

Diseño de entorno espacial en los sistemas de información en la agricultura con Unity XR

Spatial environment design in agricultural information systems with Unity XR

 Luis Tonatiuh Castellanos-Serrano^{I*},  Ricardo Acosta-Díaz^{II},
 Pedro Damián-Reyes^{II},  María Victoria Gómez-Águila^I and  José Alfredo Castellanos-Suárez^I

^IUniversidad Autónoma Chapingo, Texcoco de Mora, México.

^{II}Universidad de las Américas y del Caribe, Doctorado en Sistemas de Información, Colima, México.

*Author for correspondence: Luis Tonatiuh Castellanos-Serrano, e-mail: lcastellanoss@chapingo.mx

RESUMEN: Las tecnologías de Realidad Virtual (VR) tienen el objetivo de desarrollar entornos espaciales inmersivos o mixtos para adecuar tareas que van desde los videojuegos hasta aplicaciones científicas de investigación, en el tópico de la agricultura digital la importancia del metaverso en los procesos de la agronomía ha puesto en la mira a este sector, vislumbrando futuros resultados que podrían revolucionar a la agricultura 5.0. Se explica los requerimientos de la aplicación basado en una "APK" compatible con el sistema operativo de Meta Horizon para los visores de Meta Quest, el cual se desarrolló en la plataforma de Unity VR CORE y los Plug-in de XR Interaction Toolkit, mostrando la arquitectura del entorno espacial y las capas de interconexión, se emplea un diagrama de clase para explicar la composición de la estructura de programación empleada. Se discute la estrategia de implementación de los modelos conceptuales a través de los formatos de diagrama de secuencia, de uso y el esquema lógico de la base de datos, los cuales sirvieron para el trazado del maquetado del proyecto y así la construcción tridimensional del entorno espacial en Unity, dando como evidencia imágenes en tiempo real con la interfaz Oculus Meta Quest 2 en los modos de interactividad con los controles Touch y el modo de Hand Tracking. Se aborda la importancia de los ecosistemas espaciales en el metaverso orientados a los sistemas de información en la agricultura digital y los trabajos a seguir que nos depara en materia perfeccionamiento del Agroverso.

Palabras clave: Realidad-Virtual, Interfaz-VR, Inmersivo, Agronomía, Meta-Horizont.

ABSTRACT: Virtual Reality (VR) technologies aim to develop immersive or mixed spatial environments to adapt tasks ranging from video games to scientific research applications, in the topic of digital agriculture the importance of the metaverse in the processes of agronomy has put this sector in the spotlight, glimpsing future results that could revolutionize agriculture 5.0. The requirements of the application are explained based on an "APK" compatible with the Meta Horizon operating system for Meta Quest viewers, which was developed on the Unity VR CORE platform and the XR Interaction Toolkit Plug-ins, showing the architecture of the spatial environment and the interconnection layers, a class diagram is used to explain the composition of the programming structure used. The implementation strategy of the conceptual models is discussed through the formats of sequence diagram, usage and the logical scheme of the database, which were used to trace the layout of the project and thus the three-dimensional construction of the spatial environment in Unity, giving as evidence real-time images with the Oculus Meta Quest 2 interface in the interactivity modes with Touch controls and the Hand Tracking mode. The importance of spatial ecosystems in the metaverse oriented to information systems in digital agriculture is addressed and the work to follow that awaits us in terms of improving the Agroverse.

Keywords: Virtual-Reality, Interface-VR, Immersive, Agronomy, Meta-Horizon.

INTRODUCCIÓN

En la era actual, el rápido desarrollo de las tecnologías computacionales ha abierto puertas a paradigmas revolucionarios, tal ocurre con la inteligencia artificial, el cómputo ubicuo, el Big Data, la realidad aumentada, la computación cuántica, entre otros. Estas tecnologías resultan fundamentales para abordar las demandas de nuestra sociedad moderna, integrándose cada vez más en nuestro día a día.

En lo que respecta al sector agrícola, la adopción de tecnología es necesaria para mantenerse competitivo. Estados Unidos, China, Japón y los Países Bajos lideran en la implementación de una agricultura 5.0 [Vargas-Canales \(2022\)](#), aprovechando la robótica y la inteligencia artificial como herramienta clave. A diferencia de ellos, países en desarrollo aún están cerrando la brecha tecnológica, aunque los esfuerzos de capacitación y transferencia tecnológica están empezando a dar frutos, falta mucha inversión infraestructural para llegar a la competencia global del Tecno-Agro.

Recibido: 20/10/2024

Aceptado: 01/03/2025

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR: **Conceptualización:** L. T. Castellanos. **Curación de datos:** L. T. Castellanos. **Análisis formal:** L. T. Castellanos, R. Acosta. **Captación de fondos:** L. T. Castellanos. **Investigación:** L. T. Castellanos, R. Acosta, P. Damián, M. V. Gómez, J. Castellanos. **Metodología:** L. T. Castellanos. **Administración de proyectos:** **Recursos:** Universidad de las Américas y del Caribe y Universidad Autónoma Chapingo. **Software:** L. T. Castellanos. **Supervisión:** **Validación:** L. T. Castellanos. **Visualización:** L. T. Castellanos, M. V. Gómez, J. Castellanos. **Redacción-borrador original:** L. T. Castellanos, R. Acosta, P. Damián, M. V. Gómez, J. Castellanos. **Redacción-revisión y edición:** L. T. Castellanos, R. Acosta, P. Damián.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



La realidad virtual (VR) crea interfaces que sumergen a los usuarios en entornos virtuales, mejorando la interacción con tecnologías computacionales. El metaverso, emerge como un futuro entorno virtual, ofreciendo a los usuarios la capacidad de operar avatares a través de interfaces hombre-computadora, como PC, smartphones, o dispositivos de VR como Oculus Meta Quest o los nuevos [Apple Vision Pro Apple Corporation \(2024\)](#), estas innovaciones sin duda están sentando las bases para avances en cibernética y biónica humana.

La integración de realidad virtual (VR) y el metaverso en la agricultura representa una frontera emergente con el potencial de transformar radicalmente la manera en que se gestionan y optimizan los procesos agrícolas. La adopción de estas tecnologías promete mejorar la productividad, la sostenibilidad y la toma de decisiones basada en datos, abordando desafíos clave como la seguridad alimentaria, el cambio climático y la gestión eficiente de recursos ([Anaconda et al., 2019](#)). Este estudio se justifica por la necesidad urgente de explorar y desarrollar soluciones innovadoras que puedan contribuir a un futuro agrícola más resiliente y sostenible.

La realidad virtual, al superponer información digital sobre el mundo físico, ofrece oportunidades sin precedentes para la visualización de datos agrícolas, la simulación de cambios ambientales y la capacitación de los trabajadores del campo en técnicas avanzadas sin riesgos ni altos costos asociados ([Zagalo, 2020](#)). Por otro lado, el metaverso, como espacio virtual colectivo compartido, tiene el potencial de revolucionar la colaboración, el intercambio de conocimientos y la gestión de operaciones agrícolas a distancia, promoviendo una agricultura conectada y tecnológicamente habilitada ([Page et al., 2021](#)).

A pesar del potencial evidente, la implementación práctica de estas tecnologías en la agricultura aún se encuentra en sus etapas iniciales, con barreras significativas en términos de acceso tecnológico, habilidades requeridas y aceptación por parte de la comunidad agrícola ([Koutsabasis et al., 2021](#)). Por lo tanto, este estudio busca no solo demostrar la viabilidad técnica y los beneficios de un ecosistema agrícola en el metaverso sino también proporcionar un marco para su implementación efectiva y escalable.

La línea de investigación de las tecnologías del metaverso orientados a la agricultura digital (Agroverso), forman parte del área de la agricultura digital, cual tiene como significado:

“Se trata de un enfoque holístico, encaminado a optimizar la producción, mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental mediante el aprovechamiento de recursos tecnológicos que permiten a los agricultores monitorear y controlar diversos aspectos del proceso agrícola de manera remota y en tiempo real a través de diferentes soluciones tecnológicas” ([Flores, 2024](#)).

La sinergia de la agricultura digital y las interfaces hombre-computadora, pueden crear espacios virtuales para

el diseño de sistema de información en la agricultura, el cual sirva como acervo cibernético para interconectar de forma ubicua con el cómputo cloud, las redes computacionales y los sistemas masivos de información (Big Data) para la creación de ecosistemas virtuales que permitan la transacción de información en la agricultura de una forma amigable, intuitiva dinámica y altamente cibernética.

MATERIALES Y MÉTODOS

Requerimientos de la Aplicación

Objetivo técnico: Diseñar un entorno de realidad virtual en Unity XR para el metaverso que permita conectar fuentes de sistemas de datos para crear experiencia aptica, kinestésica e inmersiva con el usuario, aplicado a los sistemas de agricultura digital.

Características técnicas:

- APK instalable
- Plataforma de desarrollo Unity VR CORE y Plug-in de XR Interaction Toolkit
- Compatible con versiones de sistema operativo Meta Horizon OS
- Compatible con Visores Oculus Meta Quest 2 y preferentemente Oculus Meta Quest 3
- Navegación y control por mandos Touch y Hand Tracking
- Soporte de navegación por internet
- Soporte audiovisual

Requerimientos de software

Especificaciones de caso de uso del software: [Tabla 1](#)

Selección de la tecnología

Otras alternativas para el diseño del trabajo son los nuevos visores de Apple Vision, que son la competencia de mayor escalabilidad en temas de tecnología VR [Apple Corporation \(2024\)](#), las cuales son googlees con pantalla 4k de realidad virtual que ofrecen una experiencia inmersiva con el entorno físico y virtual potencializando así las capacidades del usuario; no obstante, Meta está lanzando en 2024 los Oculus Meta Quest 3, que ofrecen capacidades similares a los Apple Vision aunque siguen siendo visores con sistemas de cámaras para la detección del entorno físico y no googlees con pantalla periférica como lo propone la empresa Apple.

Por otro lado, Oculus se basa en sistema operativo Android, lo que permite una mayor versatilidad para su desarrollo y acceso a plataformas como Unity para la creación de contenido espacial; por su parte Apple Vision es una computadora espacial basada en el sistema operativo visionOS, la cual requiere de infraestructura Mac para poder realizar el diseño de contenido (aunque con un gran potencial). Como se ha vivido en el mundo de las computadoras y smartphone la compatibilidad de sus productos son única y exclusivamente para sus productos.

TABLA 1. Descripción de caso de uso de la aplicación de escritorio general

Caso uso	Especificaciones
Actor	Avatar del Usuario
Descripción	Entorno espacial de realidad virtual en el Metaverso orientado a sistemas de información en la agricultura, para realizar actividades hápticas y kinestésicas en diferentes actividades que permitan al usuario navegar en forma inmersiva en un ecosistema virtual que permita mejorar la experiencia de consulta y aprendizaje de los tópicos más importantes de la agricultura digital.
Precondiciones	APK compatible con sistema operativo Meta Horizon OS para visor Oculus Meta Quest, con interfaces de navegación mandos Touch y Hand Tracking. El usuario deberá contar con un punto de conexión WIFI con acceso a internet
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones de APK en el visor • Navegación en el Agroverso por medio de mando Touch • Conectividad a internet y puntos de sistemas de información digital en la agricultura por medio de interacción Hand Tracking • Navegación espacial en las siguientes salas: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Sala Principal ◦ Sala de TIC's en la agricultura ◦ Sala de base de datos en la agricultura ◦ Sala multimedia ◦ Sala de descargas ◦ Sala de prácticas agronómicas ◦ Sala de biblioteca agronómica

*Autoría Propia

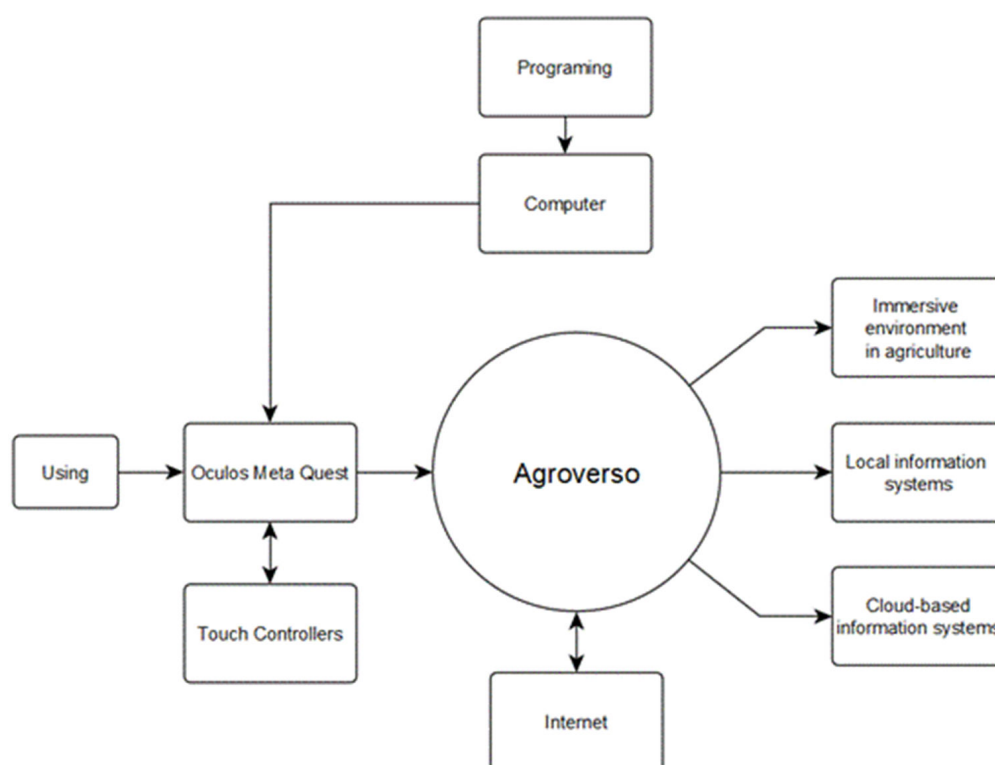


DIAGRAMA 1. DFD Nivel 0 del entorno virtual. (Autoría Propia)

Arquitectura del entorno VR

Los diagramas de flujo de dato (DFD) son una forma de trazar la circulación de los datos de los sistemas de información, para ello se despliegan en niveles que profundizan el comportamiento de las células que los componen IBM (2025), a continuación, el Diagrama 1 describe el comportamiento del sistema de un DFD Nivel 0.

En el siguiente Diagrama 2, se muestra el despliegue del sistema representado en un DFD Nivel 1:

En el Diagrama 3 se puede apreciar las capas de arquitecturas de trabajo compuestos por 5 subcapas, el cual empieza desde la izquierda en el diseño de Unity, la compilación y construcción del archivo APK, posteriormente el proceso para la vinculación del entorno construido hacia el Oculus Meta Quets, lo cual permite la carga del entorno virtual y poder acceder a la plataforma del Meta Horizon OS para su ejecución en tiempo real y finalmente los infoproductos que es la puesta en marcha de la simulación del entorno espacial VR entre el usuario y IHM.

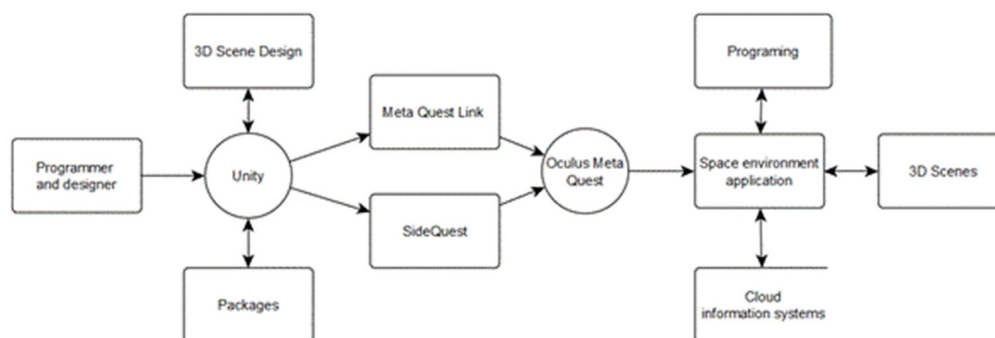


DIAGRAMA 2. DFD Nivel 1 del entorno virtual (Autoría Propia)

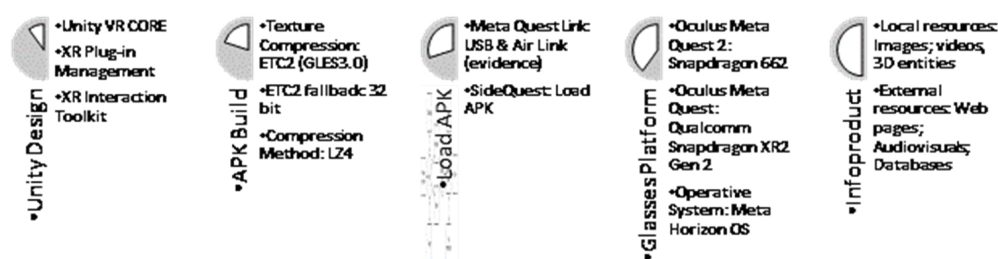


DIAGRAMA 3. Arquitectura de trabajo general del sistema VR. (Autoría Propia)

Diagrama de clase (Diagrama 4)

Descripción operativa de las secciones principales del entorno virtual.

Las descripciones operativas de las secciones principales del entorno virtual se muestran en la [Tabla 2](#).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, en las [Figuras 1 - 4](#), muestran el contexto de la sala principal y la arquitectura con la que está diseñado:

Diagrama de secuencia

En la ingeniería de software los diagramas de secuencia, son una modalidad del estándar UML que permite visualizar simultaneidad de la interacción de los objetos y procesos [Vidal-Silva et al. \(2019\)](#), lo que permite analizar la líneas de vida entre el usuario y la interacción del ciclo de vida de las instancias que lo componen, en el [Diagrama 5](#) se describe el proceso del prototipo en su diagrama de secuencia, donde se puede observar las líneas de vida y como el usuario puede interactuar con los procesos que lo componen.

Diagrama de caso de uso

Los diagramas de caso de uso son una herramienta en los procesos de esquematización de los proyectos de software que permiten observar el comportamiento que se vislumbra de la operatividad de los sistemas según [Marín y Tolmo \(2020\)](#), en el [Diagrama 6](#) se esbozó el caso de uso del prototipo de entorno espacial donde se puede apreciar claramente como el usuario interactúa con las diversas salas del Agroverso y cada una le permite acceder a las diferentes modalidades de trabajo apticas y kinestésicas.

Maquetado del proyecto

El maquetado en los diseños de sistemas de información en la agricultura son un tópico que apenas se va formalizando, con la transformación de la agricultura digital se emplean con mayor regularidad softwares para la gestión de las diferentes actividades que se realizan en el basto mundo de la agronomía.

Un ejemplo de esta aplicación puede ser el artículo “Desarrollo de un sistema web y móvil para la gestión de cultivos agrícolas”, donde se puede observar el uso de herramientas para el trazado de diagramas UML y vistas del prototipo de la App Móvil según [Martínez-Villalobos et al. \(2018\)](#), también se han empleado para el diseño de sistemas web comercialización de uchuva, papa y cebolla en el municipio de pasca Cundinamarca según [Triana-Rincon \(2023\)](#), como en el diseño de sistemas de información inteligentes para el cultivo de tomate de árbol según [Reyes-Roldán y Hernández-Ortiz \(2021\)](#), otro caso en el uso de sistemas de información para la comercialización de aguacate hass [Bolaños-Camacho y Amaya-Santana \(2019\)](#), también se han empleado en los diseños de sistemas de información geográfica web para mapas temáticos de áreas de riego [Fiallos \(2020\)](#) y en los sistemas web geoespaciales orientados a los predios de limón [Sotomayor y Chávez \(2024\)](#), aunque esto es una breve revisión bibliográfica, existen otros casos más, demostrando que la agricultura digital está tomando forma en los últimos años avanzado rumbo a la digitalización de los procesos de los sistemas de información para colocar en vanguardia los objetivos primordiales de la producción en el campo ([Alvarado-Torres et al., \(2019\)](#)).

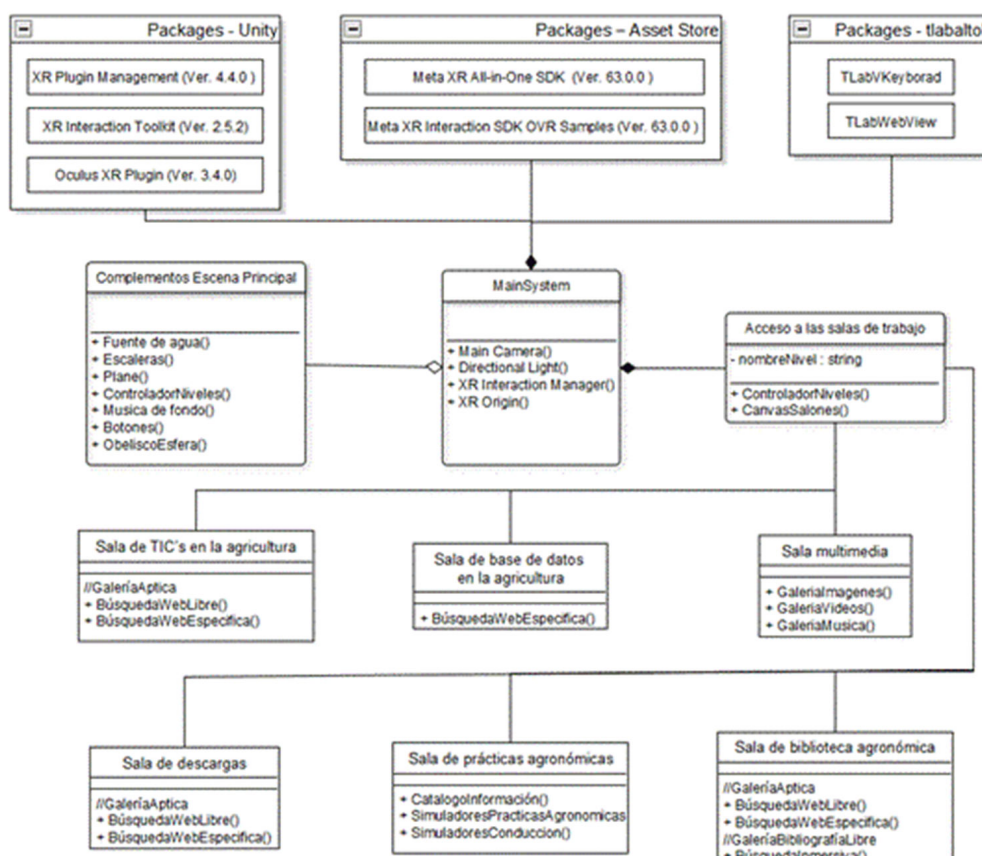


DIAGRAMA 4. Diagrama de clase del esquema general del proyecto de Agroverso.

TABLA 2. Descripción operativa de las secciones principales del entorno virtual

Sección	Descripción
Packages - Unity	Importación de los plugin y kit de paquetería que permiten las configuraciones básicas del entorno del Oculus Meta Quest en la plantilla de trabajo de VR Core de Unity
Packages - Asset Store	Conformado por 2 paqueterías importadas directamente por el soporte Unity los cuales permiten operar y depurar la programación y comunicación del entorno virtual en la arquitectura del XR SDK para la programación de los mandos Touch
Packages - tlablato	Es un paquete de código abierto llamado <i>TLibWebViewMRTK</i> para la implementación de la herramienta WebView y aplicaciones de realidad mixta utilizado el complemento de Mixed Reality Toolkit (MRTK) para el control de Hand Tracking (TLibAlto, 2025)
MainSystem	Contiene 3 GameObjects fundamentales <i>Main Camera()</i> ; <i>XR Interaction Manager()</i> ; <i>XR Origin()</i> , los cuales permiten la creación la navegación básica y avanzada del Avatar en el entorno virtual
Complementos Escena Principal	Se contienen los GameObjects que componen el escenario principal y permiten la construcción arquitectónica del entorno espacial como se puede mostrar en la Figura 4.1 y en la Figura 4.2 se puede observar la jerarquía de los GameObjects que componen la escena principal
Accesos a las salas de trabajo	Se cuenta con un GameObject llamado <i>ControladorNiveles()</i> el cual permite gestionar el acceso a las 6 subsalas de trabajo, esta interacción se logra por medio de un GameObject <i>CanvasSalones()</i> que cuenta con las labels y botones para el acceso por medio de controladores Touch del usuario

*Autoría Propia

Con miras a futuro el maquetado en el diseño de sistemas de información debe adquirir formalidad para poder desarrollar sistemas computacionales orientados a la agricultura, que permitan a los ingenieros trazar las rutas metodologías correctas en el diseño de arquitecturas de software en la construcción de las memorias técnicas de trabajo.

Las Figuras 5-8 proporcionan una esquematización profunda del maquetado del proyecto espacial.

Esquema de la base datos (Diagrama 7)

A continuación, se despliega el modelo descriptor de la base de datos entidad-relación desde la perspectiva de infraestructura lógica:

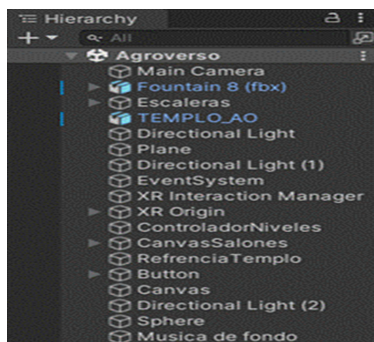


FIGURA 1. Jerarquía de los componentes GameObjects que estructuran el proyecto de la sala principal (Autoría Propia).

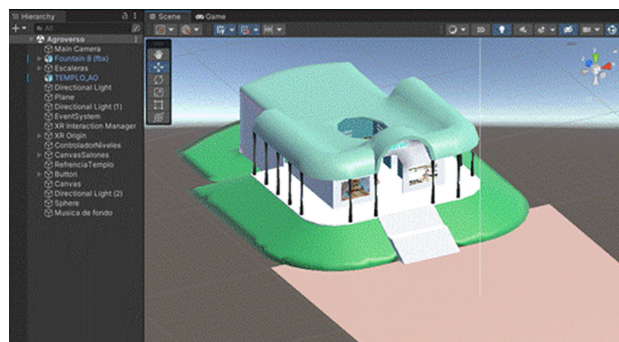


FIGURA 2. Vista Isométrica de Unity de la sala principal (Autoría Propia).



FIGURA 3. Vista principal de Unity de la sala principal del Agroverso (Autoría Propia).

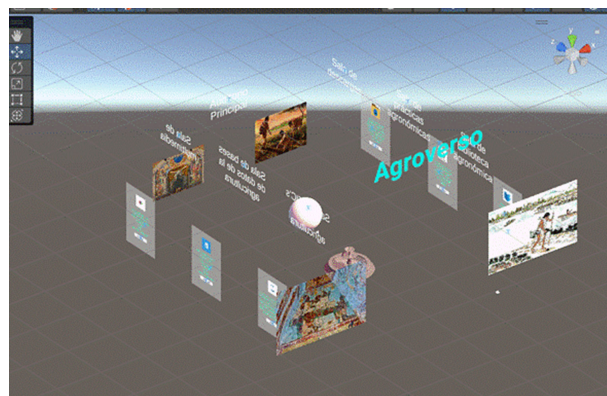


FIGURA 4. Infraestructura general de las salas del Agroverso (Autoría Propia).



DIAGRAMA 5. Secuencia del prototipo de realidad virtual del Agroverso (Autoría Propia).

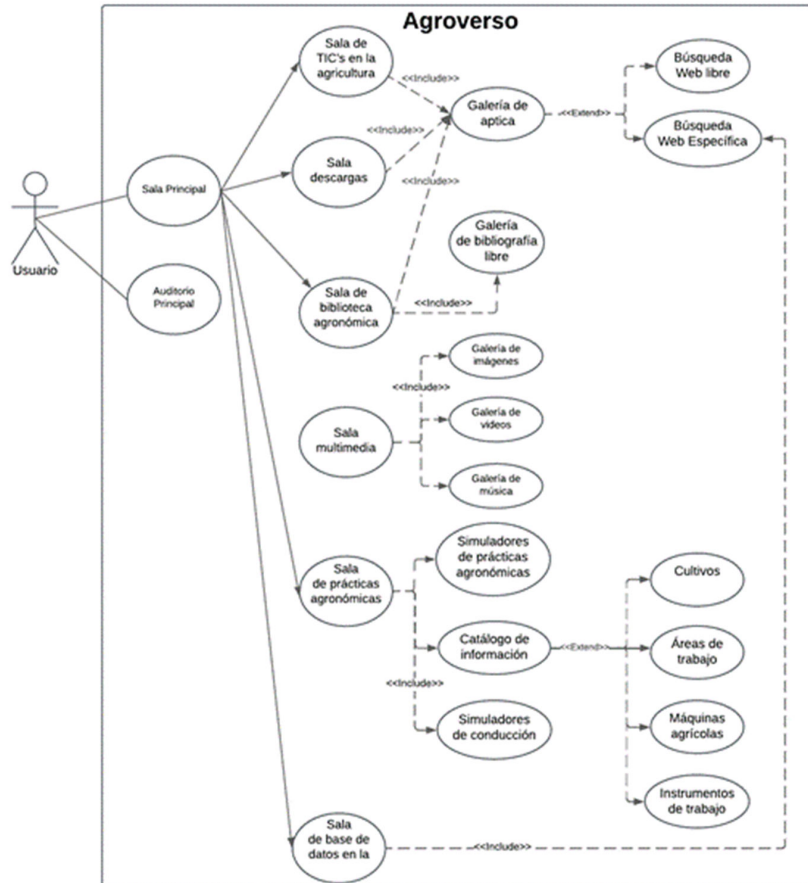


DIAGRAMA 6. Diagrama de caso de uso del Prototipo de entorno de realidad virtual del Agroverso (Autoría Propia).

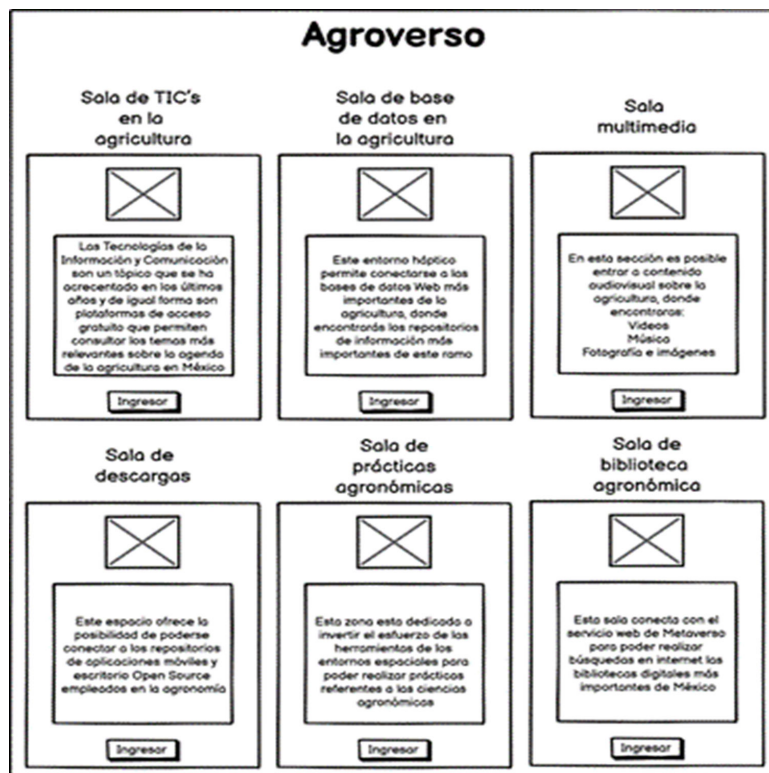


FIGURA 5. Prototipo de maqueta de la sala principal del Agroverso.

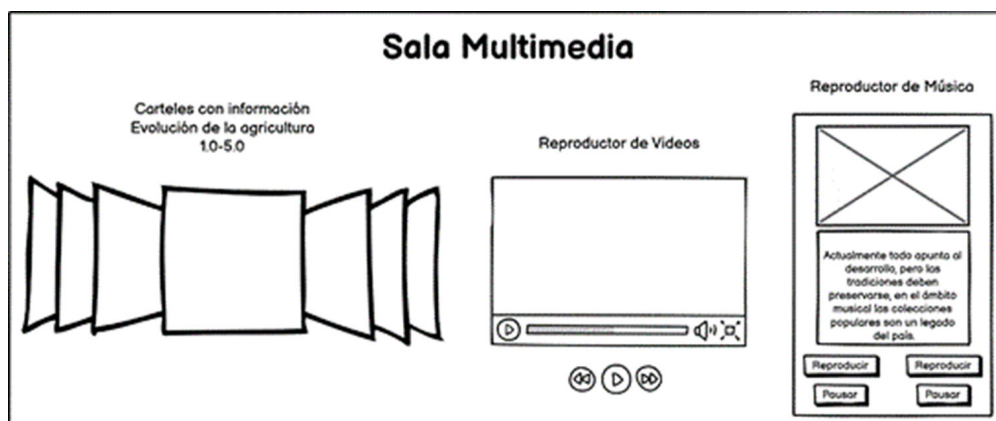


FIGURA 6. Prototipo de maqueta de la sala multimedia.

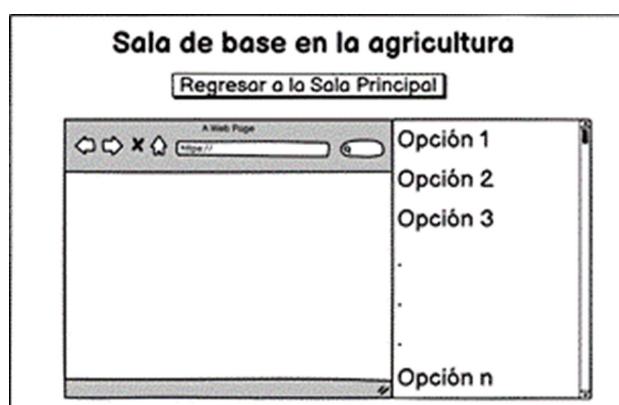


FIGURA 7. Prototipo de maqueta de base de datos en la agricultura



FIGURA 8. Prototipo de maqueta de sala de TIC's en la agricultura.

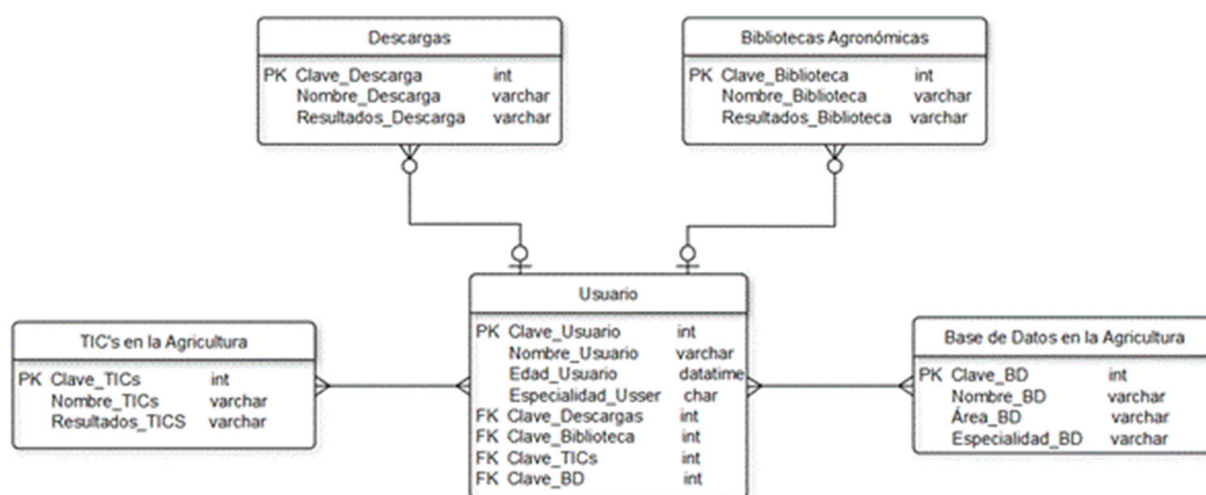


DIAGRAMA 7. Esquema de la base de datos lógico de entidad-relación.

Resultados de navegación

El entorno espacial 3D se diseñó entre una sinergia de Solidworks y Blender, además que se usaron modelos FBX de Open Source para complementarse la animación de geometrías 3D del ecosistema virtual, estructurando así, la sala principal del Agroverso y las subsalas de trabajo, con el motor de desarrollo de Unity VR CORE

se realizó la organización arquitectónica de los modelos 3D y su respectiva programación con las herramientas de la paquetería Plug-in de XR Interaction Toolkit, como se describió anteriormente.

El siguiente grupo de imágenes muestran la navegación del entorno espacial haciendo uso de Oculus Meta Quets 2 con opción de manejo de mandos Touch o Hand Tracking (dependiendo del modo de trabajo de cada sala).

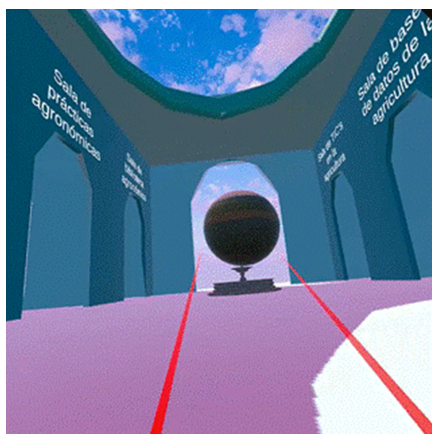


FIGURA 9. Sala Principal del Agroverso para el acceso a las sub-salas de trabajo (Autoría Propia)

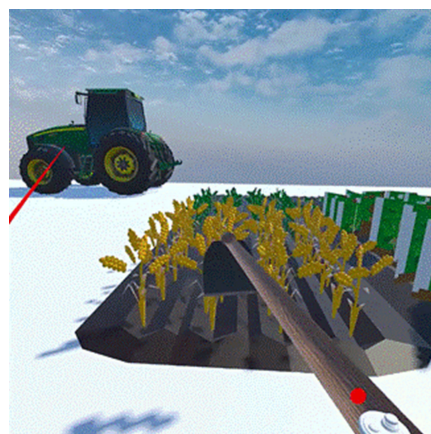


FIGURA 10. Muestra de acción de control Touch para interacción de objetos, sala de prácticas agronómicas (Autoría Propia).

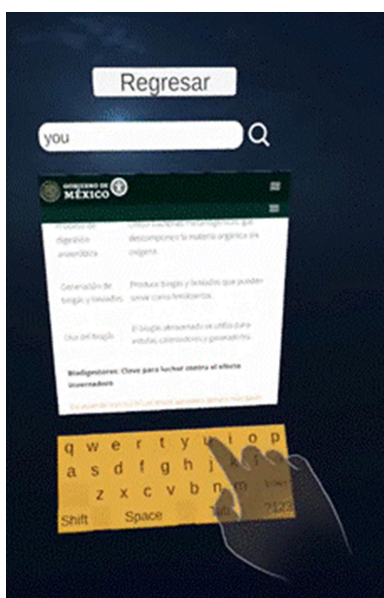


FIGURA 11. Modo Hand Tracking para navegación web de sistemas de información en la agricultura (Autoría Propia).

CONCLUSIONES

- Los sistemas de información en la agricultura o mejor dicho la agricultura digital, son un tópico de alta relevancia en el desarrollo de las tecnologías de este sector, la realidad virtual aún es una tecnología en adopción y revolución, faltan algunos años para que estos sistemas invadan otros sectores y así obtener otros productos de software y hardware que potencialicen sus funciones.
- En el panorama de las tecnologías del VR aplicada en la agricultura, se pueden encontrar notas en la Web sobre interés, áreas de oportunidad, hallazgos, ideas, y otras expectativas donde los entornos espaciales en el metaverso tendrán gran impacto para el sector del Agro, sin duda alguna la virtualización es un fenómeno que ha infectado todo el globo, y ha sometido a la sociedad contemporánea al proceso de digitalización.
- Se documentó un esquema de trabajo orientado a los sistemas de información en la agricultura, no obstante, no es la única área de oportunidad que existe para el Agro, tan solo se puede reflexionar sobre el comercio nacional e internacional, la simulación de procesos agroindustriales, capacitación para maquinaria mecánica y mecatrónica, estudios de laboratorio para simulaciones kinestésicas avanzadas, entre muchas aéreas de oportunidad.
- En el marco del desarrollo de programas de cómputo, la ingeniería de software es una herramienta que permite a los diseñadores trazar la estratégica tanto metodológica y logística del proceso de producción del software, en el ámbito de la producción de proyecto VR en el metaverso y en la agricultura digital este recurso es un elemento clave para dirigir los esfuerzos de planeación y elaboración de las rutas técnicas, claves y críticas que se pueden apreciar durante todo el proceso de planificación.

- Como trabajos a futuro queda la conformación de un equipo de trabajo multidisciplinar de amplio espectro para involucrar diseñadores, programadores, documentalistas, investigadores, expertos en los tópicos de agronomía, etcétera, que puedan realizar aportes tanto de la inter, multi y transdisciplina para enriquecer el Agroverso y un día consolidarlo como un entorno espacial en el metaverso compuesto por World's (Mundos), que permitan a los avatares navegar por las diferentes áreas espaciales para maximizar el potencia de un futuro Agroverso Multidisciplinar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO-TORRES, C.; VELARDE-GARCÉS, E.; BARCIA-AYALA, O.: "Implementación de un sistema de mapeo y localización a un robot hexápodo enfocado en la exploración del entorno y monitoreo de temperatura", *Científica*, 23(2): 99-107, 2019, ISSN: 1665-0654.
- ANACONA, J.; MILLÁN, E.; GÓMEZ, C.: "Aplicación de los metaversos y la realidad virtual en la enseñanza", *Entre ciencia e ingeniería*, 13(25): 59-67, 2019, ISSN: 1909-8367, DOI: <https://doi.org/10.31908/19098367.4015>.
- APPLE CORPORATION: *Apps de productividad de Apple Vision Pro*. (2024, febrero 22), [en línea], 2024, Disponible en: <https://www.apple.com/mx/newsroom/2023/06/introducing-apple-vision-pro/>.
- BOLAÑOS-CAMACHO, E.; AMAYA-SANTANA, G.: *Sistema de información multiplataforma para optimizar los procesos de recepción y comercialización de aguacate hass en la asociación Agrobilbao*, [en línea], Universidad de Cundinamarca, Tesis de Licenciatura., Cundinamarca, Colombia, 2019, Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstreams/42d6c35d-6065-4394-9698-5d52f32d7046/download>.
- FIALLOS, J.: *Sistema de información geográfica para la generación de mapas temáticos de áreas de riego*, [en línea], Ed. MappingGIS, 2020, Disponible en: <https://mappinggis.com/2022/09/10-aplicaciones-gis-en-la-nube-para-publicar-mapas-en-la-web/>.
- FLORES, J.: *Agricultura digital: tecnología y sostenibilidad*, [en línea], El Financiero, 2024, Disponible en: <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/colaborador-invitado/2024/03/11/agricultura-digital-tecnologia-y-sostenibilidad/>.
- IBM: *Data flow diagram*, [en línea], Recuperado el 15 de octubre de 2024, Disponible en: <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/data-flow-diagram>, [Consulta: 15 de octubre de 2024].
- KOUTSABASIS, P.; PARTHENIADIS, K.; GARDELI, A.; VOGIATZIDAKIS, P.; NIKOLAKOPOULOU, V.; CHATZIGRIGORIOU, P.; VOSINAKIS, S.: "Location-based games for cultural heritage: applying the design thinking process", En: *CHI Greece 2021: 1st International Conference of the ACM Greek SIGCHI Chapter*, Greece, pp. 1-8, 2021, DOI: <https://doi.org/10.1145/3489410.3489419>.
- MARÍN, F.M.A.; TOLMO, G.D.: "Propuesta de fusión de una metodología para multimedia con el Proceso Unificado evidenciado en un caso real", *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3): 133-140, 2020, ISSN: 2661-6521.
- MARTÍNEZ-VILLALOBOS, G.; FLÓREZ-MÉNDEZ, D.; BRAVO-OSORIO, N.: "Desarrollo de un sistema web y móvil para la gestión de cultivos agrícolas (Developing a Web and Mobile System for Crop Management)", *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 10(18), 2018, DOI: <https://doi.org/10.22430/21457778.669>.
- PAGE, M.; MCKENZIE, J.E.; BOSSUYT, P.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T.C.; MULROW, C.D.; SHAMSEER, L.; TETZLAFF, J.; AKL, E.A.; BRENNAN, S.E.: "The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews", *bmj*, 372, 2021, ISSN: 1756-1833, DOI: <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>.
- REYES-ROLDÁN, A.N.; HERNÁNDEZ-ORTIZ, J.C.: "Desarrollo De Un Sistema De Información Inteligente Para El Registro Y Seguimiento De Costos Y Producción En El Cultivo De Tomate De Árbol (Cyphomandra Betacea) En La Vereda Buenos Aires Alto Del Municipio Pandi-Cundinamarca", 2021, Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstreams/65bca918-cb50-45af-958a-d75cd7891ce1/download>.
- SOTOMAYOR, V.C.; CHAVEZ, E.R.: "Diseño de un sistema web basa-do en datos geoespaciales para identificación y visualización de predios de limón", *Revista Ingeniantes*, 11(1): 20-35, 2024.
- TRIANA-RINCON, K.L.: *Diseño e implementación de un sistema de información web para la comercialización de uchuva, papa y cebolla en el municipio de Pasca Cundinamarca*, [en línea], Inst. Universidad de Cundinamarca, Cundinamarca, Colombia, 2023, Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstreams/082df7ca-0120-434e-8055-99f66ef8c1cd/download>.
- VARGAS-CANALES, J.M.: "El sector agroalimentario mexicano y las nuevas tecnologías", *e-Agronegocios*, 8(2): 89-113, 2022, ISSN: 2215-3462, DOI: <https://doi.org/10.18845/ea.v8i2.6156>.
- VIDAL-SILVA, C.L.; VILLARROEL, R.H.; LÓPEZ-CORTÉS, X.A.; RUBIO, J.M.: "Una propuesta de algoritmo spin/promela para el análisis y diagnóstico de errores en diagramas de secuencia UML", *Información tecnológica*, 30(1): 263-272, 2019, ISSN: 0718-0764.
- ZAGALO, N.: "Engagement design", En: Ed. Springer, 2020, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37085-5>.

Luis Tonatiuh Castellanos-Serrano, M.C., Profesor e Investigador, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera Federal México-Texcoco km 38.5, C.P. 56230 Texcoco de Mora, México. Doctorado en Sistemas de Información de la Universidad de las Américas y del Caribe.

Ricardo Acosta-Díaz, Dr., Universidad de las Américas y del Caribe, Doctorado en Sistemas de Información, Colima, México, e-mail: acosta@ucol.mx. *Pedro Damián-Reyes*, Dr., Universidad de las Américas y del Caribe, Doctorado en Sistemas de Información, Colima, México, e-mail: damian@ucol.mx

María Victoria Gómez-Águila, MSc., Profesora e Investigadora, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Texcoco de Mora, México. e-mail: mvaguila@hotmail.com.

José Alfredo Castellanos-Suárez, Dr., Profesor e Investigador, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera Federal México-Texcoco km 38.5, C.P. 56230 Texcoco de Mora, México. e-mail: jcastellanoss@chapingo.mx.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.