

# **APLICACIÓN MÓVIL CON REALIDAD AUMENTADA PARA LA LOCALIZACIÓN DE ESPACIOS DENTRO DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO**

*MOBILE APPLICATION WITH AUGMENTED REALITY TO LOCATE AREAS INSIDE A UNIVERSITY CAMPUS*

**Juan Luis Villa Cisneros**

Universidad Autónoma de Zacatecas, México  
*jlvilla@uaz.edu.mx*

**Nancy Mayela Silva Martínez**

Universidad Autónoma de Zacatecas, México  
*nancy.silva.2396@gmail.com*

**María de León Sigg**

Universidad Autónoma de Zacatecas, México  
*mleonsigg@uaz.edu.mx*

**Blanca Esthela Solís Recéndez**

Universidad Autónoma de Zacatecas, México  
*bsolis@uaz.edu.mx*

**Recepción:** 7/noviembre/2021

**Aceptación:** 7/marzo/2022

## **Resumen**

La localización de sitios de interés en espacios como los campus universitarios es complicada para personas no familiarizadas con ellos. Este problema es uno de los que se ha querido resolver con los conceptos de ciudad y campus inteligente, con la finalidad de conectar la tecnología con el entorno. Es así que se presenta el desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada para apoyar la localización de espacios de interés dentro de un campus universitario. La aplicación desarrollada hace uso de marcadores para identificar un edificio en un campus universitario, demostrando que es posible utilizar los conceptos de ciudad y campus inteligente con tecnología de realidad aumentada para dispositivos móviles de gama media.

**Palabras Clave:** Aplicación móvil, campus inteligente, realidad aumentada.

## **Abstract**

*Localization of sites of interest in areas such as university campus is complicated for people who are not familiar with them. This problem is one of the addressed by smart city and smart campus concepts, in order to connect technology and environment. Here is presented the development of a mobile application with augmented reality to support the localization of spaces of interest inside a university campus. The developed application uses markers to identify buildings inside a university campus, and it shows that it is possible to use smart city and smart campus concepts with augmented reality technology to mid-range mobile devices.*

**Keywords:** Augmented reality, mobile application, smart campus.

## **1. Introducción**

Sentirse perdido y no saber la ubicación de puntos importantes dentro de un espacio físico, como lo es una ciudad, es un problema que tiene diferentes aristas. El no saber dónde se encuentra uno, el no saber cómo llegar a un lugar de interés, el no poder llegar a tiempo a una cita por desconocer el lugar al donde se va, serían algunas de las situaciones experimentadas a la hora de situarse y buscar un lugar de interés. Esto puede suceder cuando se está en una ciudad, pero también en un centro comercial, en un complejo de edificios o inclusive en un campus universitario. Una solución para superar exitosamente tales experiencias de extravío y abarcar otras problemáticas, radica en lo que se conoce como ciudad inteligente, o smart city. El concepto de ciudad inteligente es multifacético y de amplio alcance ya que las distintas definiciones académicas tienen diferentes enfoques y contenidos [Nilssen, 2019]. Esto se debe a que la visión de ciudad inteligente varía según la vocación de la urbe, sus necesidades y sus perspectivas, aunque se identifica una característica en común que es la implementación progresiva de soluciones eficientes e innovadoras según las prioridades de cada una, buscando la integración y la compatibilidad de las mismas dentro de un plan de acción hacia un modelo global de ciudad sostenible e integrada [Copaja, 2019]. Independientemente de cómo se aborde una solución bajo el concepto de ciudad inteligente, se asume que una ciudad debe ser un área creativa y sostenible que mejore la calidad de vida,

cree un entorno más amigable y las perspectivas de desarrollo económico sean más fuertes [Winkowska, 2019]. Por lo anterior, se reconoce que una ciudad inteligente implica diferentes componentes inteligentes, entre los que se encuentran el gobierno, la economía, el medio ambiente, la sociedad, el estilo de vida y la movilidad [Akaraci, 2017]

Esta misma conceptualización de hacer a los espacios más inteligentes se ha aplicado al contexto de los campus universitarios [Min-Allah, 2020], [Torres, 2015], en donde, entre otras cosas, es posible la conexión de las personas con los recursos físicos de su entorno con la finalidad de generar valor para ellas [Galeano, 2018]. Esta conexión se da por la combinación del espacio físico y del ciberespacio del campus para ofrecer servicios mejorados a la comunidad del campus, resolviendo así el problema de ubicación mencionado con anterioridad, y por ello ha sido uno de los primeros esfuerzos en los que se han enfocado los proyectos de campus inteligentes [Min-Allah, 2020].

Para dar soporte a la variedad de servicios que se esperan de un campus inteligente, se han utilizado diferentes tecnologías, como por ejemplo, la inteligencia artificial, el cómputo en la nube y la realidad aumentada, entre otras [Dong, 2020]. De estas, destaca la realidad aumentada que describe un sistema que complementa la realidad al agregar objetos virtuales a la vista del mundo real del usuario del sistema de realidad aumentada [Kangas, 1999]. Entre los mecanismos para agregar estos objetos virtuales están los marcadores, que son imágenes o símbolos que pueden ser reconocidos para presentarlos y ajustarlos. Este tipo de realidad aumentada se conoce como realidad aumentada por marcadores [Rigueros, 2017], [Villamarín, 2016]. Como se puede observar entonces, la realidad aumentada tiene como objetivo simplificar la vida del usuario al llevar información virtual no solo a su entorno inmediato, sino también a cualquier vista indirecta del entorno del mundo real, como la transmisión de video en vivo [Carmigniani, 2011]. En los campus inteligentes, la realidad aumentada ha sido utilizada con frecuencia para mejorar el aprendizaje [Dong, 2020], pero también para mejorar la movilidad para mostrar rutas y puntos de interés [Torres, 2015], [Liu, 2017]. En este artículo se presenta el desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada con marcadores para

apoyar la localización de espacios de interés dentro de un campus universitario, utilizando tecnología móvil de gama media. En el resto del artículo se presenta una sección donde se establece el método para el desarrollo de la aplicación; posteriormente se presentan los resultados a los cuáles se llegó con el desarrollo. De igual forma, se expone una discusión del trabajo realizado y finalmente se ofrecen las conclusiones a las que se llegó.

## 2. Métodos

Para el desarrollo y prueba de la aplicación móvil con realidad aumentada para apoyar la localización de espacios de interés dentro de un campus universitario, se eligió el edificio de los Programas de Ingeniería en Computación y Software ubicado en el Campus Siglo XXI de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Las características generales de este campus universitario es que ocupa una extensión de terreno de 43 hectáreas albergando 27 edificios, entre salones de clase, laboratorios y oficinas administrativas, además de instalaciones deportivas, y espacios de estacionamiento, como se puede observar en la figura 1.

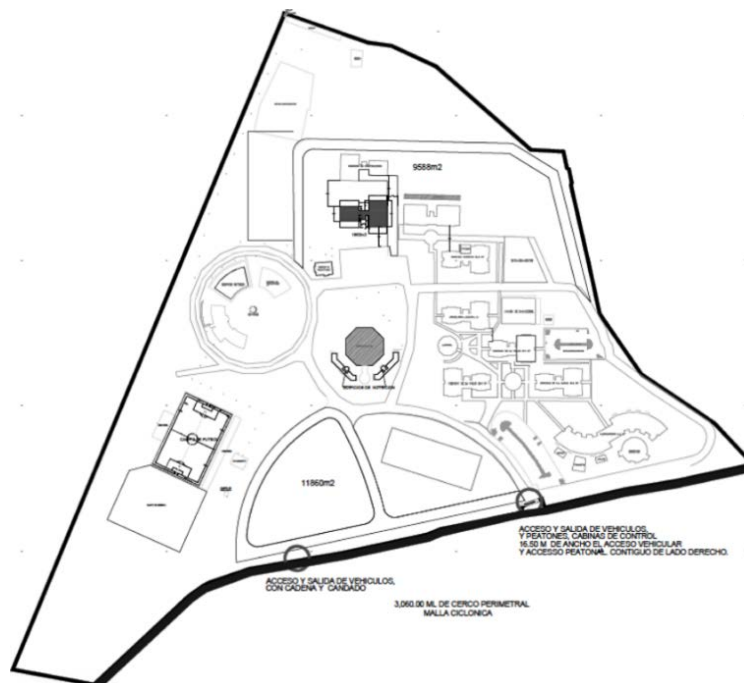


Figura 1 Detalles de espacio y edificios del Campus UAZ Siglo XXI.

El edificio 13, que ocupa los programas educativos mencionados está localizado entre el edificio que ocupa una de las preparatorias universitarias y las instalaciones de los programas de la Unidad de Ciencias Químicas, por lo que no es sencillo localizarlo para quien no está familiarizado con la distribución del campus.

El desarrollo de la aplicación se hizo utilizando un proceso iterativo [Münch, 2012], considerando un enfoque de trabajo basado en el modelo problema-suposición, propuesto por Schneider [Schneider, 2017], el cual establece que una vez identificado un problema y las posibles soluciones, se asegura que se han hecho suficientes supuestos y que éstos son probados de manera adecuada. De esta manera, se determinó que la aplicación debía proporcionar una vista previa del edificio tanto externa como interna, para de esta manera, facilitar la ubicación del destino en base a referencias reales. Estas suposiciones fueron validadas mediante la realización de prototipos evolutivos, los cuales fueron presentados a usuarios beta antes de poder llegar a los usuarios meta.

Durante cada una de las cinco iteraciones que se necesitaron para la realización de la aplicación, se llevaron a cabo las fases genéricas de desarrollo (requerimientos, diseño, construcción y pruebas), y al final de cada una, se validó que las funcionalidades construidas satisficieron a los usuarios, se obtuvo su retroalimentación y a partir de ella se planearon los requisitos a satisfacer en la siguiente iteración.

Los usuarios meta definidos para la aplicación móvil son todas aquellas personas ajenas a las instalaciones del campus universitario, interesados en llegar al edificio 13. El análisis de estos usuarios arrojó que la mejor opción para garantizar el correcto funcionamiento de la realidad aumentada en sus dispositivos móviles es la que funciona con base en marcadores, ya que la mayoría de los usuarios meta consultados cuentan con dispositivos de gama media.

Estos requisitos fueron descubiertos mediante la observación y entrevistas realizadas a 20 personas entre alumnos y visitantes del Campus UAZ Siglo XXI, a quienes se les preguntó sobre los problemas de movilidad y las funciones esperadas para la aplicación. Los requisitos de usuario encontrados fueron expresados en forma de historias de usuario, como se muestran en la figura 2.

<p><b>Nombre de historia:</b> Información de la carrera</p> <p><b>Como:</b> Aspirante al programa  <b>Quiero:</b> Obtener información sobre las actividades de la carrera.  <b>Para:</b> Evitar preguntar por información específica y así aclarar las dudas que me puedan surgir.</p> <p><b>Criterios de aceptación:</b>  <b>Dado que:</b> no se conoce la carrera.</p> <p><b>Cuando:</b> Utilicé la aplicación fuera de alguna aula.</p> <p><b>Entonces:</b> Me dará información sobre qué actividades se realizan ahí.</p>	<p><b>Nombre de historia:</b> Visualización mapa edificio</p> <p><b>Como:</b> Estudiante de nuevo ingreso  <b>Quiero:</b> Ver un mapa del edificio.  <b>Para:</b> Poder desplazarme con más facilidad y llegar a tiempo a los salones de clase.</p> <p><b>Criterios de aceptación:</b>  <b>Dado que:</b> quiero saber en dónde se encuentra un salón.</p> <p><b>Cuando:</b> En mi celular escanee el marcador del edificio.</p> <p><b>Entonces:</b> Me mostrará un mapa de todo el edificio.</p>	<p><b>Nombre de historia:</b> Mapa Área de Ingeniería</p> <p><b>Como:</b> Visitante del campus  <b>Petición:</b> Visualizar una representación del área de Ingeniería.  <b>Para:</b> Ubicar de una manera más eficiente los edificios.</p> <p><b>Criterios de aceptación:</b>  <b>Dado que:</b> Vengo de visita y no conozco el campus.</p> <p><b>Cuando:</b> Utilicé la aplicación y escanee el marcador correspondiente.</p> <p><b>Entonces:</b> Me mostrará el área de ingeniería y su distribución.</p>
---	--	---

a) Información de la carrera.

b) Mapa del edificio.

c) Mapa Área Ingeniería.

Figura 2 Historias de usuario.

Entre los aspectos considerados para el diseño se tomó en cuenta que la mayoría de las personas cuestionadas usan dispositivos móviles con sistema Android, por lo que se decidió que la aplicación debería ser compatible con la versión Android KitKat 4.4, que no debería sobrepasar 1 GB de tamaño total, así como incluir los colores oficiales de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

En la figura 3 se muestra el diseño de componentes y en la figura 4 el diagrama de funciones de la aplicación. En la figura 4 se muestran componentes para las carreras de Ingeniería en Computación (IC), Ingeniería de Software (IS) e Ingeniería en Robótica y Mecatrónica (IRM). Por motivos de la pandemia, no se tuvo información del espacio correspondiente a Robótica y Mecatrónica, por lo que este componente fue removido de la aplicación.

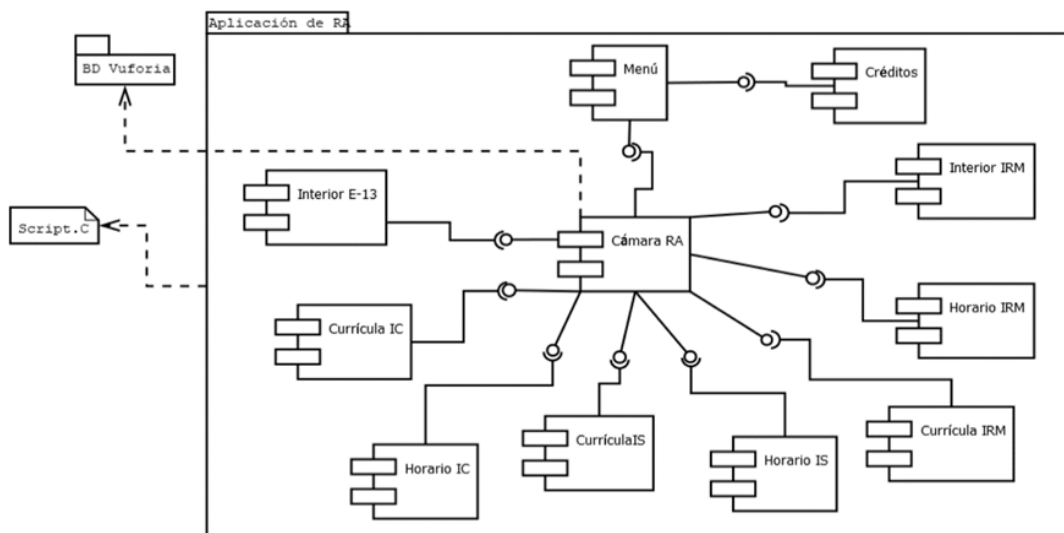


Figura 3 Diagrama de componentes.

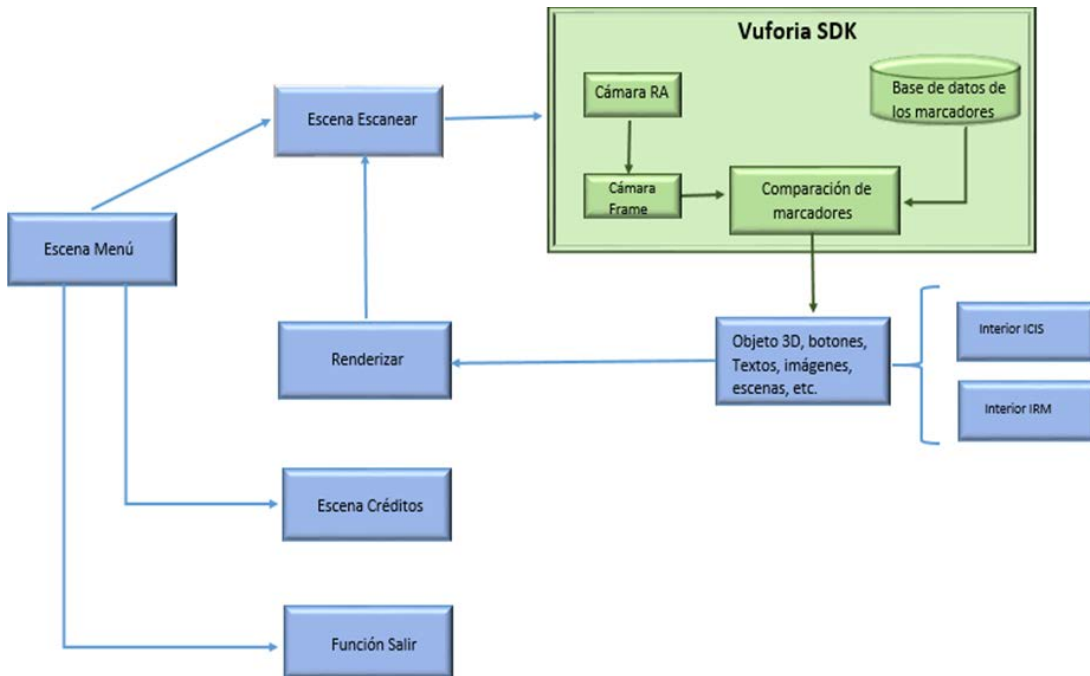


Figura 4 Diagrama de funciones de la aplicación.

Para la construcción de la aplicación se utilizó Blender 2.79b, que es una herramienta multiplataforma gratuita de código abierto para la creación de modelos tridimensionales; Vuforia para realizar el procesamiento de la imagen captada; Unity 2018.421f1 que es un motor de desarrollo de videojuegos 2D y 3D multiplataforma, programado en C, C++ y C#, y Visual Studio 2019, como entorno de desarrollo integrado. Las figuras 5 y 6 son un ejemplo del proceso de modelado con Blender.

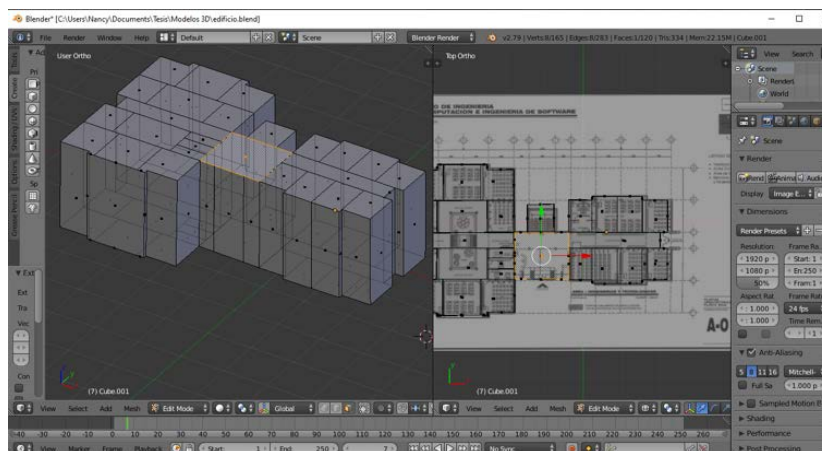


Figura 5 Modelo del edificio 13 del Campus UAZ Siglo XXI.

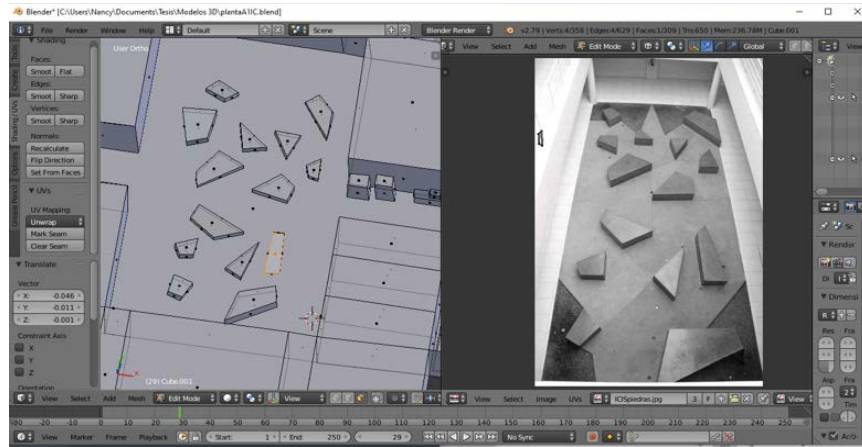


Figura 6 Modelo del interior del edificio 13 del Campus UAZ Siglo XXI.

Durante el desarrollo de la aplicación se llevaron a cabo pruebas de unidad, de sistema y de aceptación. Las pruebas de sistema que se realizaron fueron de rendimiento, estrés y compatibilidad. En el caso de las pruebas de aceptación, en la primera fase se realizaron pruebas alfa, en la que se pidió a los usuarios que hicieran uso de la aplicación mientras se encontraban bajo observación de la ingeniera de desarrollo. Luego se procedió a la fase de pruebas beta, durante la cual se distribuyó el archivo .APK y un documento que contiene los marcadores de la aplicación a un grupo de 6 personas, quienes se encargaron de instalar y utilizar el sistema a libre albedrío. A este grupo se les pidió que informara sobre su experiencia, errores detectados o sugerencias para la aplicación.

Debido a las circunstancias presentadas durante la contingencia de COVID-19 la comunicación fue llevada a cabo mediante el uso de medios digitales como correo electrónico, mensajería y video llamadas.

### 3. Resultados

En la tabla 1, se muestra de manera condensada, cada una de las iteraciones realizadas para el desarrollo. En esta tabla se puede observar la evolución de la aplicación, así como las funcionalidades añadidas de acuerdo con la retroalimentación recibida por las personas que recibieron las versiones de la misma.



Tabla 1 Resumen de las primeras 4 iteraciones realizadas para el desarrollo del prototipo.

Iteración y actividad principal	Marcadores desarrollados	Modelo 3D usado	Pruebas
1a Iteración. Desarrollar un programa base.	figura 7	figura 8a	Prueba de sistema (rendimiento, estrés y compatibilidad).
2a Iteración. Modelado 3D de edif. 13. Implementación del modelo en la aplicación. Construcción de un menú de inicio.	figura 7	figura 8b	Prueba de sistema (rendimiento, estrés y compatibilidad). Pruebas alfa. Pruebas beta.
3a Iteración. Diseñar y asignar los marcadores restantes para la aplicación. Crear texto informativo para cada marcador.	figura 9	figura 8c	Prueba de sistema (rendimiento, estrés y compatibilidad). Pruebas alfa. Pruebas beta.
4a Iteración. Modelado 3D de los niveles 1, 2 y 3 del edificio 13. Implementación.	figura 9	figura 8d	Prueba de sistema (rendimiento, estrés y compatibilidad). Pruebas alfa. Pruebas beta.

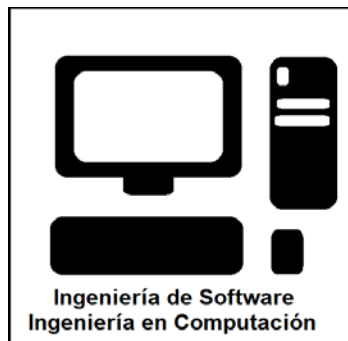


Figura 7 Único marcador usado en la iteración 1 y 2.



Figura 8 Modelos 3D usados.

En la figura 9 se muestran los marcadores desarrollados para la aplicación. Las figuras 10 y 11 muestran en detalle la evolución de los modelos de realidad

aumentada, ocurrido en la quinta y última iteración, tanto en la vista externa como interna del edificio.

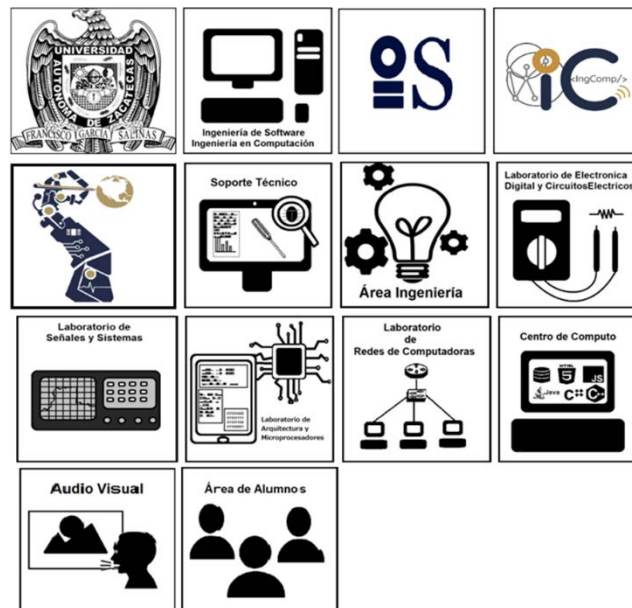
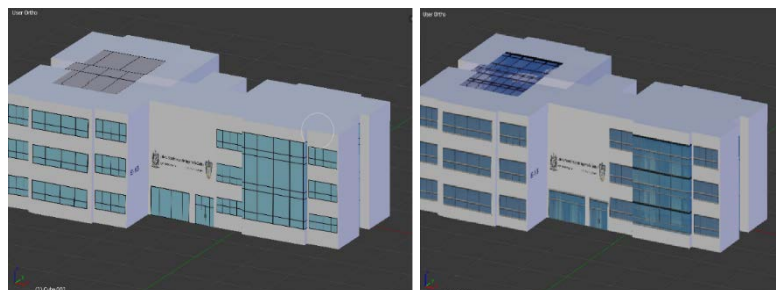


Figura 9 Marcadores de la aplicación usados para la tercera iteración en adelante.



a) Antes, con una primera textura

b) Después, con cambio de texturas

Figura 10 Evolución vista externa del modelo del edificio 13 del Campus UAZ Siglo XXI.

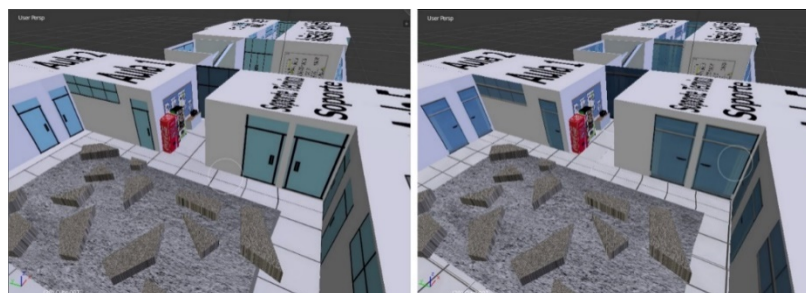


Figura 11 Vista interna del 1er piso del edificio 13 del Campus UAZ Siglo XXI.

Al iniciar la aplicación, lo primero que se muestra es el menú de inicio mostrado en la figura 12. En este menú se añadió un botón llamado “Créditos” que realiza un cambio de escena que muestra información sobre la aplicación.

El botón “Escanear” realiza el cambio de escena a realidad aumentada, en la cual se activa la cámara y al detectar un marcador de los almacenados en la base de datos y mostrados en la figura 9, se accede a una vista que muestra la ubicación del edificio 13 con respecto a las construcciones aledañas. Esto se puede observar en la figura 13.



Figura 12 Menú del prototipo v5.



Figura 13 Vista exterior de los espacios de Ingeniería Campus siglo XXI.  
El edificio 13 se muestra en la parte central superior.

La información desplegada con los otros marcadores incluye el plan de estudios del Programa de Ingeniería en Computación, así como el horario académico vigente. Tanto las pruebas alfa y beta realizadas a partir de la segunda iteración arrojaron información que ayudó a mejorar aspectos de usabilidad y funcionalidad sobre el prototipo desarrollado. Finalmente, en la quinta y última iteración los resultados por parte del usuario en las pruebas alfa y beta, figura 14, arrojaron que se lograba realizar las tareas encomendadas sin dificultad alguna.

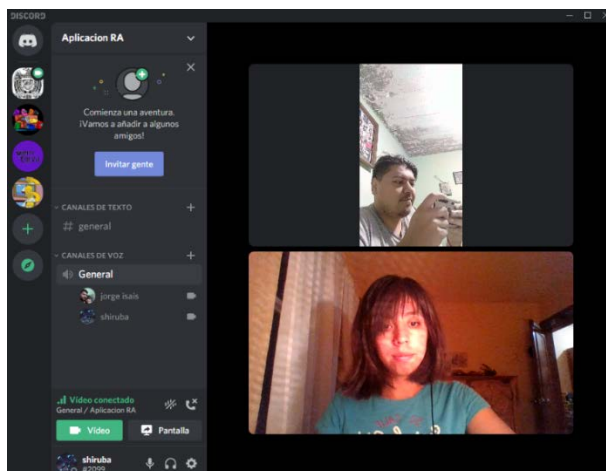


Figura 14 Prueba Beta realizada a través de Discord 3.

## 4. Discusión

A partir de los resultados mostrados con anterioridad, se puede ver que es posible contribuir a la construcción de un campus inteligente en el aspecto de movilidad inteligente apoyándose en la tecnología de realidad aumentada. Además, el desarrollo de esta aplicación muestra que mediante el uso de herramientas de desarrollo de software libre se pueden construir aplicaciones que dan información suficiente a quien está desplazándose por un espacio desconocido en búsqueda de un edificio específico. Estos hallazgos indican que el concepto de campus y ciudad inteligente pueden replicarse en otros entornos, mejorando la localización de puntos de interés, así como la distribución de información relevante usando dispositivos móviles de gama media.

## 5. Conclusiones

El concepto de campus inteligente implica potencializar, apoyar e impulsar el desarrollo académico de una gran cantidad de futuros profesionistas mediante el uso de herramientas tecnológicas que los conecten mejor con el entorno. Este concepto se puede aplicar a diversos aspectos, y, como se mostró en este artículo, puede ser aplicado también a la movilidad inteligente. También se mostró que el uso de herramientas de software libre y dispositivos móviles de gama media y baja es suficiente para construir una aplicación de realidad aumentada basada en

marcadores, fácil de utilizar y que satisfaga las necesidades de información de quien la use para desplazarse por un entorno urbano, como lo es un campus universitario. El conocimiento obtenido con este trabajo puede ser llevado al desarrollo de aplicaciones similares para complejos hospitalarios o para espacios que alberguen una gran cantidad de edificios propios de la administración pública y en los que existan usuarios que no estén familiarizados con su distribución.

Entre las limitaciones de este trabajo es necesario recordar que la validación de los resultados de cada iteración se hizo de manera virtual debido a la presencia de la pandemia de Covid-19. Esto implicó que quienes revisaron el trabajo no pudieron estar presentes físicamente en el lugar y, por lo tanto, sus apreciaciones pudieron dar lugar a una retroalimentación incompleta a las funcionalidades de la aplicación desarrollada. Por esto mismo, como uno de los primeros trabajos futuros que se desprenden de este, es la valoración en sitio de la aplicación y de sus ventajas y contribución a los servicios que deben incluirse en un campus inteligente. Otro trabajo más será el establecer cómo se puede aplicar la realidad aumentada en otros aspectos de los campus inteligentes tales como el estilo de vida y el cuidado del medio ambiente, con la finalidad de que campus universitarios como el que se consideró para este trabajo vayan apropiándose de las ventajas que se obtienen con la integración de la tecnología y el entorno físico.

## **6. Bibliografía y Referencias**

- [1] Akaraci, S., Usman, M. A., Usman, M. R., & Ahn, D. J., (2017). From smart to smarter cities: Bridging the dimensions of technology and urban planning. 2016 International Conference on Smart Green Technology in Electrical and Information Systems: Advancing Smart and Green Technology to Build Smart Society, ICSGTEIS 2016 - Proceedings, 74–78. <https://doi.org/10.1109/ICSGTEIS.2016.7885770>.
- [2] Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M., (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341–377. <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>.

- [3] Copaja Alegre, M., & Esponda Alva, C., (2019). Tecnología e innovación hacia la ciudad inteligente. Avances, perspectivas y desafíos. *Bitácora Urbano Territorial*, 29(2), 59–70. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v29n2.68333>.
- [4] Dong, Z. Y., Zhang, Y., Yip, C., Swift, S., & Beswick, K., (2020). Smart campus: definition, framework, technologies and services. *IET Smart Cities*, 2(1), 43–54. <https://doi.org/10.1049/iet-smc.2019.0072>.
- [5] Galeano Barrera, C. J., Bellón Monsalve, D., Zabala Vargas, S. A., Romero Riaño, E., & Duro Novoa, V., (2018). Identificación de los pilares que direccionan a una institución universitaria hacia un smart-campus. *Revista De Investigación, Desarrollo E Innovación*, 9(1), 127–145. <https://doi.org/10.19053/20278306.v9.n1.2018.8511>.
- [6] Kangas, K., & Röning, J., (1999). Using code mobility to create ubiquitous and active augmented reality in mobile computing, 48–58. <https://doi.org/10.1145/313451.313467>.
- [7] Liu, Y., Shou, G., Hu, Y., Gou, Z., Li, H., Peng, F., & Seah, H. S., (2017). Towards a Smart Campus: Innovative Applications with WiCloud Platform Based on Mobile Edge Computing. In *12th International Conference on Computer Science and Education* (pp. 133–138). IEEE.
- [8] Min-Allah, N., & Alrashed, S., (2020). Smart campus -A sketch. *Sustainable Cities and Society*, 59, 1–15. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.scs.2020.102231>.
- [9] Münch, J., Armbrust, O., Kowalczyk, M., & Soto, M., (2012). *Software Process Definition and Management (First)*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- [10] Nilssen, M., (2019). To the smart city and beyond? Developing a typology of smart urban innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 142, 98–104. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.060>.
- [11] Rigueros Bello, C., (2017). La realidad aumentada: lo que debemos conocer. *Tecnología, Investigación y Academia*, 5(2), 257–261.
- [12] Schneider, J., (2017). *Understanding Design Thinking, Lean, and Agile*. O'Reilly Media.

- [13] Torres Sospedra, J., Avariento, J., Rambla, D., Montoliu, R., Casteleyn, S., Benedito Bordonau, M., & Huerta, J., (2015). Enhancing Integrated Indoor / Outdoor Mobility. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(11), 1955–1968.
- [14] Villamarín, D., (2016). Técnicas, herramientas y aplicaciones con realidad aumentada. In *XI Congreso de Ciencia y Tecnología*, pp. 146–152.
- [15] Winkowska, J., Szpilko, D., & Pejić, S., (2019). Smart city concept in the light of the literature review. *Engineering Management in Production and Services*, 11(2), 70–86. <https://doi.org/10.2478/emj-2019-0012>.