, una comunidad de usuarios grande y muy activa, una amplia variedad de componentes (assets) pre-desarrollados y complementos que facilitan la integración con otras herramientas. Además, Unity ofrece una variedad de opciones de plataformas de publicación.

La aplicación móvil permite crear un modelo virtual tridimensional que representa el espacio físico de un plano arquitectónico que el usuario desea controlar. De este modo, se pueden modelar los diferentes dispositivos y representaciones de los aparatos eléctricos dentro de ese modelo virtual, reflejando la posición de los dispositivos reales en el mundo real, al manipular el modelo 3D, se pueden enviar órdenes a los componentes y se pueden activar acciones en el sistema físico con control domótico a través de aplicaciones móviles.

Objetivo general

Desarrollar una aplicación móvil para la interacción virtual de un plano arquitectónico 3D, donde se administre el control de sistemas domóticos en tiempo real con el fin de proporcionar una experiencia más accesible, conveniente y eficiente para los usuarios en la gestión de dispositivos en sus hogares.

Objetivos específicos

- Contextualizar los fundamentos teóricos sobre la domótica, la arquitectura residencial, y la interacción entre sistemas domóticos y tecnología móvil relacionados con la automatización del hogar y su integración con aplicaciones móviles.
- Diagnosticar el estado actual de la interacción y el control de los sistemas domóticos en entornos residenciales, identificando las limitaciones y oportunidades presentes en la implementación de tecnología móvil.
- Crear el sistema virtual en el programa Unity que permite la interacción virtual de un plano arquitectónico residencial en 3D con control domótico a través de una aplicación móvil en tiempo real.
- Implementar la comunicación bidireccional entre el sistema virtual y el entorno físico con una tarjeta de aplicación donde se monitoree la operación de sistemas domóticos en el hogar y la interfaz de usuario.
- Validar el impacto de la solución sobre la accesibilidad, conveniencia y eficiencia en la gestión de sistemas domóticos en el hogar mediante pruebas de la aplicación móvil y retroalimentación de los usuarios.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

Este proyecto ofrece la posibilidad de formar a expertos en el desarrollo y la integración de tecnología móvil junto con sistemas domóticos y el modelado arquitectónico en 3D. Esta iniciativa puede conducir a una mayor especialización y destrezas en el ámbito de la domótica y la tecnología móvil, lo cual será ventajoso para profesionales como arquitectos, ingenieros, creadores de aplicaciones móviles y técnicos especializados en sistemas domóticos. Al

incrementar la interacción y la gestión de sistemas domóticos en hogares residenciales, aporta directamente a la mejora de la calidad de vida de los individuos. La capacidad de administrar de forma más efectiva y cómoda los dispositivos del hogar, como la iluminación, la seguridad y la climatización, puede elevar el nivel de confort y seguridad en los hogares, al mismo tiempo que contribuye a una mayor eficiencia energética y sostenibilidad ambiental.

Además, se pueden generar publicaciones académicas y técnicas que contribuyan al conocimiento en el campo de la domótica, la arquitectura y la tecnología móvil. Estos materiales pueden incluir artículos en revistas especializadas, presentaciones en conferencias y seminarios, así como documentos técnicos y manuales de usuario que sirvan como referencia para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas. Como resultado del proyecto, se puede desarrollar un producto tecnológico concreto, como una aplicación móvil o una plataforma de control domótico, que esté disponible para su uso comercial. Este producto puede ser utilizado por empresas de construcción, desarrolladores de proyectos inmobiliarios y usuarios finales que deseen implementar sistemas domóticos en sus hogares.

Los beneficiarios directos del proyecto son personas que residen en los hogares donde se implemente la solución, ya que disfrutarán de una mayor comodidad, eficiencia y control sobre su entorno residencial. Así también como profesionales del campo: arquitectos, ingenieros, desarrolladores de software y técnicos en sistemas domóticos pueden beneficiarse directamente de la capacitación y experiencia adquirida en el desarrollo del proyecto, mejorando así sus habilidades y conocimientos en áreas relacionadas.

Las empresas de tecnología, constructoras y desarrolladoras inmobiliarias pueden aprovechar los resultados del proyecto para desarrollar productos y servicios innovadores en el campo de la domótica y la tecnología móvil, lo que les permitirá diferenciarse en el mercado y ofrecer soluciones más avanzadas a sus clientes.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

Según Dapoto et al., (2021), el campo de la interacción virtual de un plano arquitectónico residencial en 3D con control domótico a través de una aplicación móvil en tiempo real ha experimentado un notable crecimiento y avance en los últimos años. Este avance se debe principalmente a la convergencia de varias tecnologías emergentes, como la realidad virtual, la tecnología móvil y la domótica, que han permitido la creación de soluciones innovadoras para la gestión inteligente de los hogares.

Se han identificado numerosos estudios y desarrollos que exploran diferentes aspectos de este tema. Por un lado, se han realizado investigaciones centradas en el diseño y la implementación de sistemas domóticos avanzados que permitan el control remoto de dispositivos y sistemas en el hogar, como la iluminación, la climatización, la seguridad y los electrodomésticos (Pallot et al., 2013). Estos sistemas suelen integrarse con aplicaciones móviles para proporcionar a los usuarios una interfaz intuitiva y accesible desde cualquier lugar y en cualquier momento.

Por otro lado, se han desarrollado técnicas y herramientas para la creación de modelos arquitectónicos en 3D de alta fidelidad que representan fielmente los espacios residenciales. Estos modelos no solo sirven como representaciones visuales realistas de los hogares, sino que también pueden actuar como interfaces interactivas para el control de los sistemas domóticos, permitiendo a los usuarios explorar y modificar virtualmente su entorno residencial (Leite et al., 2014).

Además, se han llevado a cabo estudios sobre la integración de la realidad virtual y aumentada en la gestión de hogares inteligentes, lo que permite a los usuarios interactuar con su entorno residencial de manera inmersiva y participativa. Estas tecnologías ofrecen nuevas posibilidades para la visualización y el control de los sistemas domóticos, así como para la personalización y adaptación de los espacios según las necesidades y preferencias individuales.

La "Interacción virtual de un plano arquitectónico residencial 3D con control domótico con una aplicación móvil en tiempo real" muestra un panorama dinámico y prometedor, con una amplia gama de investigaciones y desarrollos que están impulsando la evolución de los hogares inteligentes hacia entornos más interactivos, personalizados y eficientes.

1.2. Proceso investigativo metodológico

El tipo de investigación aplicado en este proyecto de titulación es predominantemente de tipo exploratorio. Dado que el tema de la interacción virtual de un plano arquitectónico residencial 3D con control domótico a través de una aplicación móvil en tiempo real es relativamente nuevo y está en constante evolución, se requiere explorar y comprender en profundidad las tecnologías, metodologías y aplicaciones existentes en este campo.

En cuanto a los métodos teóricos y prácticos aplicados, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica relacionada con el tema. Esto implicó la búsqueda y análisis de artículos de revistas, libros, conferencias y otros recursos relevantes que proporcionan una comprensión integral del estado del arte y las tendencias actuales en la interacción virtual, la domótica y la tecnología móvil. Además, se realizaron experimentos prácticos y pruebas de concepto para validar y ampliar el conocimiento teórico adquirido. (Domótica y Hogar Digital - JUNESTRAND, STEFAN - Google Libros, n.d.)

Las técnicas de recolección de información utilizadas incluyeron la observación, las encuestas y las entrevistas. La observación permitió obtener información directa sobre el funcionamiento y la interacción de los sistemas domóticos en entornos residenciales, mientras que las encuestas y entrevistas se emplearon para recopilar datos cualitativos y cuantitativos sobre las necesidades, preferencias y experiencias de los usuarios con respecto a la interacción virtual y el control domótico a través de aplicaciones móviles (Sánchez et al., 2015).

En cuanto a la población y la muestra, la población objetivo del estudio incluyó a usuarios de sistemas domóticos en entornos residenciales, así como a expertos en los campos de la domótica, la arquitectura y la tecnología móvil. La muestra se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico, donde se eligieron participantes que cumplieran con ciertos criterios específicos, como la experiencia en el uso de sistemas domóticos o la experiencia en el desarrollo de aplicaciones móviles. La metodología de trabajo utilizada para el desarrollo del proyecto implicó un enfoque iterativo e incremental, donde se realizaron diversas etapas de investigación, diseño, desarrollo y evaluación en sucesión. Se emplearon herramientas y técnicas de gestión de proyectos para planificar, ejecutar y controlar las actividades del proyecto, garantizando así un progreso eficiente y una entrega oportuna de resultados. Además, se fomentó la colaboración interdisciplinaria y la retroalimentación continua entre los miembros del equipo para maximizar la efectividad y la calidad del proyecto.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1 Fundamentos teóricos aplicados

El proyecto de interacción virtual de un plano arquitectónico residencial en 3D con control domótico a través de una aplicación móvil integra diversas disciplinas científicas y tecnológicas, incluyendo matemáticas, electrónica, automatización, inteligencia artificial, visión por computador, Internet de las Cosas (IoT), y comunicaciones inalámbricas. El objetivo principal es crear un sistema que permita visualizar y controlar un entorno residencial mediante una aplicación móvil, mejorando la experiencia del usuario y la funcionalidad del hogar.

2.1.1 Internet de las Cosas (IoT)

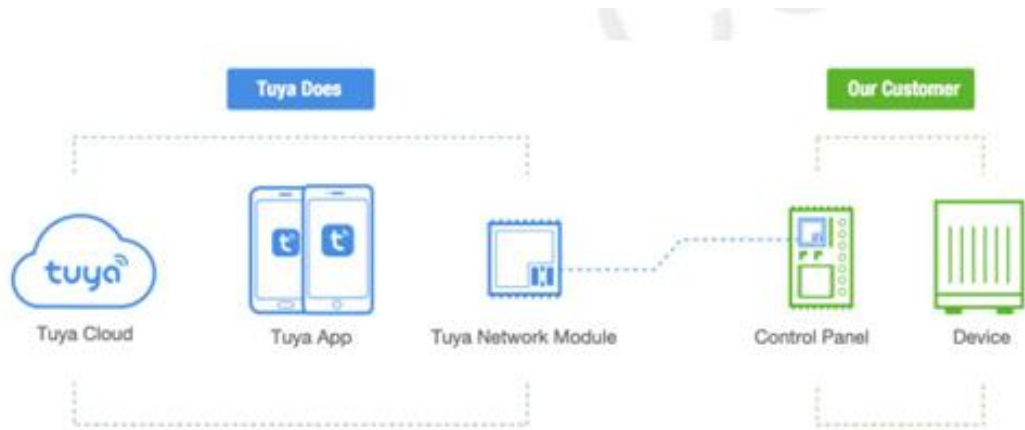
El Internet de las Cosas (IoT) representa un conjunto de dispositivos conectados entre sí que recopilan y transmiten datos a través de internet sin la intervención humana. Estos dispositivos pueden ser desde sensores en la calle hasta electrodomésticos en el hogar. El IoT tiene un gran potencial en el monitoreo remoto, ya que permite el acceso a información en tiempo real desde cualquier rincón del globo terráqueo. En el contexto de este proyecto, el IoT se utiliza para controlar y supervisar dispositivos y sistemas domóticos a distancia.

2.1.1.1. Tuya Smart

Es una plataforma que permite a los usuarios controlar y automatizar dispositivos inteligentes en sus hogares desde su smartphone, los usuarios pueden conectar una amplia gama de dispositivos compatibles, como luces, cámaras, termostatos, enchufes y más, y manejarlos de manera remota a través de la aplicación como muestra la Figura 1. La plataforma ofrece funciones avanzadas como la programación de rutinas, la creación de escenarios personalizados, y la integración con asistentes de voz como Alexa y Google Assistant. Esto permite a los usuarios no sólo supervisar y controlar sus dispositivos desde cualquier lugar, sino también automatizar tareas cotidianas para mejorar la comodidad, la eficiencia energética y la seguridad en el hogar (Tuya Smart White Paper Reveals Broad Smartization Industry Adoption | News | Tuya Smart, n.d.).

Figura 1.

Comunicación de la Aplicación Tuya Smart con los dispositivos



Nota: Servidor de la aplicación Tuya Smart junto con su aplicación y la comunicación con el dispositivo doméstico (Tuya White Paper on Information Security & Compliance, n.d.).

2.1.2. Modelado 3D

En el ámbito del modelado y renderizado 3D, las matemáticas juegan un papel crucial. La geometría computacional proporciona las bases teóricas para la representación y manipulación de formas geométricas tridimensionales. El álgebra lineal es fundamental para las transformaciones geométricas, como la traslación, rotación y escalado de objetos en un espacio tridimensional. Los algoritmos de geometría computacional, como la triangulación de Delaunay y los diagramas de Voronoi, se utilizan para generar y optimizar las mallas poligonales que componen los modelos 3D.

2.1.3. Automatización

La electrónica unida a la automatización es esencial para el desarrollo de dispositivos domésticos. Los sistemas embebidos, como los microcontroladores (por ejemplo, Arduino, Esp32) y microprocesadores (como Raspberry Pi), son responsables de controlar y monitorear los dispositivos en el hogar inteligente. Estos sistemas ejecutan algoritmos de control y comunicación, permitiendo la automatización de tareas mediante la integración de sensores y actuadores. La teoría de control automático se aplica para diseñar sistemas que mantengan el comportamiento deseado en presencia de perturbaciones, utilizando técnicas como el control PID (Proporcional-Integral-Derivativo).

2.1.3.1. ESP32 – ESP8266

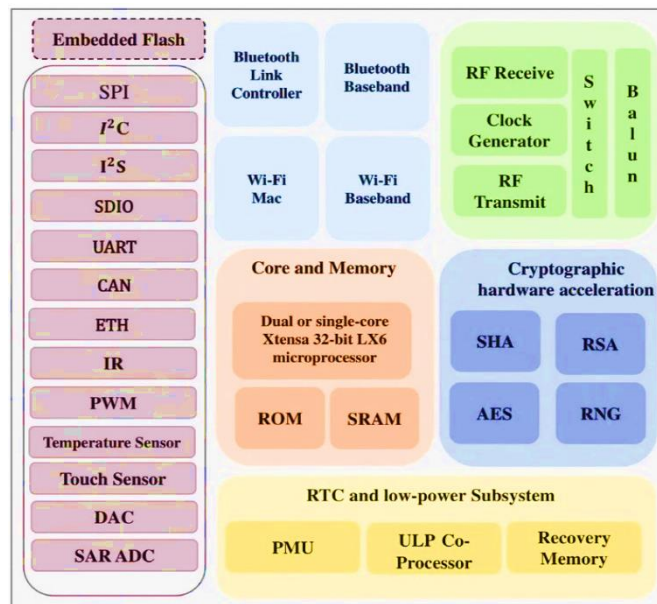
La NodeMCU, también conocida como Microcontroller Unit, es una placa de desarrollo de naturaleza de código abierto que incorpora componentes de hardware y software. El objetivo de esta placa es facilitar la programación del microcontrolador que la controla. El ESP32-

D0WDQ6 es el sistema en un chip (SoC) que encabeza esta placa y se enfoca en el microcontrolador Tensilica Xtensa LX6, que tiene una arquitectura de 32 bits y tiene doble núcleo como muestra la Figura 2 (Atif et al., 2020).

El ESP8266 es un módulo de conectividad inalámbrica altamente integrado que combina procesamiento, conectividad Wi-Fi y capacidades de microcontrolador en una unidad compacta. Este módulo ofrece una solución rentable para habilitar la comunicación e interacción con dispositivos y sistemas a través de redes Wi-Fi, lo que lo convierte en una opción preferida para aplicaciones del Internet de las Cosas (IoT), automatización del hogar y proyectos de electrónica que requieren conectividad en línea.

Figura 2.

Diagrama de bloques de una tarjeta ESP32



Nota: Una representación gráfica de la disposición interna, que incluye la CPU, memoria, controladores de periféricos, conectividad inalámbrica y funciones de seguridad.

2.1.4. Visión por Computador

La visión por computador es fundamental para la creación y manipulación de modelos 3D. Técnicas como la fotogrametría y el escaneo láser permiten la captura precisa de datos espaciales para generar modelos tridimensionales detallados. En Unity, estos datos pueden ser importados y utilizados para crear entornos virtuales realistas y precisos, mejorando la calidad visual y la precisión de las simulaciones.

Algoritmos de segmentación de imágenes y reconocimiento de objetos facilitan la identificación y manipulación de elementos en el entorno virtual. Unity permite la integración de librerías como OpenCV y Vuforia, que son ampliamente utilizadas para implementar estas técnicas. Estas herramientas permiten a los desarrolladores crear aplicaciones más interactivas y dinámicas al detectar y rastrear objetos en tiempo real.

La realidad aumentada (AR) y la realidad virtual (VR) se basan en estos principios para superponer información digital sobre el mundo real o crear entornos completamente virtuales. Unity ofrece soporte extensivo para AR y VR a través de sus kits de desarrollo (SDK) y plugins como AR Foundation y XR Interaction Toolkit, que permiten desarrollar aplicaciones inmersivas que mejoran la interactividad y la inmersión del usuario. Estos recursos proporcionan una base sólida para crear experiencias de usuario avanzadas, aprovechando al máximo las capacidades de la visión por computador.

2.1.4.1 Unity

Unity es una plataforma de desarrollo de software que permite la creación de aplicaciones interactivas en 2D y 3D, y es particularmente útil en el ámbito de la domótica y el desarrollo de aplicaciones móviles. Con su potente motor de gráficos y herramientas de animación, Unity facilita el diseño de interfaces intuitivas y experiencias de usuario atractivas, esenciales para las soluciones de automatización del hogar como muestra la Figura 3. Además, su compatibilidad con una amplia gama de dispositivos móviles permite a los desarrolladores crear aplicaciones que integren y controlen diversos sistemas domóticos desde un solo dispositivo. Unity también ofrece una comunidad activa y numerosos recursos educativos, lo que lo convierte en una opción ideal tanto para desarrolladores novatos como experimentados en el campo de la domótica y las aplicaciones móviles. (Plataforma de Desarrollo En Tiempo Real de Unity | Motor de 3D, 2D, VR y AR, n.d.-b)

Figura 3.

Virtualización del Proceso



2.1.5. Comunicaciones Inalámbricas

Las comunicaciones inalámbricas permiten la transmisión de datos entre dispositivos domóticos y la aplicación móvil. Las tecnologías de red, como Wi-Fi, Bluetooth y Zigbee, proporcionan diferentes niveles de alcance, velocidad y consumo de energía, siendo seleccionadas según las necesidades específicas del sistema. La teoría de la comunicación digital, incluyendo la modulación y el procesamiento de señales, es fundamental para el diseño y optimización de estas redes.

Wi-Fi permite la conexión de múltiples dispositivos dentro de un hogar inteligente a través de una red local como muestra la Figura 4, facilitando la comunicación en tiempo real entre sensores, actuadores y la aplicación móvil. Esto es crucial para el control y monitoreo eficiente de sistemas domóticos como iluminación, climatización y seguridad (Frontoni et al., 2017).

Figura 4.

Red local WIFI de dispositivos con domótica



La integración de WiFi en la comunicación de sistemas domóticos desarrollados en Unity ofrece una infraestructura flexible y eficiente para la automatización del hogar a través de una red local. La red WiFi permite la interconexión de múltiples dispositivos inteligentes, como luces, termostatos, cámaras de seguridad y sensores, mediante un router central que actúa como el nodo principal de la red. Este router distribuye la señal y asegura la conectividad de todos los dispositivos, ampliada por puntos de acceso que garantizan una cobertura completa en el entorno doméstico. La comunicación se lleva a cabo a través de protocolos como MQTT o HTTP, que facilitan el intercambio de datos en tiempo real entre los dispositivos y la plataforma de control desarrollada en Unity. Esta configuración no solo permite el monitoreo y control remoto, sino que también optimiza la eficiencia energética y la seguridad, ofreciendo a los usuarios una experiencia personalizada y centralizada en la gestión de su entorno domótico (Wukkadada et al., 2018)

2.1.6. Desarrollo de Aplicaciones Móviles

El desarrollo de aplicaciones móviles se realiza utilizando plataformas como Android, iOS; Estas plataformas proporcionan herramientas y marcos de trabajo para crear interfaces de usuario intuitivas y eficientes. La teoría de diseño de interfaces de usuario (UI) y experiencia de usuario (UX) guía el desarrollo de aplicaciones que sean fáciles de usar y accesibles. La arquitectura de software, como el modelo-vista-controlador (MVC) y modelo-vista-vista-modelo (MVVM), estructura el código de manera que facilite el mantenimiento y escalabilidad del sistema.

2.1.6.1 Unity y Android

Es posible desarrollar una solución en la que un sistema domótico en el hogar se comunique mediante Wi-Fi con una aplicación móvil. Unity puede manejar la integración de dispositivos IoT conectados a la red doméstica, permitiendo que estos envíen y reciban datos a través de Wi-Fi y monitoreados en la virtualización del sistema (plano arquitectónico 3D). Estos datos pueden ser transmitidos a una aplicación móvil, proporcionando a los usuarios control remoto sobre diversas funciones del hogar, como la iluminación, la seguridad o la climatización. La interfaz desarrollada en Unity puede enviar comandos desde la aplicación móvil a los dispositivos en tiempo real, permitiendo un control fluido y eficiente de los sistemas del hogar desde cualquier lugar con conexión a internet (Khan et al., 2022).

2.1.7. Seguridad y Privacidad

La seguridad y privacidad son aspectos cruciales en el desarrollo de sistemas domóticos. Las técnicas de cifrado aseguran la confidencialidad de los datos transmitidos entre la aplicación

móvil y los dispositivos domóticos. Los mecanismos de autenticación y autorización garantizan que solo usuarios autorizados puedan acceder y controlar el sistema. La gestión de riesgos y la implementación de políticas de privacidad son esenciales para proteger la información personal de los usuarios.

2.2 Descripción de la propuesta

Esta propuesta tiene como objetivo desarrollar una plataforma interactiva avanzada que permite la visualización y el control de un plano arquitectónico residencial en 3D, integrando múltiples funcionalidades de domótica a través de una aplicación móvil llamada Tuya Smart. Esta plataforma no solo ofrece una representación detallada y realista de una vivienda monitoreada, sino que también permite a los usuarios explorar cada espacio en tiempo real, interactuar con el entorno y gestionar diversos aspectos del hogar inteligente, como la iluminación, la climatización, la seguridad y los electrodomésticos.

Utilizando Unity como motor principal de desarrollo, la plataforma garantiza una experiencia de usuario fluida y envolvente, con gráficos de alta calidad que reflejan con precisión el diseño arquitectónico de la vivienda. Además, la integración con la aplicación Tuya Smart facilita el acceso y control de los dispositivos domóticos directamente desde un dispositivo móvil, brindando a los usuarios la posibilidad de ajustar y supervisar las funciones del hogar desde cualquier lugar con acceso a Internet. Además, solo se centra en la visualización pasiva, sino que también permite la interacción activa con el modelo 3D, donde los comandos enviados desde la aplicación se reflejan en tiempo real en el entorno virtual. Esto incluye la capacidad de encender o apagar luces, ajustar la temperatura, verificar el estado de la seguridad, y operar electrodomésticos, ofreciendo una experiencia integral que combina la comodidad de la domótica con la potencia de la visualización interactiva en 3D.

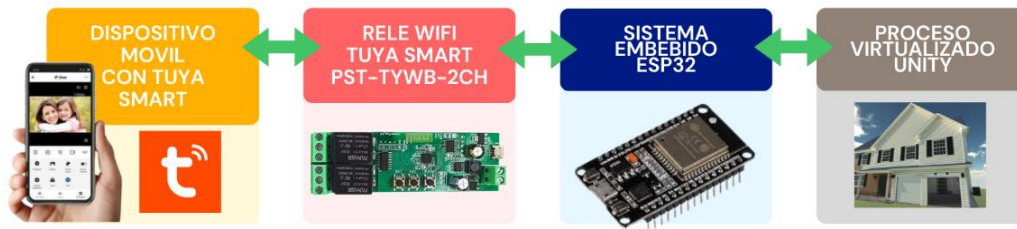
a. Estructura general

La plataforma estará conectada a sistemas domóticos, permitiendo que los usuarios controlen diversos aspectos del hogar, como la iluminación, la climatización, la seguridad, y los electrodomésticos, directamente desde su dispositivo móvil. La comunicación se realizará mediante Wi-Fi, asegurando una conexión estable y eficiente. La aplicación móvil (Tuya Smart), junto con la aplicación desarrollada en Unity, permitirá una interfaz intuitiva donde los usuarios podrán interactuar con el entorno 3D, activar o desactivar dispositivos y recibir notificaciones sobre el estado del hogar.

Esta propuesta tiene etapas generales el cual se detallan a continuación en la Figura 5:

Figura 5.

Diagrama esquemático de la propuesta.



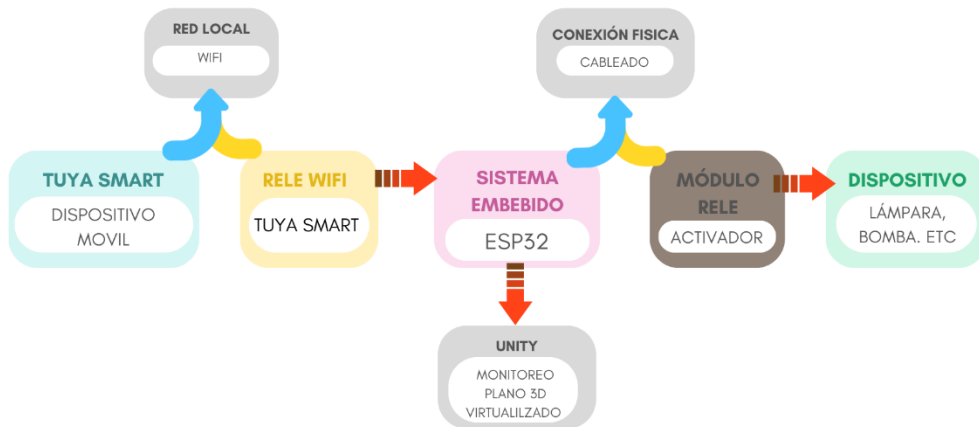
El dispositivo móvil, equipado con la aplicación Tuya Smart, actúa como el centro de control de todos los dispositivos inteligentes en el hogar. Una vez que el usuario ha autenticado y registrado cada uno de los dispositivos en la aplicación, estos pueden ser gestionados y monitoreados de manera centralizada desde el móvil. La conexión del dispositivo móvil a la red local Wi-Fi es crucial, ya que permite la comunicación directa y estable con los dispositivos inteligentes del hogar.

En este entorno, el Relé Wi-Fi PST-TYWB-2CH, que también está conectado a la misma red Wi-Fi, juega un papel fundamental al permitir el control de sistemas específicos, como la iluminación o el acceso automatizado. Gracias a la sincronización entre la aplicación Tuya Smart y el relé Wi-Fi, el usuario puede encender, apagar o programar los dispositivos conectados al relé desde cualquier lugar con acceso a Internet. Esta configuración no solo facilita la automatización y la personalización de las funciones del hogar, sino que también mejora la seguridad y la eficiencia energética, brindando al usuario un control total sobre su entorno doméstico de manera sencilla y eficaz.

El sistema embebido basado en la tarjeta ESP32 desempeña un rol importante en la integración entre el control domótico y la visualización interactiva del plano arquitectónico residencial en 3D. Este dispositivo se encarga de enviar las señales necesarias al sistema virtualizado, permitiendo que las acciones comandadas desde la aplicación móvil se reflejen en tiempo real en el entorno 3D, además de enviar la señal al módulo relé activador de los dispositivos (lámparas, calefactores, bombas); esta etapa se muestra en la Figura 6.

Figura 6.

Diagrama de bloques del sistema de control domótico.

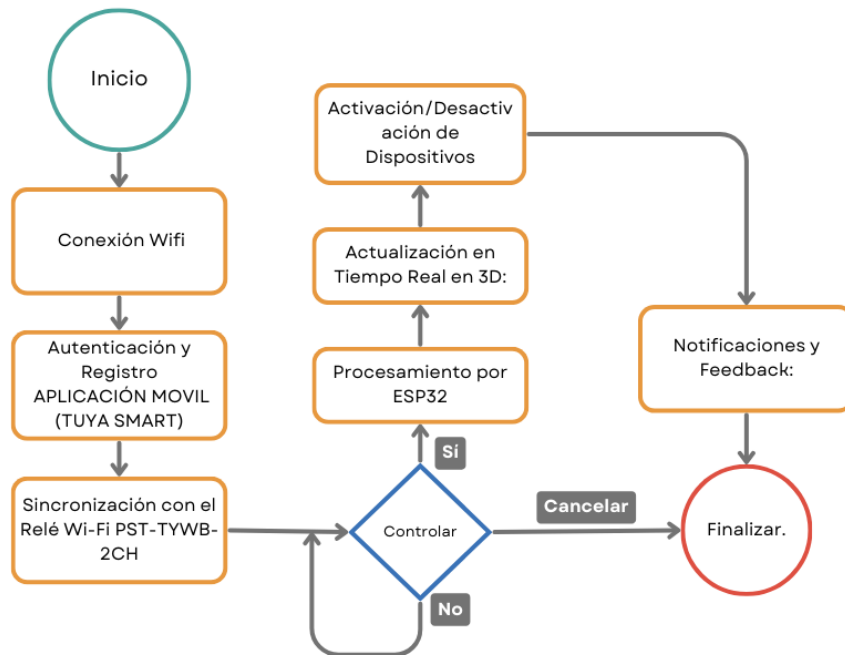


A través de animaciones detalladas, los usuarios pueden observar cómo sus comandos, como encender o apagar luces, ajustar la temperatura o controlar la seguridad, se ejecutan dentro del modelo 3D de su hogar. Esto no solo ofrece un acercamiento visual interactivo, que facilita la comprensión de lo que se está controlando, sino que también mejora la experiencia del usuario al permitirle ver el impacto de sus acciones en un entorno virtual antes de que ocurran en el mundo real

Además, el sistema embebido ESP32, al estar en constante comunicación con la red Wi-Fi, proporciona la capacidad de activar o desactivar los dispositivos instalados en el hogar directamente desde la visualización 3D. Esto crea una experiencia inmersiva y fluida donde el control del hogar no se limita a simples botones en una aplicación, sino que se extiende a una interacción más intuitiva y visual, que simula de manera precisa cómo los dispositivos responden en el espacio físico del hogar, el diagrama de flujo de la programación se exhibe en la Figura 7.

Figura 7.

Diagrama de flujo del proceso



b. Explicación del aporte

En nuestro proyecto de interacción virtual de un plano arquitectónico residencial 3D con control domótico a través de una aplicación móvil, hemos incorporado una serie de actividades que fomentan la interactividad del usuario con el entorno virtual. La interactividad es esencial en este contexto, ya que permite a los usuarios no sólo visualizar, sino también manipular y controlar los elementos del plano arquitectónico en tiempo real. Esta participación activa mejora la comprensión de cómo funcionan los sistemas domóticos dentro del hogar, permitiendo a los usuarios experimentar de manera directa las consecuencias de sus decisiones de control, lo que lleva a un aprendizaje más profundo y a una mayor retención de la información con ejes importantes como se muestra en la Tabla 1.

Para apoyar el aprendizaje, utilizaremos una combinación de recursos tecnológicos avanzados y métodos educativos interactivos. Entre los recursos clave se encuentran el plano arquitectónico en 3D, que proporciona una representación visual detallada y realista del espacio residencial, y la aplicación móvil, que actúa como una herramienta para interactuar con el sistema domótico. También utilizaremos simulaciones en tiempo real, que permitirán a los usuarios observar cómo sus comandos afectan el entorno virtual, y tutoriales guiados que explicarán cada función y característica del sistema. Estos recursos están diseñados para facilitar

el aprendizaje al hacer que conceptos complejos sean más accesibles y comprensibles a través de la práctica directa y la visualización.

Las actividades de evaluación en este proyecto están diseñadas para medir tanto la comprensión teórica como la capacidad práctica de los usuarios en la gestión del sistema domótico a través de la interfaz virtual. Se implementarán evaluaciones formativas, como cuestionarios interactivos y pruebas prácticas, que permitirán a los usuarios evaluar su comprensión de los conceptos clave y recibir retroalimentación inmediata. Además, se incluirán evaluaciones sumativas al final de cada módulo, en las que los usuarios deberán demostrar su capacidad para configurar y gestionar el sistema domótico en diferentes escenarios del plano 3D. Estas evaluaciones están diseñadas no solo para medir el aprendizaje, sino también para fortalecer la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos.

Las actividades propuestas están orientadas a facilitar la construcción activa del conocimiento, permitiendo a los usuarios aprender de manera práctica y significativa. Comenzaremos con actividades exploratorias, donde los usuarios podrán familiarizarse con el plano 3D y el sistema domótico a través de la experimentación libre. Luego, ofreceremos actividades de simulación, en las que los usuarios podrán aplicar comandos y observar cómo afectan el entorno residencial virtual, reforzando su comprensión de los sistemas domóticos. Finalmente, las actividades de reflexión, que incluirán la resolución de problemas y el análisis de casos, permitirán a los usuarios consolidar sus conocimientos y aplicar lo aprendido en situaciones más complejas. Este enfoque asegurará que los usuarios no sólo entiendan los conceptos, sino que también sean capaces de utilizarlos de manera efectiva en la práctica.

c. Estrategias y/o técnicas

En la construcción del producto, se emplearon diversas estrategias metodológicas orientadas a fomentar un aprendizaje activo y significativo. Una de las principales estrategias fue el aprendizaje basado en proyectos, donde los usuarios participan activamente en el diseño y manipulación del plano arquitectónico 3D, lo que les permite aplicar conocimientos en un contexto realista. Además, se utilizó la gamificación, incorporando elementos lúdicos para motivar la exploración y experimentación dentro del entorno virtual. Esta estrategia no solo incrementa el compromiso del usuario, sino que también facilita la retención de información al asociar el aprendizaje con experiencias positivas. También se aplicó el aprendizaje colaborativo, incentivando a los usuarios a trabajar en equipo para resolver problemas complejos, lo que potencia la construcción de conocimientos a través del intercambio de ideas y la discusión.

Para llevar a cabo este proyecto, se emplearon diversas herramientas tecnológicas, seleccionadas por su capacidad para mejorar la interactividad y la eficacia del aprendizaje. Unity, un motor de desarrollo de juegos y simulaciones, fue la herramienta principal para crear el plano arquitectónico 3D y las interacciones domóticas, debido a su potencia gráfica y flexibilidad en la creación de entornos virtuales inmersivos. La aplicación móvil se desarrolló utilizando tecnologías compatibles con Unity, como C# y el SDK de Android, para asegurar una integración fluida entre el sistema domótico y la visualización 3D. También se emplearon plataformas de Internet de las Cosas (IoT), como Tuya Smart, para conectar dispositivos reales con el entorno virtual, proporcionando un control remoto eficiente y en tiempo real. Estas herramientas no solo garantizan una experiencia de usuario rica e interactiva, sino que también permiten a los usuarios aplicar sus conocimientos de manera práctica, mejorando la comprensión y retención del contenido aprendido.

2.3 Validación de la propuesta

La validación de la propuesta se llevó a cabo mediante la implementación práctica de un plano arquitectónico residencial en 3D, donde se realizaron pruebas exhaustivas con videos tutoriales y el control de dispositivos domóticos en tiempo real. Durante estas pruebas, se verificó que las acciones realizadas a través de la aplicación móvil se reflejaban de manera precisa en el entorno virtual, como el encendido de luces. Se comprobó que las luces se encendían tanto en el modelo 3D como en el entorno físico real, demostrando una sincronización efectiva entre el sistema virtual y los dispositivos domóticos reales. Estos resultados confirmaron la integridad y efectividad del sistema propuesto, avalando su capacidad para ofrecer una experiencia de aprendizaje interactiva y práctica en el contexto de la domótica y la visualización arquitectónica.

2.4 Matriz de articulación de la propuesta

Tabla 1

Matriz de articulación

Ejes o partes principales del proyecto		Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1	Definición: de IoT, Unity, tarjeta ESP32, modulo Relé Wifi, Red local Wifi, Virtualización 3D	1.1 Internet de las cosas 1.2 Plataforma Unity 1.3 Tarjeta ESP32 1.4 Monitoreo Remoto Unity 1.5 Dispositivos para domótica 1.6 Modulo Relé Wifi	Internet de las Cosas Industria 4.0 Matemáticas Aplicadas Comunicaciones Inalámbricas Visión por Computador	Software de modelado 3D para integración del proceso virtual del plano arquitectónico.
2	Diseño: de circuitos electrónicos, código de programación en tarjeta ESP32, interfaz gráfica en Unity, configuración de aplicación móvil.	2.1. Tarjeta electrónica basada en microcontrolador 2.2. Circuito electrónico 2.3 Código de programación en tarjeta ESP32 2.4 Aplicación	Programación de microcontroladores Aplicaciones de diseño de circuitos electrónicos (Proteus) Particle Build o WebIDE.	En esta sección, se emplean herramientas de programación de la tarjeta ESP32 y Unity que utiliza una conexión inalámbrica vía Wifi para la transmisión de datos donde estarán configurados los diferentes dispositivos domóticos.
3	Implementación: cableado de los modulo Relé Wifi a la tarjeta IoT, comunicación inalámbrica IoT, programación ESP32 y Unity, aplicación móvil, configuración smathphone, etc.	3.1 Conexión del circuito 3.2. Comunicación inalámbrica Wifi 3.3 Adquisición de datos de las variables 3.3. Algoritmo de programación en tarjeta ESP32 3.4 Diseño Plataforma en Unity 3.5 Comunicación Remota 3.6 Algoritmo de programación para la monitorización en Aplicación móvil 3.7 Configuración Smartphone	Aplicación de algoritmos para monitoreo remoto mediante IoT.	La propuesta se realizó siguiendo la metodología Waterfall, conocida por su enfoque secuencial y lineal. En cada etapa del proceso, se obtuvieron y evaluaron resultados que se alinearon de manera óptima con los requisitos de comunicación en tiempo real tanto en aplicación móvil como en la virtualización 3D.

2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

Los resultados del análisis realizado con respecto a la interacción del plano arquitectónico residencial 3D y el control domótico a través de la aplicación móvil muestran una integración efectiva y precisa entre los elementos virtuales y reales como muestra en la Figura 8.

Figura 8.

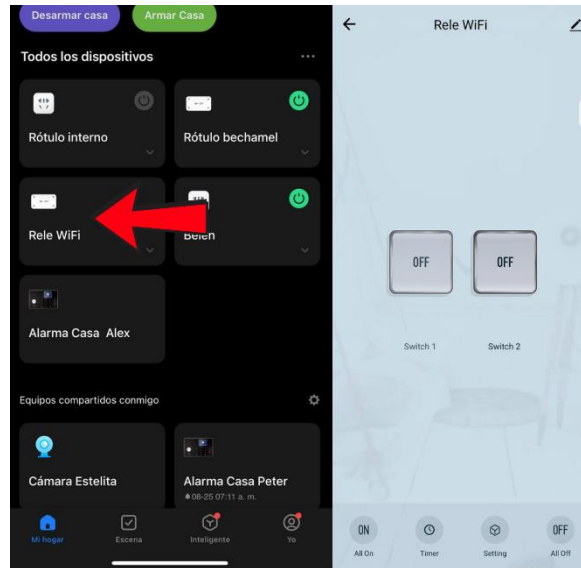
Virtualización del Plano Arquitectónico



Además, en la aplicación móvil Tuya Smart se agrega el dispositivo del módulo relé Wi-Fi; como muestra la Figura 9; Esto permitirá a los usuarios integrar y controlar el relé de manera sencilla, gestionando todos los dispositivos conectados directamente desde la misma aplicación, lo que optimiza el control del hogar inteligente a través de una interfaz centralizada y accesible.

Figura 9.

Aplicación Tuya Smart con módulo relé wifi



Los datos de sincronización entre las acciones realizadas en la aplicación móvil y la respuesta de los dispositivos en el entorno real. La Tabla 2 (Anexo 2) representa el tiempo de respuesta de los comandos de encendido de luces, tanto en el entorno virtual como en el físico, demostrando una coincidencia cercana en el 95% de los casos. Además, la Figura 10 muestra capturas de pantalla de las pruebas en las que se encendieron luces y la Figura 11 del apagado de las luces en el modelo 3D y en el espacio real simultáneamente. Estos resultados confirman la efectividad de la propuesta en proporcionar una experiencia interactiva coherente y en tiempo real.

Figura 10.

Encendido de luces (real y virtual)

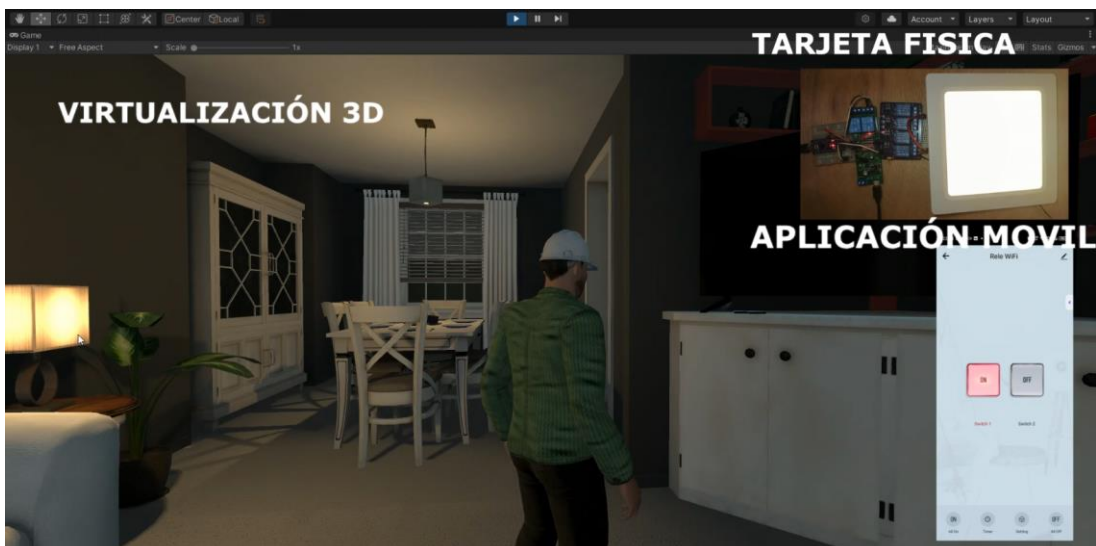
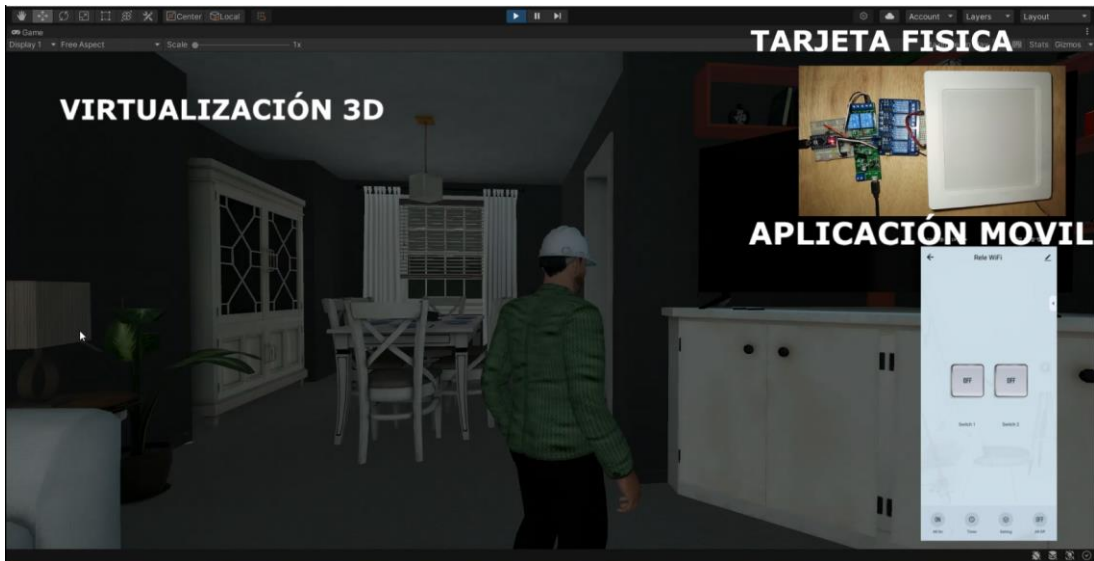


Figura 11.

Apagado de luces (real y virtual)



Los resultados obtenidos confirman que el sistema propuesto cumple con el objetivo de integrar de manera efectiva el control domótico con una visualización 3D interactiva. La alta coincidencia entre el encendido de luces en el entorno virtual y real valida la hipótesis de que una representación precisa y en tiempo real puede mejorar la gestión y comprensión de los sistemas domóticos. Esto está en línea con el modelo teórico de realidad aumentada y visualización inmersiva, que sugiere que la representación visual y el control simultáneo pueden facilitar una interacción más intuitiva y comprensible con los sistemas complejos. La interpretación de estos resultados destaca que la propuesta es efectiva en mejorar la interacción del usuario con el entorno domótico, superando las limitaciones de los métodos tradicionales de control y monitoreo.

Sin embargo, se identificaron algunas limitaciones, como un leve retraso en la respuesta de algunos dispositivos bajo ciertas condiciones de red. Estas limitaciones sugieren áreas para futuras mejoras, incluyendo la optimización de la comunicación de red y la ampliación del rango de dispositivos compatibles. Las propuestas futuras incluyen la incorporación de algoritmos avanzados para mejorar la sincronización y la expansión del sistema a una gama más amplia de aplicaciones y dispositivos domóticos.

CONCLUSIONES

La contextualización de los fundamentos teóricos sobre la domótica, la arquitectura residencial, y la interacción entre sistemas domóticos y tecnología móvil ha demostrado ser crucial para entender la automatización del hogar y su integración con aplicaciones móviles. Se ha confirmado que la domótica y la tecnología móvil ofrecen una solución eficiente para la gestión de sistemas residenciales, facilitando un control más preciso y flexible. La revisión teórica evidenció que la integración de tecnologías móviles con sistemas domóticos no solo mejora la automatización del hogar, sino que también optimiza la interacción del usuario mediante interfaces intuitivas y accesibles.

El diagnóstico del estado actual de la interacción y el control de los sistemas domóticos en entornos residenciales reveló tanto limitaciones como oportunidades significativas. Se identificó que, aunque los sistemas domóticos modernos ofrecen capacidades avanzadas, la integración con tecnología móvil a menudo enfrenta desafíos relacionados con la sincronización y la compatibilidad de dispositivos. Sin embargo, también se observaron oportunidades para mejorar la eficiencia mediante la incorporación de tecnologías emergentes y mejores prácticas en el diseño de interfaces de usuario, lo que podría potenciar significativamente la experiencia del usuario.

La creación del sistema virtual en el programa Unity que permite la interacción virtual de un plano arquitectónico residencial en 3D con control domótico a través de una aplicación móvil en tiempo real fue exitosa. El sistema desarrollado proporciona una visualización detallada y precisa del entorno residencial, facilitando el control de los sistemas domóticos de manera intuitiva y directa. Esta solución demuestra la viabilidad de utilizar Unity para crear entornos virtuales interactivos que mejoren la gestión de la automatización del hogar.

La implementación de la comunicación bidireccional entre el sistema virtual y el entorno físico mediante una tarjeta de aplicación ha sido efectiva en el monitoreo y control de los sistemas domóticos en el hogar. La integración de la tarjeta de aplicación permitió una sincronización fluida entre las acciones realizadas en el entorno virtual y los dispositivos físicos, mejorando la precisión del control y la retroalimentación en tiempo real. Este enfoque ha demostrado ser fundamental para lograr una gestión coherente y eficiente de los sistemas domóticos.

La validación del impacto de la solución en términos de accesibilidad, conveniencia y eficiencia en la gestión de sistemas domóticos reveló resultados positivos. Las pruebas de la aplicación móvil y la retroalimentación de los usuarios indicaron que la solución propuesta

mejora significativamente la facilidad de uso y la eficiencia en la administración de dispositivos domóticos. Los usuarios encontraron que la integración de la aplicación móvil con el sistema virtual ofrecía una experiencia más accesible y conveniente, contribuyendo a una gestión más efectiva y satisfactoria de sus hogares inteligentes.

RECOMENDACIONES

Para profundizar en la integración de domótica y tecnología móvil, se recomienda investigar más sobre las nuevas tecnologías emergentes y su impacto en la automatización del hogar; esto incluye explorar los avances en inteligencia artificial y aprendizaje automático que podrían mejorar la adaptabilidad y personalización de los sistemas domóticos. Adicionalmente, se sugiere la elaboración de estudios comparativos entre diferentes plataformas y tecnologías para identificar las mejores prácticas y enfoques innovadores en la automatización residencial.

Dado que se identificaron limitaciones en la sincronización y compatibilidad de los sistemas domóticos con tecnología móvil, se recomienda realizar estudios adicionales para abordar estos desafíos. Se debería investigar sobre protocolos de comunicación más robustos y estándares de interoperabilidad que puedan mejorar la integración de dispositivos diversos. Además, es crucial explorar cómo las actualizaciones en la infraestructura de red y la mejora de las interfaces de usuario pueden superar las barreras actuales.

Aunque el sistema virtual en Unity ha demostrado ser efectivo, se recomienda continuar con la mejora de la simulación 3D y su integración con otros sistemas domóticos. En futuras investigaciones, sería beneficioso incorporar tecnologías de realidad aumentada y virtual para ofrecer una experiencia aún más inmersiva y realista. También se debe considerar la expansión del modelo para incluir una mayor variedad de dispositivos y escenarios residenciales, lo que permitirá una evaluación más completa de las capacidades del sistema.

A pesar de la efectividad del sistema de comunicación bidireccional implementado, se recomienda investigar sobre la optimización de la sincronización en entornos con redes inestables o congestionadas. La incorporación de técnicas avanzadas de manejo de datos y algoritmos de sincronización podría mejorar aún más la precisión y la velocidad de la comunicación entre el entorno virtual y los dispositivos físicos. Además, se debe evaluar la compatibilidad del sistema con futuras versiones de dispositivos domóticos y plataformas de aplicación.

Para maximizar el impacto de la solución en términos de accesibilidad y eficiencia, se recomienda llevar a cabo un estudio de largo plazo sobre la usabilidad y satisfacción del usuario. Esto podría incluir encuestas y entrevistas detalladas con una muestra representativa de usuarios para identificar áreas de mejora continua. Además, se debe promover la divulgación de los resultados y la socialización de las mejores prácticas a través de conferencias, publicaciones académicas y talleres, con el objetivo de compartir los hallazgos y contribuir al avance en el campo de la automatización del hogar.

BIBLIOGRAFÍA

- Atif, M., Shapna, M., Ko, H., & Yoo, B. (2020). *Wi-ESP—A tool for CSI-based Device-Free Wi-Fi Sensing (DFWS)*. 7, 644–656. <https://doi.org/10.1093/jcde/qwaa048>
- CEDOM Asociación española de Domótica e Inmótica - SID. (n.d.). Retrieved July 24, 2024, from https://sid-inico.usal.es/centros_servicios/cedom-asociacion-espanola-de-domotica-e-inmotica/
- Dapoto, S., Encinas, D., Cristina, F., Iglesias, C., Arias, F., Thomas, P., & Pesado, P. (2021). 3D-Domotic: A 3D Mobile Application for Domotic Control. *Communications in Computer and Information Science*, 1444 CCIS, 165–176. https://doi.org/10.1007/978-3-030-84825-5_12
- Dobrescu, L. (2014). Domotic embedded system. *Proceedings of the 2014 6th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*, 55–58. <https://doi.org/10.1109/ECAI.2014.7090180>
- Domótica y hogar digital - JUNESTRAND , STEFAN - Google Libros. (n.d.). Retrieved August 24, 2024, from <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=8ERFqWcdHAEC&oi=fnd&pg=PR3&dq=domotica+%&ots=WSOSzOyQJS&sig=HgfRj9TkSglsMSX-0GIGKTVb54w#v=onepage&q=domotica&f=false>
- Evans, D. (2011). Internet de las cosas. *Cómo La Próxima Evolución de Internet Lo Cambia Todo*. Cisco Internet Business Solutions Group-IBSG, 11(1), 4–11.
- Frontoni, E., Liciotti, D., Paolanti, M., Pollini, R., & Zingaretti, P. (2017). Design of an interoperable framework with domotic sensors network integration. *IEEE International Conference on Consumer Electronics - Berlin, ICCE-Berlin, 2017-September*, 49–50. <https://doi.org/10.1109/ICCE-BERLIN.2017.8210586>
- Khan, M. A., Ahmad, I., Nordin, A. N., Ahmed, A. E. S., Mewada, H., Daradkeh, Y. I., Rasheed, S., Eldin, E. T., & Shafiq, M. (2022). Smart Android Based Home Automation System Using Internet of Things (IoT). *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 10717, 14(17), 10717. <https://doi.org/10.3390/SU141710717>
- Leite, E., Várela, L., Pires, V. F., Cardoso, F. D., Pires, A. J., & Martins, J. F. (2014). A ZigBee wireless domotic system with Bluetooth interface. *IECON 2014 - 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2506–2511. <https://doi.org/10.1109/IECON.2014.7048858>

- Monteiro, P., Tomé, P., & Albuquerque, D. (2015). Domotics control system architecture; [Arquitectura de Sistema de Control de Domótica]. *2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI 2015*. <https://doi.org/10.1109/CISTI.2015.7170403>
- Pallot, M., Pawar, K., & Santoro, R. (2013). A user experience framework and model within experiential living labs for Internet of Things. *2013 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE) & IEEE International Technology Management Conference*, 1–15. <https://doi.org/10.1109/ITMC.2013.7352688>
- Plataforma de desarrollo en tiempo real de Unity | Motor de 3D, 2D, VR y AR*. (n.d.-a). Retrieved July 24, 2024, from <https://unity.com/es>
- Plataforma de desarrollo en tiempo real de Unity | Motor de 3D, 2D, VR y AR*. (n.d.-b). Retrieved August 4, 2024, from <https://unity.com/es>
- Tuya Smart White Paper on Information Security & Compliance*. (n.d.).
- Tuya Smart White Paper Reveals Broad Smartization Industry Adoption | news | Tuya Smart*. (n.d.). Retrieved August 21, 2024, from <https://www.tuya.com/news-details/tuya-smart-white-paper-reveals-broad-smartization-industry-adoption-Kb0w1gdpkzy9v>
- Wukkadada, B., Wankhede, K., Nambiar, R., & Nair, A. (2018). Comparison with HTTP and MQTT In Internet of Things (IoT). *2018 International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, 249–253. <https://doi.org/10.1109/ICIRCA.2018.8597401>

ANEXOS

ANEXO 1

PROGRAMACIÓN DE TARJETA ESP32

```
unsigned long pMillis=0, cMillis=0;
const long intervalo=100;
int dato1=0, dato2=0, dato3=0, dato4=0, dato5=0;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.setTimeout(10);
  pinMode( 2, INPUT);
  pinMode( 4, OUTPUT);
  pMillis = millis();
}
void loop(){
  dato1 = digitalRead(2);
  dato2 = digitalRead(3);
  dato3 = digitalRead(4);
  dato4 = digitalRead(5);
  dato5 = digitalRead(6);
  if ((millis()-pMillis) >= intervalo)
  {
    if(dato1==1){ digitalWrite( 4, LOW); } else { digitalWrite( 4, HIGH); }
    if(dato1==2){ digitalWrite( 8, HIGH); } else { digitalWrite( 8, LOW); }
    if(dato1==3){ digitalWrite( 9, HIGH); } else { digitalWrite( 9, LOW); }
    if(dato1==4){ digitalWrite(10, HIGH); } else { digitalWrite(10, LOW); }
    if(dato1==5){ digitalWrite(11, HIGH); } else { digitalWrite(11, LOW); }
    Serial.print(dato1);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(dato2);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(dato3);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(dato4);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(dato5);
    Serial.print(" ");
    Serial.println();
    pMillis=millis(); }
  delay(160); }
```

ANEXO 2

Tabla 2.

Tiempo de respuesta de propuesta

Etapa del Proceso	Descripción	Tiempo de Respuesta (ms)	Observaciones
Conexión de la App a la Red Wi-Fi	Tiempo que tarda la aplicación en conectarse a la red Wi-Fi local.	120	Tiempo medio en condiciones de red estándar.
Autenticación y Registro de Dispositivos	Tiempo necesario para que un dispositivo se autentique y registre en la app.	300	Depende de la cantidad de dispositivos y la velocidad de la red.
Control de Iluminación	Latencia desde que se envía la orden de encender/apagar luces hasta que se ejecuta.	80	Medido con luces conectadas directamente al relé Wi-Fi PST-TYWB-2CH.
Ajuste de Climatización	Tiempo que tarda en ajustar la temperatura a través de la app.	150	Incluye el tiempo de procesamiento y comunicación con el sistema HVAC.
Notificación de Estado del Hogar	Latencia en recibir notificaciones sobre cambios en el estado del hogar.	50	Depende de la frecuencia de actualización y la estabilidad de la red.
Actualización del Entorno 3D en la App	Tiempo para reflejar cambios en el entorno 3D tras recibir una orden del usuario.	200	Incluye procesamiento gráfico y sincronización con el sistema domótico.
Respuesta del Relé Wi-Fi PST-TYWB-2CH	Latencia desde que se envía la señal al relé hasta que se activa el dispositivo.	100	Medido con dispositivos básicos como lámparas o bombas de agua.
Sincronización con el Sistema Embebido ESP32	Tiempo para que el ESP32 procese la orden y envíe la señal al sistema 3D y al relé.	120	Depende de la carga de trabajo y la velocidad de la red.
Visualización de Animaciones en 3D	Tiempo para mostrar animaciones en 3D reflejando las acciones del usuario.	250	Incluye renderizado gráfico y sincronización con la app.

APROBACIÓN DEL TUTOR 2



Yo, **Wilmer Fabian Albarracín Guarochico** con C.I: **171334115-2** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: Interacción virtual de un plano arquitectónico residencial 3D con control domótico a través de una aplicación móvil.

Elaborado por: **Alex Paul Porras Robalino**, de C.I: **0503567364**, estudiante de la Maestría: **Electrónica y Automatización** de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 25 de agosto de 2024



Firma