

**DESARROLLO DE UN APLICATIVO DE REALIDAD AUMENTADA PARA  
MEJORAR EL DESPLAZAMIENTO EN ESPACIOS DESCONOCIDOS**

**CASO DE ESTUDIO UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA**

NICOLAS RAMIREZ ORTEGA

DIRECTOR DEL PROYECTO

RENÉ ALEJANDRO LOBO QUINTERO

UNIVERSIDAD AUTONÓMA DE BUCARAMANGA UNAB

PRESERVACIÓN E INTERCAMBIO DIGITAL DE INFORMACIÓN Y  
CONOCIMIENTO – PRISMA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

BUCARAMANGA

2018

## Contenido

<b>1.Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>2.Planteamiento del problema</b> .....	<b>4</b>
2.1Pregunta de investigación .....	6
<b>3.Objetivos</b> .....	<b>6</b>
3.1 Objetivo general.....	6
3.2 Objetivos específicos.....	6
<b>4.Resultados esperados</b> .....	<b>6</b>
<b>5.Metodología</b> .....	<b>7</b>
<b>6. Estado del arte</b> .....	<b>8</b>
<b>7.Marco teórico</b> .....	<b>14</b>
<b>8.Desarrollo</b> .....	<b>23</b>
8.1 Primer Objetivo .....	23
8.2 Segundo Objetivo .....	24
8.3 Tercer Objetivo.....	27
8.4 Cuarto Objetivo .....	31
8.4.1 Herramientas finales .....	31
8.4.2 Proceso de desarrollo.....	31
8.5 Quinto Objetivo .....	37
<b>9.Conclusiones</b> .....	<b>39</b>
<b>10.Referencias</b> .....	<b>39</b>

## Lista de Figuras

<b>Figura 1. Demostración ARcity</b> .....	<b>12</b>
<b>Figura 2. Demostración Run Go</b> .....	<b>12</b>
<b>Figura 3. Demostración HouseCraft</b> .....	<b>13</b>
<b>Figura 4. Descripción ARkit</b> .....	<b>15</b>
<b>Figura 5. Descripción indoorAtlas</b> .....	<b>16</b>
<b>Figura 6. Demostración Realidad Aumentada Volvo</b> .....	<b>17</b>
<b>Figura 7. Demostración Realidad Aumentada Medicina</b> .....	<b>17</b>

<b>Figura 8. xCode IDE</b>	<b>18</b>
<b>Figura 9. Ejemplo Wifarer</b>	<b>19</b>
<b>Figura 10. Ejemplo InfSoft</b>	<b>20</b>
<b>Figura 11. Ejemplo Senion</b>	<b>21</b>
<b>Figura 12. Ejemplo Estimote</b>	<b>22</b>
<b>Figura 13. Ejemplo Beacons</b>	<b>23</b>
<b>Figura 14. Interfaz principal Selección de lugar</b>	<b>26</b>
<b>Figura 15. Buscador</b>	<b>26</b>
<b>Figura 16. En ruta.</b>	<b>26</b>
<b>Figura 17. Opciones</b>	<b>26</b>
<b>Figura 18. Modelo 3D en marcador digital.</b>	<b>27</b>
<b>Figura 19. Ubicación en interior</b>	<b>27</b>
<b>Figura 20. Diagrama casos de uso.</b>	<b>29</b>
<b>Figura 21. Diagrama de componentes (indoorAtlas).</b>	<b>30</b>
<b>Figura 22. Diagrama de componentes (AR Kit).</b>	<b>30</b>
<b>Figura 23. Swift</b>	<b>31</b>
<b>Figura 24. IndoorAtlas</b>	<b>31</b>
<b>Figura 25. ARKit</b>	<b>31</b>
<b>Figura 26. Xcode</b>	<b>31</b>
<b>Figura 27. Xcode IDE en progreso.</b>	<b>32</b>
<b>Figura 28. Plano habitacion de pruebas.</b>	<b>33</b>
<b>Figura 29. Rutas Grabadas en espacio de prueba (FingerPrinting).</b>	<b>34</b>
<b>Figura 30. Ubicacion indoor en tiempo real.</b>	<b>35</b>
<b>Figura 31. Modelo 3D en marcador físico.</b>	<b>36</b>
<b>Figura 32. Creación de modelos 3D UNAB.</b>	<b>36</b>

## ***Lista de Tablas***

<b><i>Tabla 1. Metodología</i></b>	<b>7</b>
<b><i>Tabla 2. Estado del arte</i></b>	<b>10</b>
<b><i>Tabla 3. Comparativa de aplicaciones y servicios en tiendas</i></b>	<b>12</b>
<b><i>Tabla 4. Comparación de tecnologías</i></b>	<b>14</b>
<b><i>Tabla 5. Requerimientos Funcionales</i></b>	<b>27</b>
<b><i>Tabla 6. Requerimientos No Funcionales</i></b>	<b>28</b>
<b><i>Tabla 7 Pruebas de usuario pregunta 1.</i></b>	<b>37</b>
<b><i>Tabla 8 Pruebas de usuario pregunta 2.</i></b>	<b>37</b>
<b><i>Tabla 9 Pruebas de usuario pregunta 3.</i></b>	<b>38</b>
<b><i>Tabla 10 Pruebas de usuario pregunta 4.</i></b>	<b>38</b>

## **1.Introducción**

El presente documento presenta el desarrollo de un aplicativo móvil que permite el desplazamiento a personas con movilidad reducida, problemas cognitivos o barreras idiomáticas, en un espacio desconocido o de interés público, para lograrlo se pretende hacer uso de un Framework de Swift (iOS) enfocado a la realidad aumentada llamado ARKit y un Framework de navegación en interiores llamado IndoorAtlas, con los cuales se intenta desarrollar una solución visual e interactiva con el medio en tiempo real que facilite u optimice la realización de procesos por parte de los usuarios.

## **2.Planteamiento del problema**

Entendiendo la realidad aumentada como la posibilidad de combinar información virtual con el entorno físico real, los museos y colegios quieren, a través de ella, mejorar la experiencia y relación del usuario con el conocimiento, pasando de ser meramente oyentes y observadores a interactuar de forma activa con lo que se pretende exponer, por ejemplo: con el uso de libros aumentados, donde, por medio de marcadores, los estudiantes pueden acceder a información adicional como modelos en 3D o maquetas, resultando en un recurso didáctico efectivo que permite a aquellos mas chicos, familiarizarse con variedad de especies o construcciones históricas. (Prendes Espinosa, 2014; Ruiz Torrez, 2011)

En el año 2003, el estudio nacional de salud mental reveló que el 41.1% de la población colombiana, experimentó alguna vez en su vida al menos uno de los 23 trastornos estudiados por el mismo, 16% los presentó en los últimos 12 meses y el 7,4% durante los últimos 30 días, estos datos resultan de una muestra de 4593 personas. Los terapeutas mencionan claras ventajas utilizando herramientas RA en el tratamiento de pacientes con reacción emocional en trastornos alimentarios, ansiedad, estrés, fobias y adicciones, esto debido a la inmersión lograda gracias a la estimulación sensorial múltiple. (Gaviria Hincapie, Castaño Pérez, Portilla Rosero, & Sierra Ospina, 2013)

En situaciones de emergencias médicas, atender rápida y precisamente al paciente es vital. El desconocimiento de alergias, enfermedades pasadas u operaciones puede costar la vida del afectado, teniendo esto como base, el grupo de realidad aumentada de la Universidad Nacional de La Matanza pretende sumar capacidades diferenciales empleando la tecnología de realidad aumentada, con el objetivo de disminuir los tiempos de respuesta ante una emergencia médica o accidente. "Sistema de Tarjetas Virtuales Aumentadas" es la primera herramienta móvil desarrollada por el grupo, pensada como una ficha de datos relevantes sobre el paciente que se despliega por medio de marcadores, basta con apuntar la cámara del dispositivo móvil con la aplicación, para obtener información personal, médica y complementaria, dicha información es gestionada por un aplicativo web. (Verdicchio, Nicolás Nazareno | Sanz, Diego Rubén | Barth, Jonathan | Montalvo, Cristian | Petrolo, Facundo | Mangiarua, Nahuel Adiel | Igarza, Santiago | Ierache, 2016)

A pesar de los amplios avances logrados en campos como la educación o la salud, se dispone de muy pocos proyectos que planteen la realidad aumentada como posible solución a las barreras idiomáticas o cognitivas en ambientes desconocidos o de importancia pública (universidades, clínicas internacionales, hospitales, edificios gubernamentales, etc.) que imposibilitan el desplazamiento fluido en el establecimiento e incluso la incorrecta realización del proceso que el usuario necesita, partiendo de esta necesidad se plantea el presente proyecto el cual por medio de una aplicación móvil para iOS pretende mejorar las interacciones de un usuario con los ambientes anteriormente mencionados, utilizando la cámara y sensores del dispositivo para recibir información del medio tal como el piso en el que se encuentra, los nombres de los despachos a su alrededor, navegación indoor en tiempo real, entre otras.

A pesar de que la realidad aumentada se ha masificado y es común encontrar aplicativos que la implementan tales como Fitness AR, IKEA, HouseCraft, hay escasos proyectos orientados como solución a las barreras idiomáticas o cognitivas en ambientes desconocidos o de importancia pública (universidades, clínicas internacionales, hospitales, edificios gubernamentales, etc.) que imposibilitan el desplazamiento fluido en el establecimiento e incluso la incorrecta realización del proceso que el usuario necesita, partiendo de esta necesidad se plantea el presente proyecto el cual por medio de una aplicación móvil para iOS pretende mejorar las interacciones de un usuario con los ambientes anteriormente mencionados, utilizando la cámara y sensores del dispositivo para

recibir información del medio tal como el piso en el que se encuentra, los nombres de los despachos a su alrededor, navegación indoor en tiempo real, entre otras.

## **2.1 Pregunta de investigación**

¿Cómo se puede ayudar a las personas a encontrar información relevante de un ambiente desconocido?

## **3. Objetivos**

### **3.1 Objetivo general**

Desarrollar un aplicativo que facilite el desplazamiento en ambientes desconocidos a personas con limitaciones físicas, intelectuales o mentales por medio de realidad aumentada y tecnologías de localización en interiores.

### **3.2 Objetivos específicos**

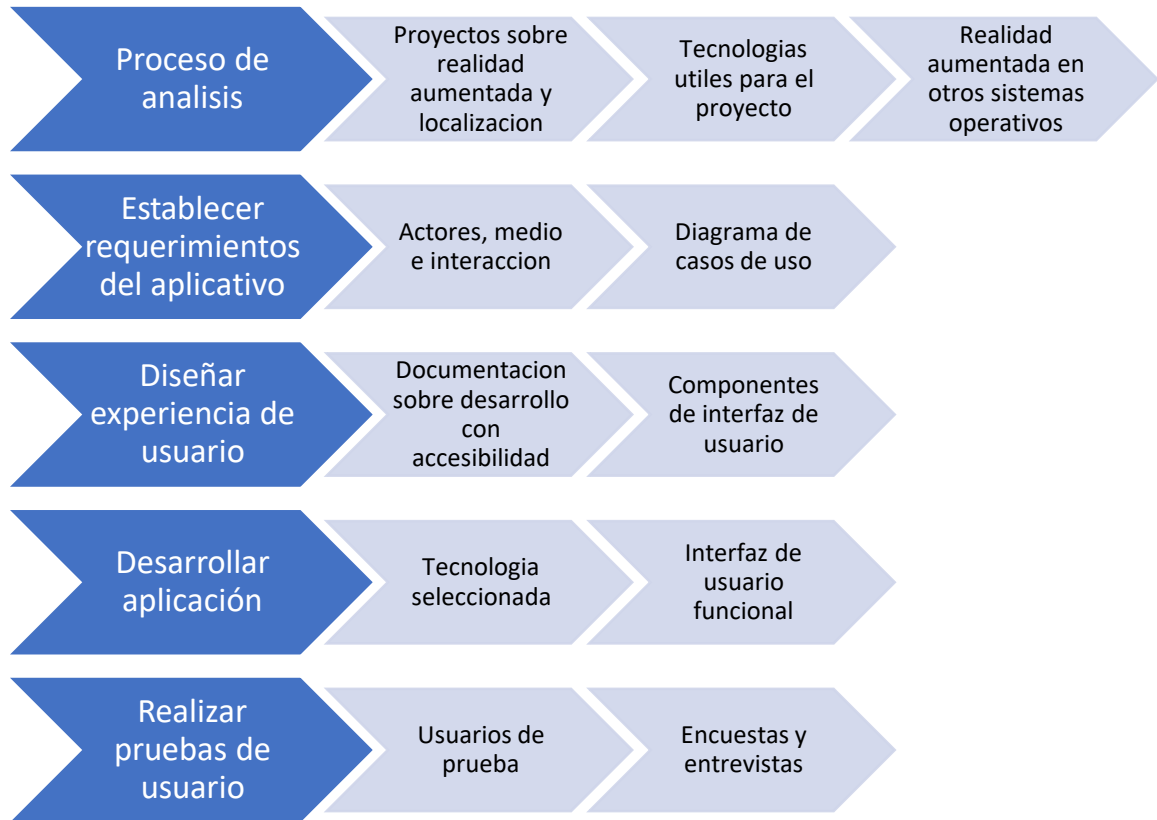
- \*Realizar el proceso de análisis del problema teniendo en cuenta requerimientos, tecnologías existentes y proyectos relacionados.
- \*Establecer los requerimientos funcionales y no funcionales del aplicativo
- \*Diseñar la experiencia de usuario teniendo en cuenta criterios de accesibilidad
- \*Desarrollar el aplicativo utilizando los diseños realizados previamente
- \*Realizar pruebas de usuario y funcionalidad

## **4. Resultados esperados**

- \*Cuadro comparativo de tecnologías y Frameworks para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada
- \*estado del arte de proyectos y tecnologías recientes relacionados con la movilidad y la realidad aumentada
- \*Aplicativo móvil que utiliza realidad aumentada para guiar al usuario a través del campus universitario utilizando tecnologías de posicionamiento en interiores, que encuentra la ruta optima teniendo en cuenta personas con discapacidad.
- \*Informe de pruebas

## 5. Metodología

Tabla 1. Metodología



**\*Realizar el proceso de análisis del problema teniendo en cuenta requerimientos, tecnologías existentes y proyectos relacionados.**

-Investigar el funcionamiento de la realidad aumentada en los diferentes sistemas operativos móviles.

-Buscar en sitios académicos proyectos relacionados con la realidad aumentada orientados a localización.

-Comparar los diversos entornos de desarrollo.

**\*Establecer los requerimientos funcionales y no funcionales del aplicativo**

-Identificar los posibles actores, el medio y las interacciones entre ellos.

-Diagrama de casos de uso.

**\*Diseñar la experiencia de usuario teniendo en cuenta criterios de accesibilidad**

-Estudiar documentación relacionada con desarrollo para discapacitados

-Diseñar los elementos gráficos que componen el UI.

**\*Desarrollar el aplicativo teniendo en cuenta los criterios**

- Estudiar la tecnología seleccionada
- Programar la funcionalidad de la interfaz de usuario

**\*Realizar pruebas de usuario y funcionalidad**

- Encontrar una muestra de usuarios de prueba
- Evaluar las pruebas de usuario por medio de encuestas y entrevistas

## **6. Estado del arte**

Los constantes y rápidos avances tecnológicos en los teléfonos inteligentes conllevan que todos los dispositivos usados en la actualidad posean sistema de posicionamiento global (GPS), permitiendo obtener mucha información relevante para los usuarios tales como; clima, zona horaria, altura, entre otros, además de añadir la posibilidad de navegar por entornos desconocidos con bastante precisión, ya sea en una ciudad nueva, o al aire libre, desempeñando un rol bastante importante, en ocasiones hasta indispensable en la vida cotidiana. La navegación en interiores no se ve favorecida por esta tecnología; la señal se debilita rápidamente conforme aumenta el nivel de plantas y paredes arriba y alrededor del dispositivo. Algunos estudios y proyectos posteriormente mencionados se han enfocado en desarrollar alternativas implementando tecnologías ya incluidas en los dispositivos, como por ejemplo el Bluetooth, la brújula o el acelerómetro.

- I. A. Cankaya, A. Koyun, T. Yigit and A. S. Yuksel, "Mobile indoor navigation system in iOS platform using augmented reality," 2015 9th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), Rostov on Don, 2015, pp. 281-284**

Este estudio diseño y desarrollo un sistema de navegación en interiores utilizando solo el acelerómetro, la cámara y la brújula, componentes que no necesitan de señales satelitales para el posicionamiento.

El sistema brinda al usuario independencia de un mapa utilizando la cámara del dispositivo y aplicando la realidad aumentada para mostrar la ruta sobre el terreno físico real en el que se encuentra la persona, el acelerómetro funciona como un podómetro; por lo que a partir del género de la persona y su altura, permite contar los pasos recorridos, además de brindar asistencia de salud ya que puede calcular calorías y distancias, resultando beneficioso para personas con obesidad, finalmente la brújula recolecta el sentido en el que se moviliza el usuario al sistema.(Cankaya, Koyun, Yigit, & Yuksel, 2015)

- II. B. A. Delail, L. Weruaga, M. J. Zemerly and J. W. P. Ng, "Indoor localization and navigation using smartphones augmented reality and inertial tracking," 2013 IEEE 20th International Conference on Electronics, Circuits, and Systems (ICECS), Abu Dhabi, 2013, pp. 929-932.**



Este artículo evalúa la funcionalidad de un sistema de posicionamiento en interiores basado en la imagen, utilizando las grandes capacidades computacionales de los teléfonos inteligentes y sus sensores como el GPS, sensores inerciales, cámaras y receptores inalámbricos.

Los datos de orientación y localización entregada por los diversos sensores del dispositivo permiten la detección y seguimiento de marcadores y objetos planos en tiempo real, constituyendo el reconocimiento de ubicación visual -que no depende del GPS- habilitando el desplazamiento en zonas al aire libre con gran densidad de árboles o ambientes interiores con gran precisión.

Es necesario utilizar marcadores con localización permanente para obtener la ubicación inicial del usuario, la posición de cada uno de estos marcadores está almacenada en una base de datos, cuando uno de ellos es detectado por la cámara del dispositivo, se calcula una distancia y se designa la nueva posición del usuario, el gran reto de esta forma de calcular la ubicación en interiores son los grandes ambientes, pues se necesita de una gran cantidad de marcadores e imágenes proyectadas en realidad aumentada. (Delail, Weruaga, Zemerly, & Ng, 2013)

**III. S. Vert and R. Vasiu, "School of the Future: Using Augmented Reality for Contextual Information and Navigation in Academic Buildings," 2012 IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies, Rome, 2012, pp. 728-729.**

Este artículo es una breve presentación de soluciones desarrolladas con realidad aumentada, mostrando como se usa ampliamente en diversos campos con resultados impresionantes, y evaluando la posibilidad de utilizarla para ayudar a los estudiantes a obtener información contextual de su entorno y navegar dentro de un campus o edificio.

Los investigadores plantean una variedad de preguntas a responder utilizando una metodología investigativa, que maneja datos de carácter cuantitativo y cualitativo para determinar la actividad de los estudiantes en el campus o edificio, el desarrollo de la aplicación se lleva a cabo utilizando procesos ágiles combinados con los datos recolectados de los estudiantes permitiendo modificaciones de acuerdo a los resultados y teniendo como prueba técnica la Universidad de Timisoara con estudiantes de diversos programas académicos. (Vert & Vasiu, 2012)

**IV. L. C. de Oliveira, A. O. Andrade, E. C. de Oliveira, A. Soares, A. Cardoso and E. Lamounier, "Indoor navigation with mobile augmented reality and beacon technology for wheelchair users," 2017 IEEE EMBS International Conference on Biomedical & Health Informatics (BHI), Orlando, FL, 2017, pp. 37-40.**

Esta investigación se realiza con el ánimo de apoyar el desplazamiento en interiores para personas con necesidad silla de rueda, puesto que dicha condición representa una dependencia de la ayuda de otros y un obstáculo para la realización de actividades individuales, esta iniciativa es muy importante en términos de inclusión social.

Se desarrollaron dos aplicativos utilizando diferentes tecnologías, el primero utilizando realidad aumentada y el segundo utilizando beacons para finalmente implementar las dos en uno solo permitiendo que lo usuarios de sillas de ruedas se desplacen de una manera mas efectiva y segura en diferentes localizaciones, evitando rampas, escaleras u otro tipo de obstáculos. (De Oliveira et al., 2017)

**V. L. C. Huey, P. Sebastian and M. Drieberg, "Augmented reality based indoor positioning navigation tool," 2011 IEEE Conference on Open Systems, Langkawi, 2011, pp. 256-260.**

Este proyecto se centra en encontrar una forma de navegación en interiores sin utilizar los sistemas tradicionales, puesto que poseen restricciones en algunos ambientes, se vale de utilizar la realidad aumentada para guiar con elementos tridimensionales y una voz asistente que evita la dependencia completa de la pantalla y permite la fácil identificación de los lugares, además se enfoca en utilizar API de audio y otras técnicas de mejoramiento de rutas en interiores. Los resultados concluyen la flexibilidad obtenida en el sistema de navegación de interiores implementado la tecnología IRC, gracias a la cual se obtienen gran variedad de rutas alternativas para viajar a un mismo sitio, y muestra como una solución viable diferente a las ya existentes. (Huey, Sebastian, & Drieberg, 2011)



*Tabla 2. Estado del arte*

<b>Año</b>	<b>Autor</b>	<b>Titulo</b>	<b>Tipo de documento</b>
14-16 Oct. 2015	Ibrahim Arda Cankaya, Arif Koyun, Tuncay Yigit	Mobile indoor navigation system in iOS platform using augmented reality	Paper de resultados
8-11 Dec. 2013	Buti Al Delail, Luis Weruaga, M. Jamal Zemerly	Indoor localization and navigation using smartphones augmented reality and inertial tracking	Paper de resultados
4-6 July 2012	Silviu Vert, Radu Vasiu	School of the Future: Using Augmented Reality for Contextual Information and Navigation in Academic Buildings	Investigación en progreso

16-19 Feb. 2017	Luciene Chagas de Oliveira, Adriano O. Andrade, Eduardo Chagas de Oliveira	Indoor navigation with mobile augmented reality and beacon technology for wheelchair users	Paper de resultados
25-28 Sept. 2011	Low Chee Huey, Patrick Sebastian, Micheal Drieberg	Augmented reality based indoor positioning navigation tool	Paper de resultados

## Tabla comparativa de aplicaciones y servicios en tiendas.

Tabla 3. Comparativa de aplicaciones y servicios en tiendas

Aplicación/Servicio	Funcionalidad
AR city	<p>Ayudar al usuario a explorar y navegar 300 ciudades, usando realidad aumentada y visión computarizada generando indicaciones en 3D</p>  <p><i>Figura 1. Demostración ARcity</i></p>
RunGo	<p>Guiar al usuario a través de recorridos creados por el u otras personas utilizando mensajes de audio. Recientemente han añadido la función de realidad aumentada la cual permite al usuario ver en tiempo real sobre su entorno y el recorrido que debe tomar</p>  <p><i>Figura 2. Demostración Run Go</i></p>
HouseCraft	<p>Usando la cámara del dispositivo y la realidad aumentada, permite al usuario</p>

añadir muebles o diversos objetos en interiores



Figura 3. Demostración HouseCraft

### Tabla de comparación de tecnologías

A continuación, se puede apreciar una recopilación de tecnologías tomadas en cuenta para el desarrollo en conjunto con ARKit, de las cuales es necesario destacar su gran funcionalidad y robustez, el inconveniente principal es la obligación de pagar por el SDK en la mayoría de estas, suponiendo un limitante para el desarrollo de este proyecto. Se concluye que IndoorAtlas es la tecnología mas favorable para el desarrollo del proyecto al contar con SDK gratuito, gran cantidad de documentación actualizada.

Tabla 4. Comparación de tecnologías

Nombre	Año	Documentación	Tecnología	SDK	SDK accesible
Wifarer	2010	-	Mobile Centric Bluetooth LE/ iBeacon	√	X
Infsoft	2015	√	Beacon	√	X
IndoorAtlas	2015	√	Magnetic Fields	√	√
Estimote	2012	√	iBeacon	√	X
Senionlab	2015	-	SenionBeacons	√	X

## 7.Marco teórico

El desarrollo de este proyecto necesita de la utilización de tecnologías de realidad aumentada y navegación en interiores, que serán implementadas en un aplicativo exclusivo para iOS.

### ARKit

Es un framework que permite a los desarrolladores crear aplicaciones y contenido en Realidad Aumentada para iPhone y iPad.

Todo se basa en una tecnología denominada odometría visual inercial. Esta es capaz de interpretar las imágenes que capta la cámara y cómo la luz se refleja en los diferentes elementos que ve para obtener un mapa 3D del entorno y calcular las distancias que hay entre los diferentes objetos desde la posición de la propia cámara y el dispositivo.

Gracias a ello dará sensación de estar interactuando con el mundo real, llevando la utilidad de las apps móviles de Realidad Aumentada a un nivel superior.

Se ha seleccionado esta tecnología debido a los buenos resultados en la detección de objetos, así como también la optimización Hardware – Software de los dispositivos iOS que permiten una eficiente y correcta funcionalidad de aplicaciones con esta tecnología. Es importante destacar que al ser una tecnología con versión oficial, cuenta con una gran cantidad

de documentación lo cual facilita el desarrollo de este proyecto.(Apple Inc., 2018b)

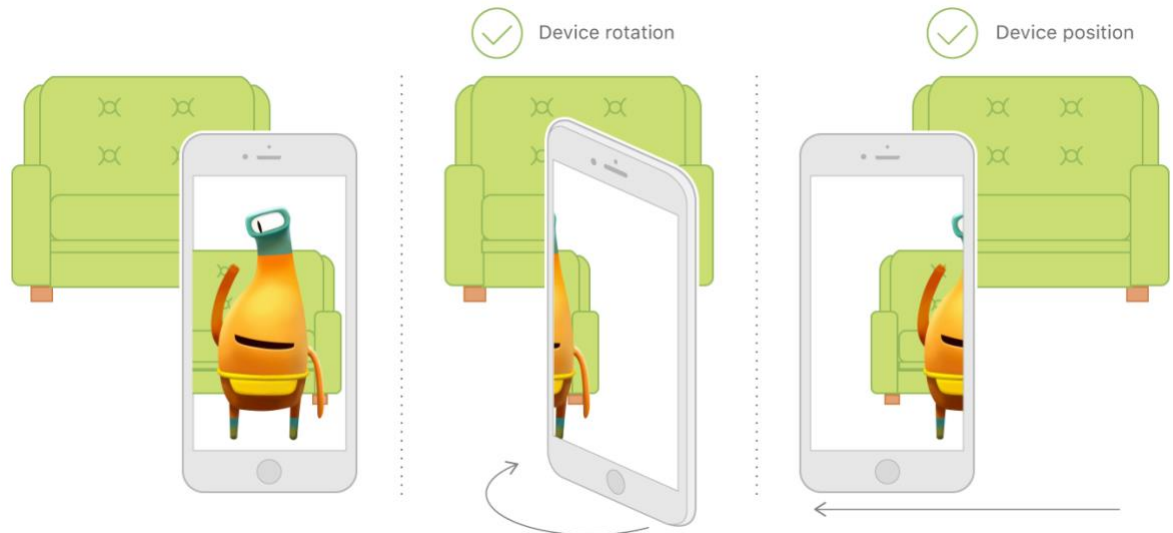


Figura 4. Descripción ARkit

## Indoor Atlas

Es una tecnología que permite la navegación en interiores utilizando la variación magnética, es decir, se puede determinar la ubicación exacta del dispositivo en una estructura haciendo cálculos con base al campo magnético generado por cables, maquinas, conductos, entre otras cosas presentes en el entorno.

Otras características funcionales que aportan valor al proyecto son la posibilidad de usar punto de localización, calculo de rutas en interiores, seguimiento de dispositivos, reconocimiento de planta, orientación en 3D completa, detección de cambio entre interiores y exteriores, reconocimiento de edificios habilitados para navegación en interiores, y notificaciones de usuarios que utilizan las zonas habilitadas para navegación.

La utilización de esta tecnología favorece el proyecto al no depender de marcadores u objetos integrados en el ambiente, lo que disminuye el costo de implementación permitiendo que muchos lugares públicos puedan integrarla mas fácilmente, así mismo, cuenta con una gran documentación abriendo las posibilidades de adaptabilidad a nuevos entornos.(IndoorAtlas Ltd., 2018)



Figura 5. Descripción indoorAtlas

## Realidad Aumentada

Un sistema de realidad aumentada suple al mundo real con objetos generados por computadora que aparentan coexistir en el mismo espacio. Las características principales de un sistema AR son:

- Combina objetos reales y virtuales en un ambiente real.
- Es interactivo y funciona en tiempo real.

Esta tecnología es ampliamente usada en el sector industrial por marcas como Volvo, quien, de la mano de Holo Lens de Microsoft, la ha dirigido tanto a sus diseñadores como a sus consumidores. En el primero de los casos permitiendo hacer modificaciones al diseño del vehículo, y en el segundo una exposición interactiva del catalogo de vehículos al comprador.





Figura 6. Demostración Realidad Aumentada Volvo

La educación también se ha beneficiado de esta tecnología, incluyéndola en la enseñanza de diversas materias, obteniendo buenos grados de aceptación por parte de los estudiantes gracias a que es mucho mas fácil entender temas con los que pueden interactuar directamente. (Azuma et al., 2001)



Figura 7. Demostración Realidad Aumentada Medicina

## Xcode

Xcode es un entorno de desarrollo integrado (IDE) creado por Apple que trabaja de manera conjunta con Interface Builder y que se puede descargar de manera gratuita desde la Mac App Store. Este conjunto de herramientas además incluye una colección de compiladores del proyecto GNU y puede compilar código C, C++, Objective-C, Objective-C++, Apple Script y Java. Al descargar la aplicación se incluye el IDE de Xcode, el compilador LLVM, instrumentos, simulador de iOS, el SDK de los últimos iOS y OS X. cuenta

con una amplia variedad de herramientas innovadoras para crear aplicaciones, el editor profesional se mantiene enfocado en el código, se ha simplificado la interfaz para hacer que sea mucho más rápido y fácil de usar, así como varias herramientas para analizar el rendimiento visual.(Apple Inc., 2018c)

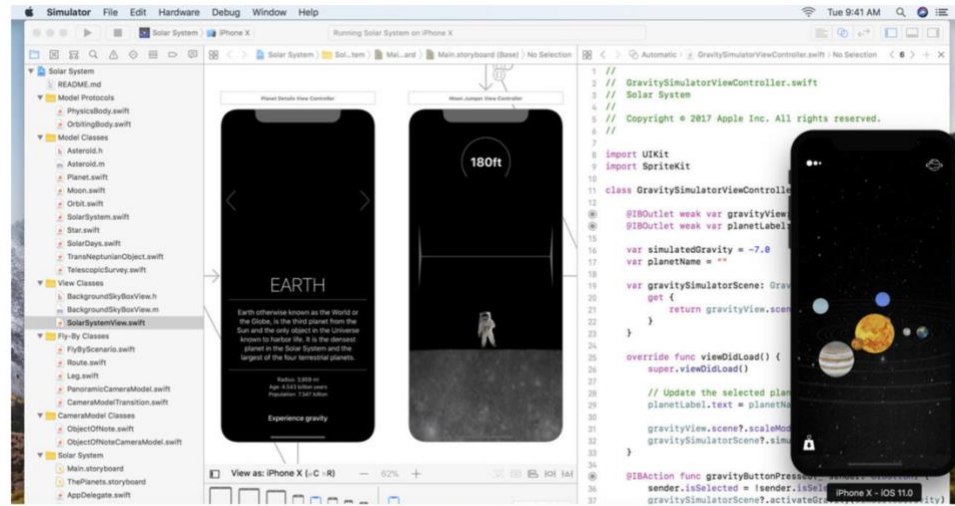


Figura 8. xCode IDE

## Swift

Swift es un intuitivo lenguaje de programación creado por Apple que permite diseñar aplicaciones para iOS, Mac, el Apple TV y el Apple Watch. Está pensado para dar a los desarrolladores más libertad que con Objective C.

Es un lenguaje rápido y eficaz que proporciona información en tiempo real y se integra a la perfección con código escrito en Objective-C. Así los desarrolladores pueden ofrecer más seguridad, ahorrar tiempo y crear aplicaciones aún mejores. de código abierto y fácil de usar.(Apple Inc., 2018a)

```
extension String {

    var banana : String {

        let shortName = self.dropFirst()

        return "\(self) \(self) Bo B\(shortName) Banana Fana Fo F(shortName)"
    }
}
```

```

    }

}

let bananaName = "Jimmy".banana // "Jimmy Jimmy Bo Bimmy Banana Fana Fo
Fimmy"

```

## Wifarer

Es una empresa de desarrollo de Software móvil, orientada a los sistemas de posicionamiento en interiores, utilizando diversos métodos según el espacio en el que se desea implementar, por ejemplo, la infraestructura Wifi combinada con Beacons Bluetooth LE, permiten posicionar con precisión al usuario en interiores teniendo plena seguridad de la veracidad de los registros además de identificar el cambio entre plantas o exterior e interior. Su SDK esta disponible tanto en Android como para iOS por lo que la comunidad de desarrolladores puede implementar esta tecnología en aplicaciones nuevas o ya existentes. Los algoritmos de navegación le permiten al usuario ver su ubicación actual, ruta hacia su destino, tiempo de viaje y distancia. Otras características importantes son, notificaciones de contenido por localización, rutas accesibles para personas con sillas de ruedas, directorios interactivos, guardar puntos personalizados. (Wifarer., 2016)



Figura 9. Ejemplo Wifarer

## infSoft

Plantea los Beacons Bluetooth LE , Ultra-Wideband, RFID, sistemas de cámara y Wifi, como una alternativa a la imposibilidad de tener posicionamiento con precisión en interiores, desarrollando Hardware específico para esta tarea, permitiendo ver a otros usuarios y objetos en tiempo real.

Funciona haciendo cálculos entre la posición del usuario y la posición del servidor, totalmente necesario que el usuario cuente con el aplicativo móvil para funcionar bajo Wifi o Bluetooth LE, excluyendo a los usuarios de iOS en el caso del Wifi.(Infsoft GmbH, 2016)



Figura 10. Ejemplo InfSoft

## Senion

La compañía se enfoca en crear soluciones para empresas, haciendo mas agiles y proactivos los espacios de trabajo, por medio de aplicaciones que gestionan la utilización de oficinas o salas de conferencia en tiempo real, permitiéndole a los trabajadores saber cuando un lugar estará disponible, como llegar a un lugar, conectarse con mas personas entre otras cosas. Adicional a soluciones de posicionamiento en interiores tradicionales con beacons, añaden funciones LBS (Location Based Services) permitiendo utilizar la proximidad a los beacons para interactuar con el usuario, orientando la tecnología a espacios grandes como los centros comerciales u oficinas inteligentes.(Senion Inc., 2018)

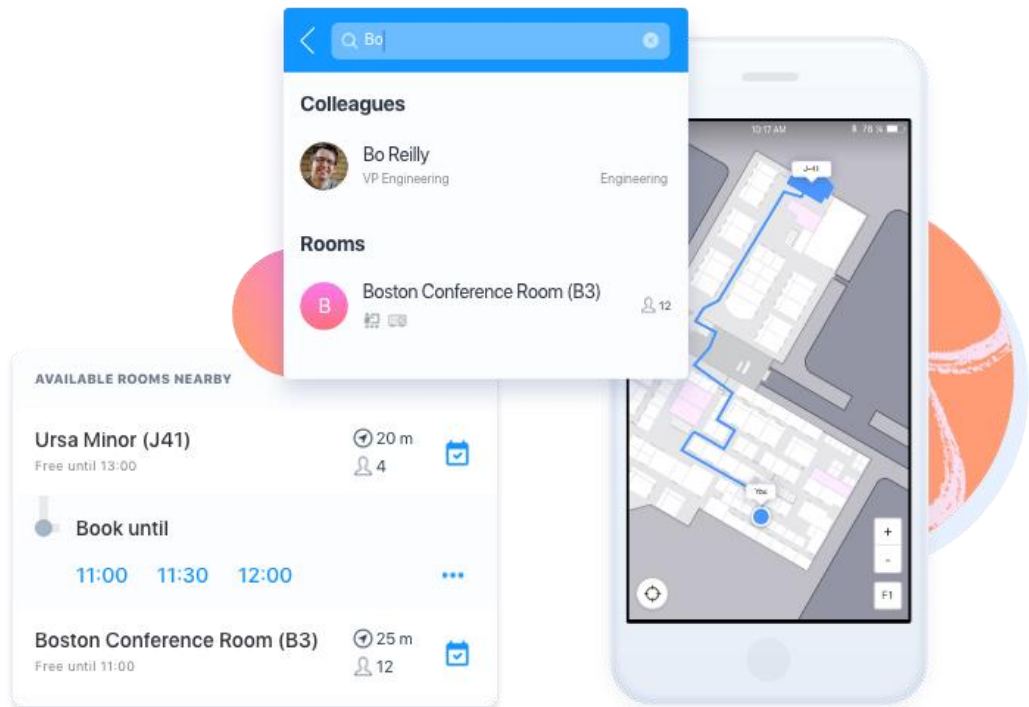


Figura 11. Ejemplo Senion

## Estimote

La empresa denomina su tecnología como computación ubicua la cual son pequeñas computadoras de bajo coste que se comunican entre si para interactuar con el usuario, esta enfocada principalmente para mejorar la experiencia del consumidor por lo que en su mayoría funciona con proximidad. Es el caso del museo Guggenheim en Nueva York, el cual a través de la aplicación del lugar se relaciona con el usuario para mostrar información relevante de lo que esta mirando.

La computación ubicua se centra en la implementación de gran variedad de Beacons para cumplir diferentes tareas, ya que cada uno cuenta con diferentes características. Se pueden controlar a través de una aplicación de gestión, donde se recolectan datos de uso para su posterior análisis.(Estimote, 2018)



Figura 12. Ejemplo Estimote

### Computer Accesibility

Hace referencia a que tan accesible es un sistema computacional para todas las personas, sin importar el tipo de discapacidad. Generalmente se usa el termino “Accesibilidad” para hacer referencia a Software y Hardware, o una combinación de ambas, diseñado para que sea usado por una persona con discapacidad o impedimentos, como lo pueden ser: impedimentos cognitivos (problemas de aprendizaje), impedimentos visuales, impedimentos auditivos, incapacidad motriz, entre otros.

Al momento de plantear la tecnología como una solución para personas con discapacidad o impedimentos, es necesario hacer una evaluación de necesidades especiales, generalmente es hecho por un consultor de tecnología asistencial (terapeuta ocupacional o un técnico en ingeniería de rehabilitación) ayudando a identificar tecnologías de asistencia adecuadas que satisfacen las necesidades individuales.

Existen estándares internacionales y regulaciones para la accesibilidad computacional como lo son la ISO 9241-171 que provee seguimiento y especificaciones en el desarrollo de Software cuyo propósito es ser usado en el trabajo, hogar, educación y espacios públicos. También incluye amplia cobertura a problemas asociados al diseño de Software accesible para personas con una gama mas amplia de discapacidades físicas entre otros. Pese a su complejidad es difícil de interpretar y aplicar. (Interaction Design Foundation, 2006)

### Beacon

Son transmisores de bajo consumo energético que transmiten su identificador a dispositivos cercanos, habilitándolos para desarrollar acciones en una aplicación o sistema operativo compatible. Operan usando el estándar de bajo consumo Bluetooth 4.0 por lo que son mas eficientes que el Bluetooth clásico, aun así la autonomía depende de los parámetros de configuración como por ejemplo el intervalo de transmisión o el poder de transmisión. Los

rangos de vida útil de la batería varían entre 1 – 48 meses de uso, aunque también existen algunos otros modelos alimentados por USB.

El identificador y varios bytes enviados con el, pueden ser usados para determinar la localización física del dispositivo, seguimiento de clientes o lanzar una acción basada en la posición como por ejemplo una notificación push.

Los beacon Bluetooth se diferencian de otras tecnologías basadas en localización en que son de 1 sola vía de trasmisión a los dispositivos receptores, esto garantiza que los usuarios solo puedan ser rastreados mientras tengan instalada la aplicación o software necesario.

Otra de sus principales aplicaciones, es como sistema de posicionamiento en interiores el cual ayuda a los teléfonos a determinar su posición aproximada con relación al beacon.(Google LLC, 2018)

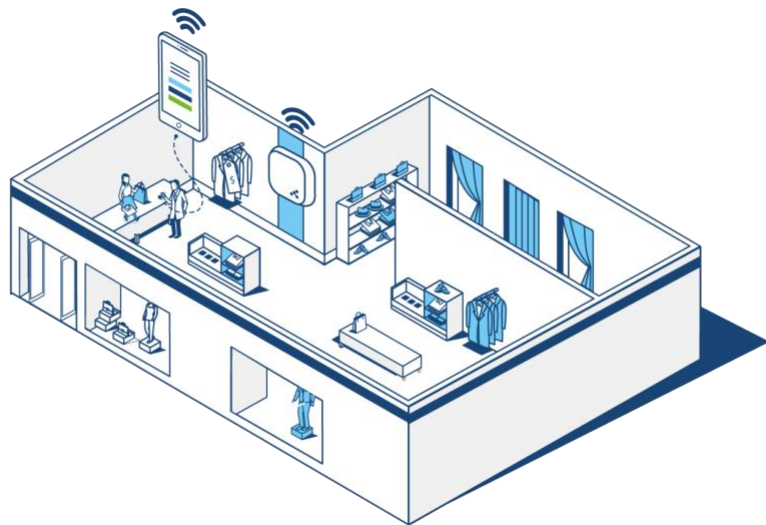


Figura 13. Ejemplo Beacons

## 8.Desarrollo

### 8.1 Primer Objetivo

La primera etapa del desarrollo se centro en la indagación de tecnologías relacionadas a la temática navegación en interiores, posteriormente fueron evaluadas con ciertos criterios listados a continuación:

- **Fecha de publicación:** Este criterio ayuda a determinar la madurez de una tecnología, así como la trayectoria de la empresa y desarrolladores responsables de la misma.
- **Disponibilidad SDK:** Las herramientas de desarrollo que permiten el uso de la tecnología en una determinada plataforma.
- **Acceso al SDK:** Se puede dar el caso en que la descarga del SDK necesite un pago previo o este restringido para uso académico.
- **Documentación:** Si la tecnología cuenta con documentación clara y concisa se puede implementar mas fácil, rápido y eficientemente la tecnología.

La tecnología de posicionamiento en interiores elegida fue “IndoorAtlas”, ya que además de cumplir todos los requerimientos contaba con características adicionales tales como la posibilidad de independencia a los “Beacons”, quitando la necesidad de añadir dispositivos a la infraestructura del lugar deseado.

Nombre	Año	Documentación	Tecnología	SDK	SDK accesible
Wifarer	2010	-	Mobile Centric Bluetooth LE/ iBeacon	√	X
Infsoft	2015	√	Beacon	√	X
<b>IndoorAtlas</b>	<b>2015</b>	<b>√</b>	<b>Magnetic Fields</b>	<b>√</b>	<b>√</b>
Estimote	2012	√	iBeacon	√	X
Senionlab	2015	-	SenionBeacons	√	X

Desde el inicio el proyecto fue pensado para ser desarrollado para iOS, esto a consecuencia de los excelentes resultados del framework de realidad aumentada “AR Kit”, el cual funciona sobre “Swift”, el lenguaje de programación nativa de iOS.

## 8.2 Segundo Objetivo



Prototipos de interfaces de usuario, diseñadas a partir de ciertos criterios de accesibilidad derivados de la investigación previamente realizada.

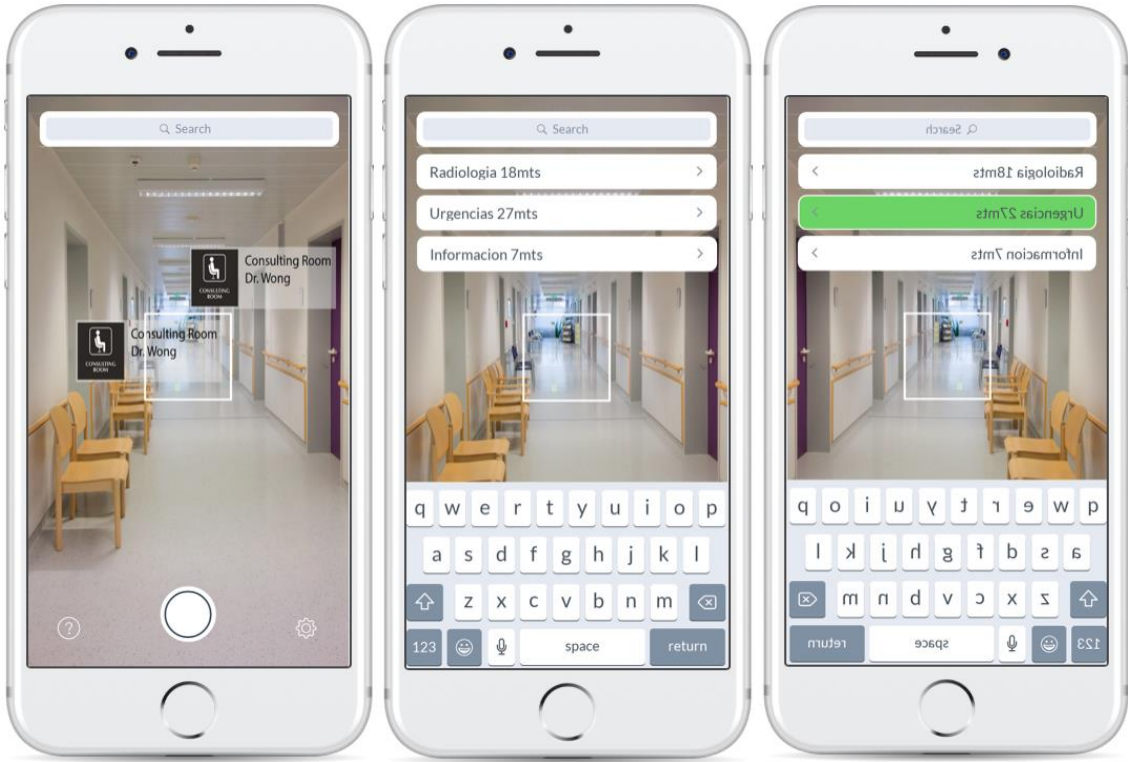


Figura 14. Interfaz principal

Figura 15. Buscador

Figura 16. Selección de lugar

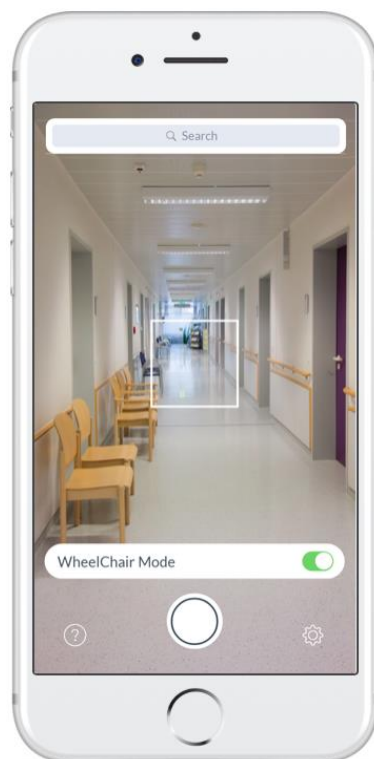
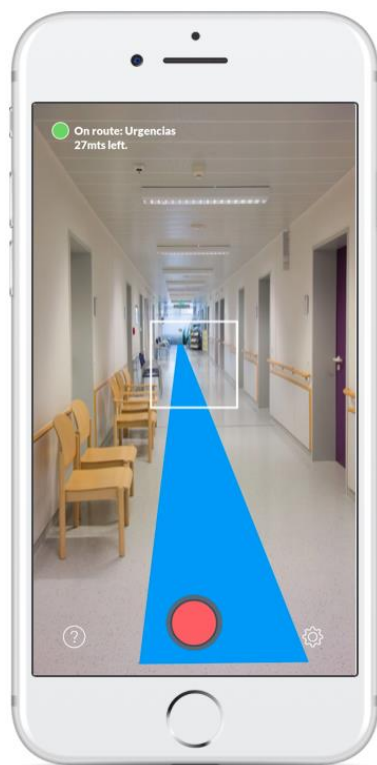


Figura 17. En ruta.

Figura 18. Opciones

Interfaces de usuarios resultado del proceso de desarrollo con cada tecnología por aparte. En ellas se pueden apreciar un modelo en 3D siendo visualizado en tiempo real y la localización en interiores en el lugar designado para hacer pruebas.

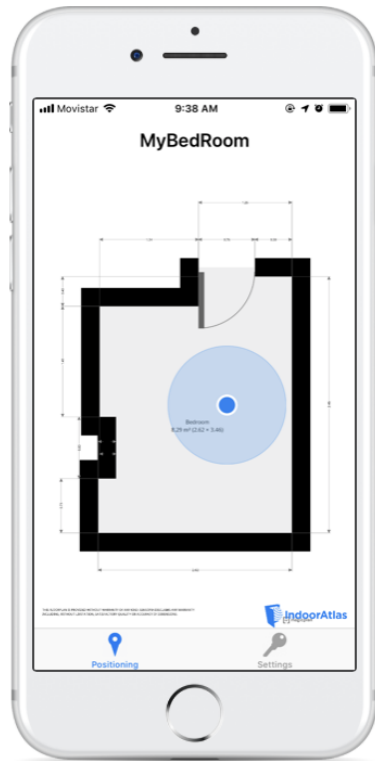


Figura 20 Ubicación en interior



Figura 19 Modelo 3D en marcador digital.

### 8.3 Tercer Objetivo

Tabla 5. Requerimientos Funcionales

Requerimientos funcionales		
Numero	Requerimiento	Descripción
RF1	Mostrar ubicación del usuario	El usuario puede ver su ubicación en cualquier lugar de la edificación
RF2	Listar lugares disponibles para desplazamiento	El usuario puede ver, elegir y recibir indicaciones de como llegar a diferentes lugares del inmueble.
RF3	Modo silla de ruedas	Si se activa, la aplicación tiene en cuenta rampas y

		ascensores en el calculo de la ruta.
<b>RF4</b>	Trazar la ruta mas rápida	Independientemente de si el “modo silla de ruedas” esta activado, el aplicativo calcula la ruta mas rápida
<b>RF5</b>	Mostrar etiquetas informativas	Por medio de la realidad aumentada, muestra en pantalla información del lugar al que se apunta con la cámara
<b>RF6</b>	Buscador	Filtra la lista para encontrar un lugar especifico y posteriormente calcular la ruta.

Tabla 6. Requerimientos No Funcionales

<b>Requerimientos no funcionales</b>		
<b>Numero</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Descripción</b>
<b>RNF1</b>	Interfaz intuitiva	La interfaz debe ser sencilla y amigable con el usuario.
<b>RNF2</b>	Lista de lugares ordenados por distancia	Al pulsar sobre el buscador, el usuario obtiene una lista de recomendaciones con lugares cercanos a el y su distancia.
<b>RNF3</b>	Obturador fotográfico	Captura por medio de una fotografía un punto de interés incluyendo elementos AR tales como la línea de ruta o etiquetas de información.

## DIAGRAMA CASOS DE USO

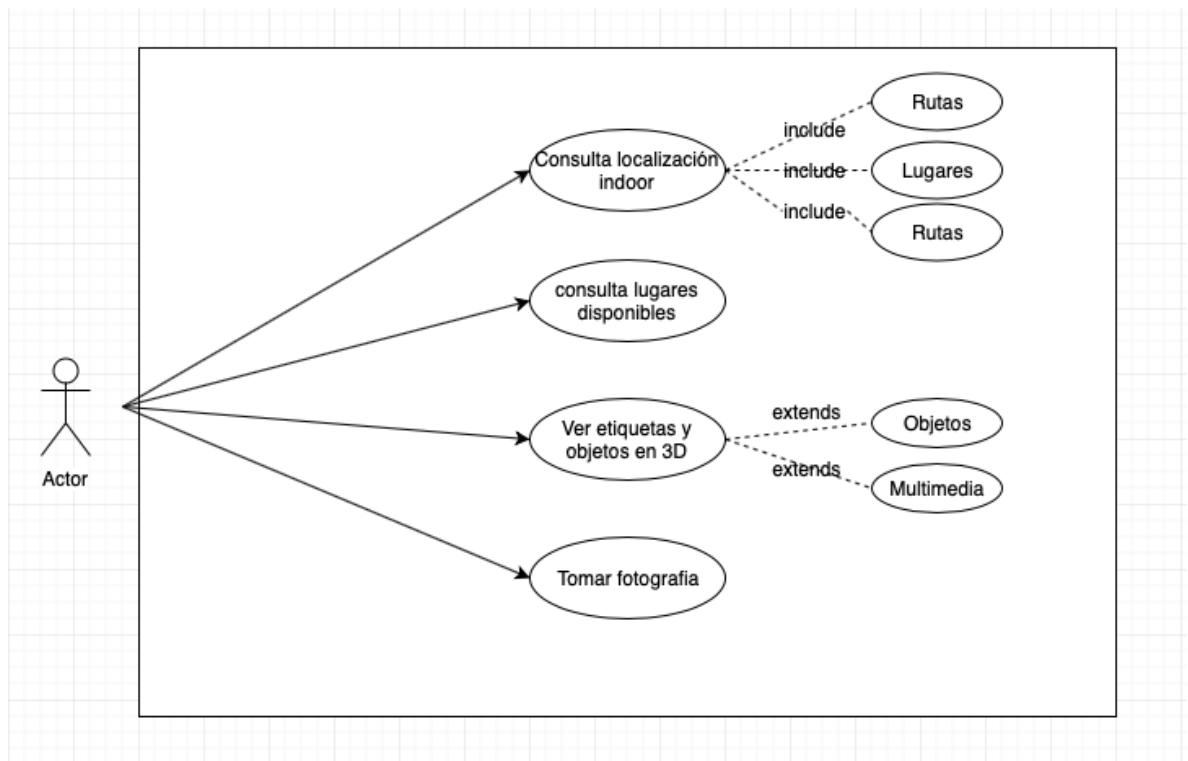


Figura 21 Diagrama casos de uso.

## DIAGRAMA DE COMPONENTES

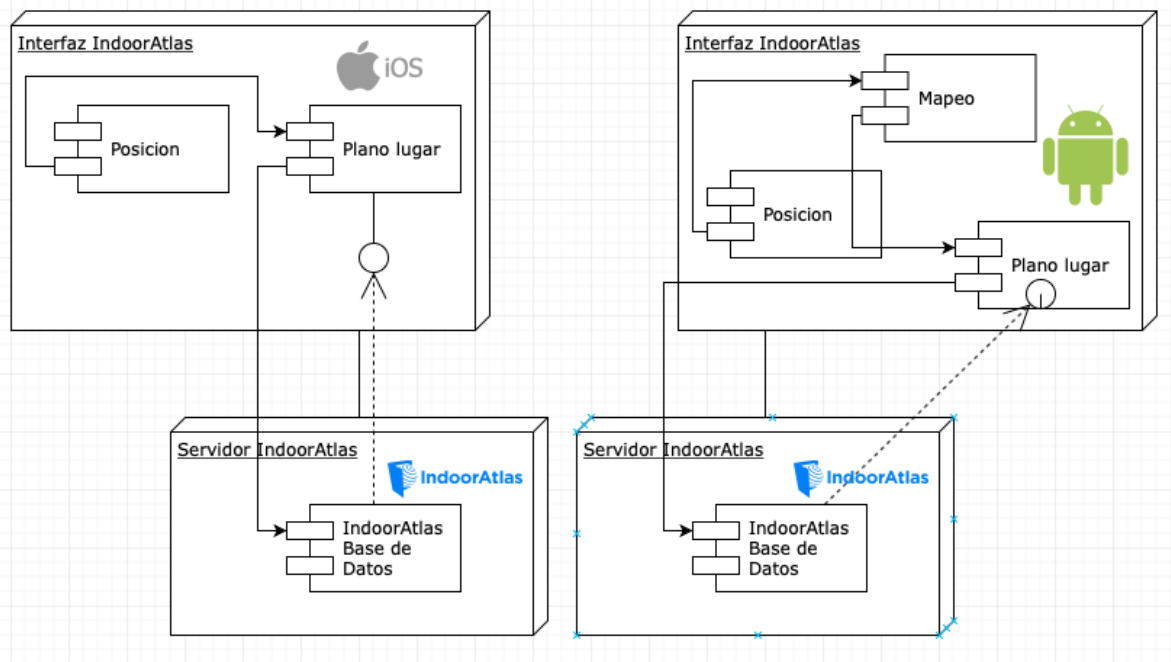


Figura 22 Diagrama de componentes (indoorAtlas).

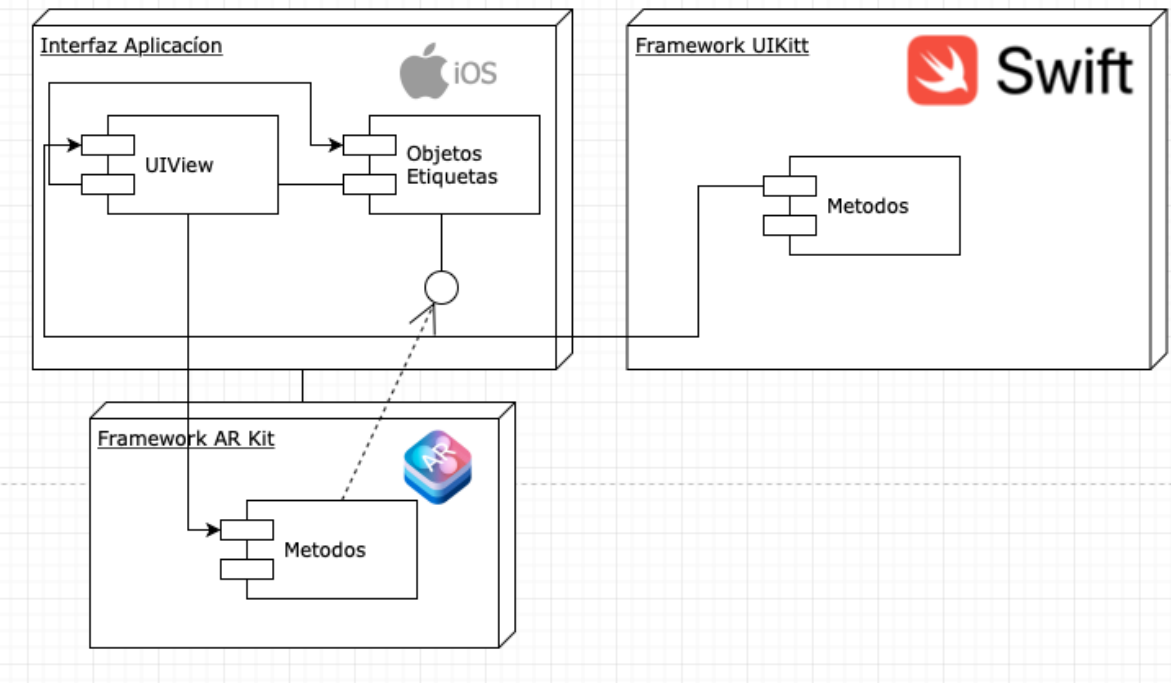


Figura 23 Diagrama de componentes (AR Kit).

## 8.4 Cuarto Objetivo

### 8.4.1 Herramientas finales

#### Swift

intuitivo lenguaje de programación creado por Apple que permite diseñar aplicaciones para iOS, Mac, el Apple TV y el Apple Watch. Está pensado para dar a los desarrolladores más libertad que con Objective C.



Figura 24 Swift

#### IndoorAtlas

Tecnología que permite la navegación en interiores utilizando la variación magnética, es decir, se puede determinar la ubicación exacta del dispositivo en una estructura haciendo cálculos con base al campo magnético generado por cables, maquinas, conductos, entre otras cosas presentes en el entorno.



Figura 25  
IndoorAtlas

#### ARKit

Framework que permite a los desarrolladores crear aplicaciones y contenido en Realidad Aumentada para iPhone y iPad.

Todo se basa en una tecnología denominada odometría visual inercial. Esta es capaz de interpretar las imágenes que capta la cámara y cómo la luz se refleja en los diferentes elementos que ve para obtener un mapa 3D del entorno y calcular las distancias que hay entre los diferentes objetos desde la posición de la propia cámara y el dispositivo.



Figura 26 ARKit

#### Xcode

es un entorno de desarrollo integrado (IDE) creado por Apple que trabaja de manera conjunta con Interface Builder y que se puede descargar de manera gratuita desde la Mac App Store.



Figura 27 Xcode

### 8.4.2 Proceso de desarrollo

El desarrollo de la aplicación se llevo a cabo en Xcode, teniendo siempre como base la simplicidad en la interfaz de usuario, permitiendo la

identificación rápida de las funciones y la fácil navegación a través de la misma.

Gracias a las plantillas predefinidas para aplicaciones de realidad aumentada se pudo gestionar eficientemente la implementación de AR kit en el aplicativo, esto sumado a su excelente documentación tuvo como consecuencia resultados óptimos en la detección de marcadores.

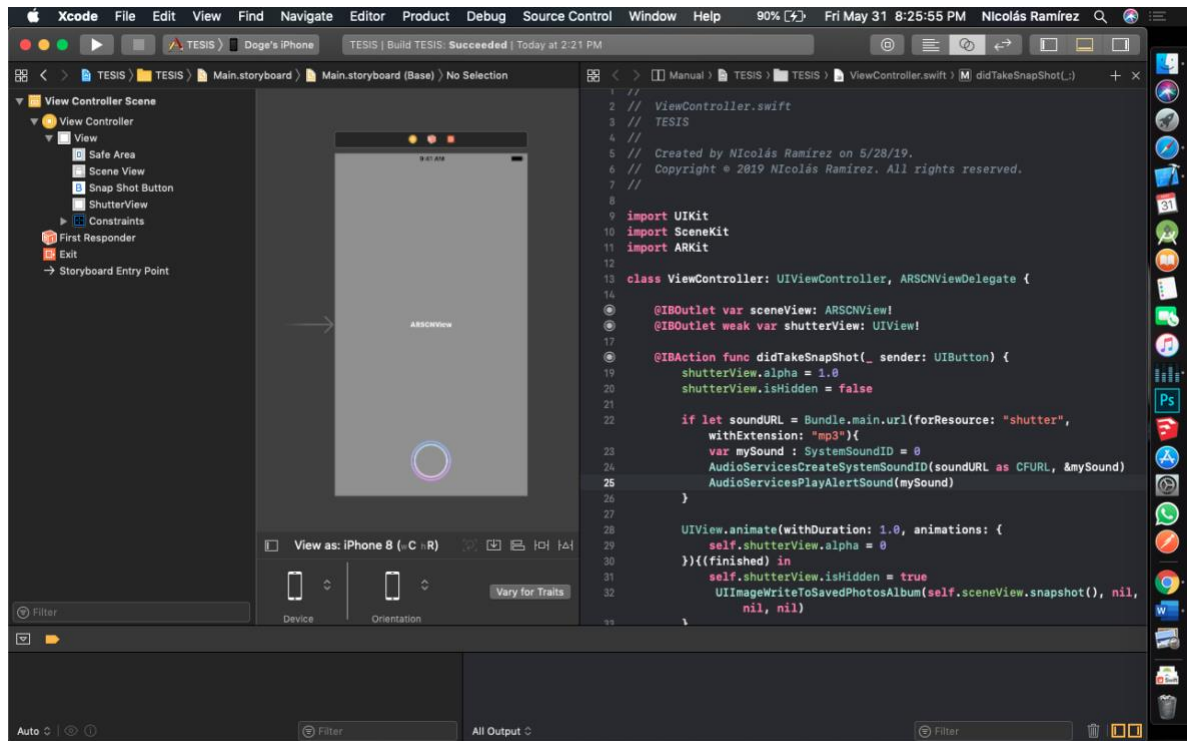


Figura 28 Xcode IDE en progreso.

Para poder adicionar el framework IndoorAtlas era necesaria una pre configuración en la cual se especifico un plano del lugar deseado, creado a partir de otra aplicación de realidad aumentada llamada MagicPlan.



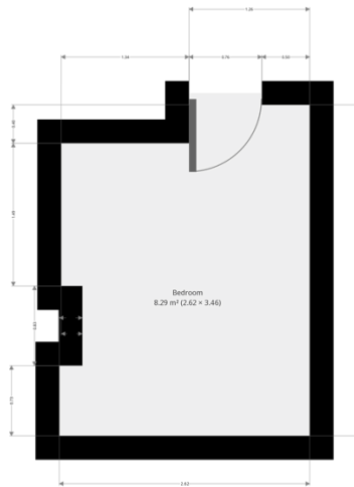


Figura 29 Plano habitación de pruebas.

Posteriormente se realizó un procedimiento llamado “Finger Printing”, encargado de permitir la posterior navegación en interiores basándose en waypoints pre-grabados, para esta tarea se necesitó de un dispositivo Android y una aplicación exclusiva para él.

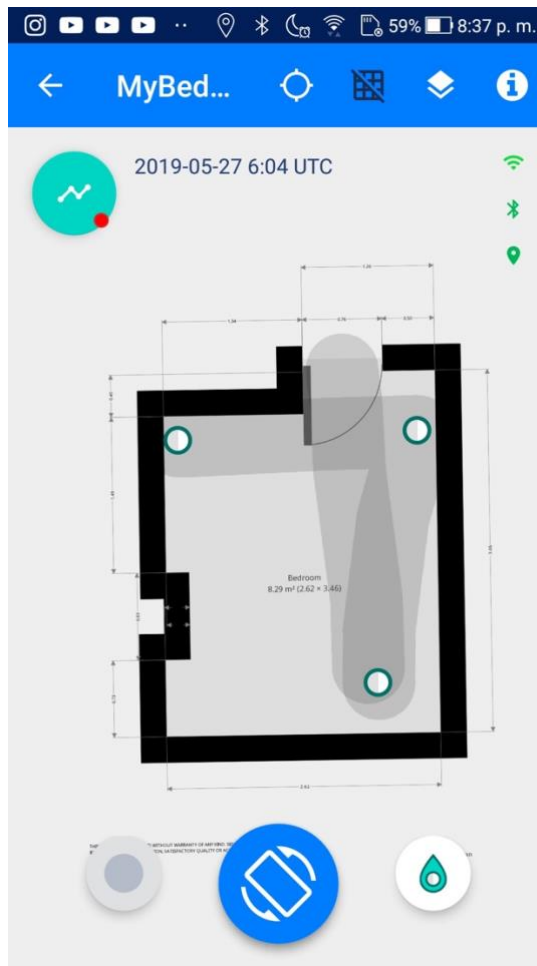


Figura 30 Rutas Grabadas en espacio de prueba (FingerPrinting).

Una vez mapeado el plano se procedió a implementarlo en iOS, resultando en mucha imprecisión y nada de rastreo, ya que para utilizar esta tecnología en iOS es necesario contar con Beacons.

# MyBedRoom

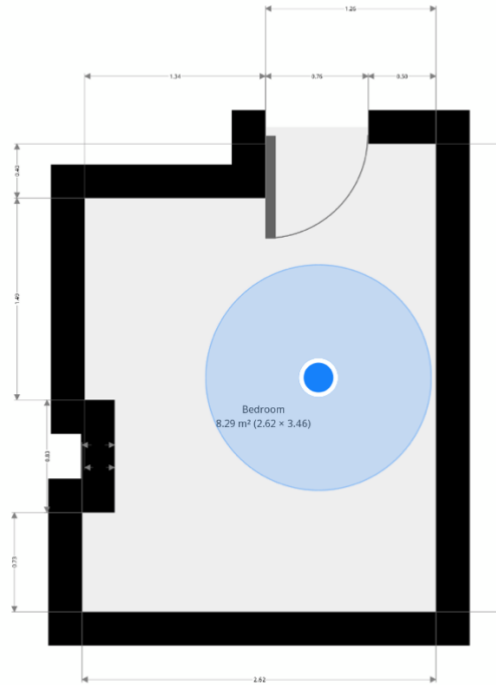


Figura 31 Ubicación indoor en tiempo real.

Terminado el proceso de IndoorAtlas en particular, llegaba el momento de importarlo a Swift, proceso que se logro exitosamente, ya que se podía utilizar el API Key y el API Secret para obtener datos de los servidores de IndoorAtlas. Al intentar importar el plano mapeado se encontró que no se podían implementar los métodos descritos en la documentación, esto debido a que la documentación se encontraba desactualizada. Se procedió al envió de un ticket al soporte, teniendo como respuesta otro método diferente únicamente compatible con Objective C, tecnología nativa de iOS pero que es incompatible con AR Kit, se intento utilizar una versión antigua , pero lamentablemente los servidores solo tienen disponible las versiones con el cambio incluido.

Se dictamino que no es posible implementar ambas tecnologías en un solo proyecto momentáneamente, por lo que se procedió a desarrollar un sistema

de información de realidad aumentada basado en marcadores sin navegación en interiores.

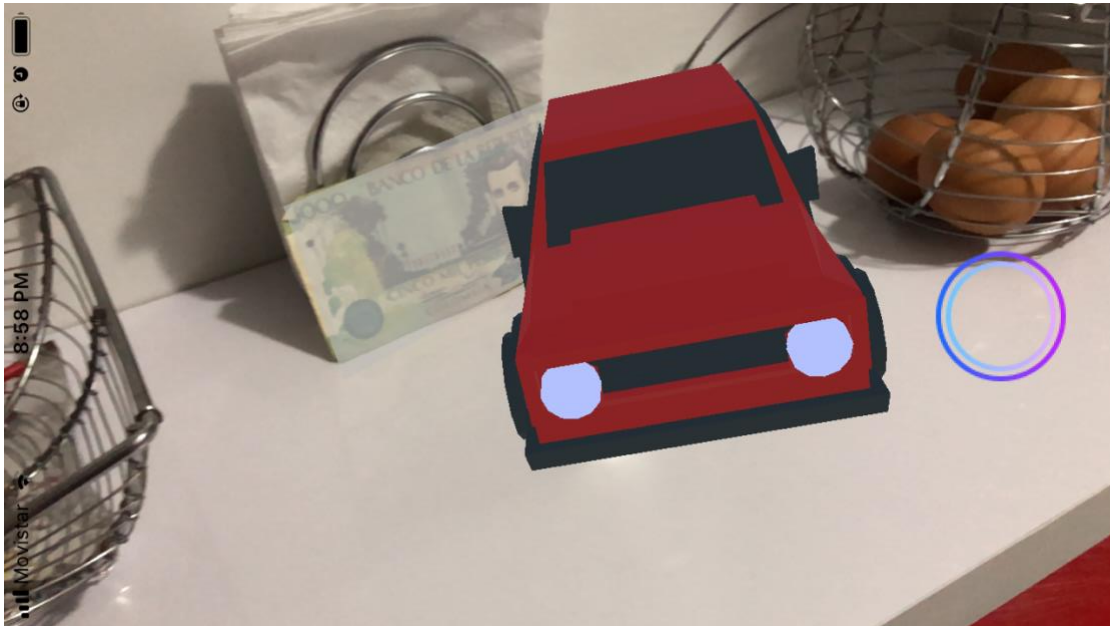


Figura 32 Modelo 3D en marcador físico.

Una vez verificada la correcta funcionalidad de la realidad aumentada, se empezó con el desarrollo de modelos 3D alusivos a la infraestructura de la universidad.

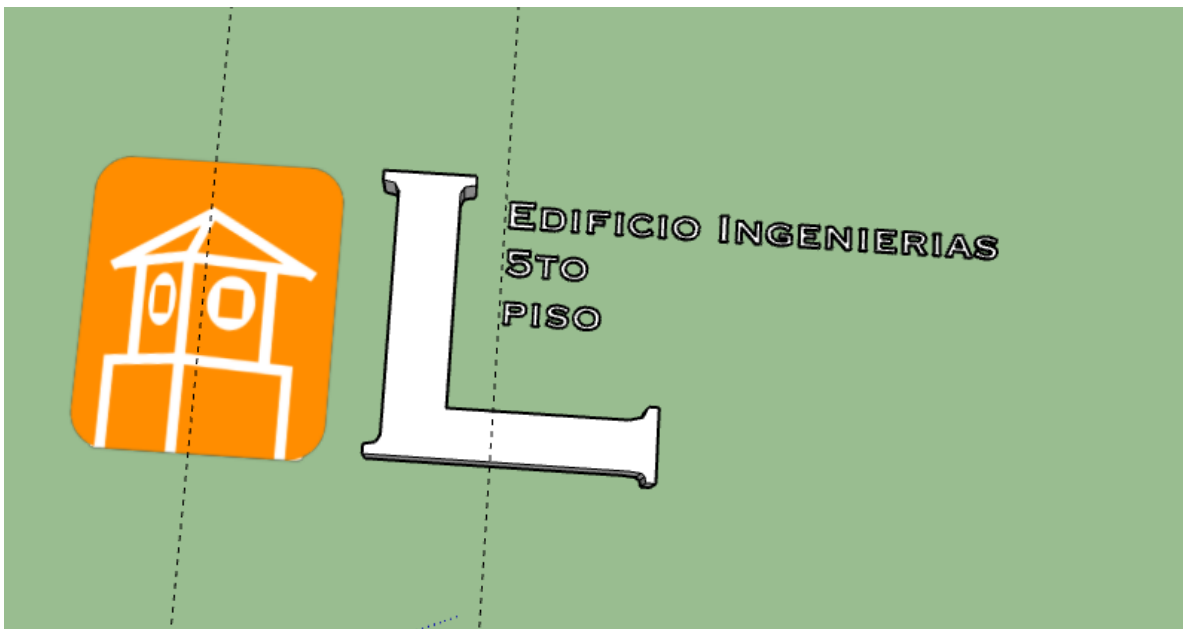


Figura 33 Creación de modelos 3D UNAB.

## 8.5 Quinto Objetivo

### Pruebas de usuario

En el apartado pruebas de usuario se le presento una demostración de la aplicación con modelos llamativos con el fin de llamar la atención del usuario, posterior a esto se le presento una encuesta que dio los siguientes resultados.

Tabla 7 Pruebas de usuario pregunta 1.

#### ¿Considera fácil de usar la interfaz del aplicativo?

11 respuestas

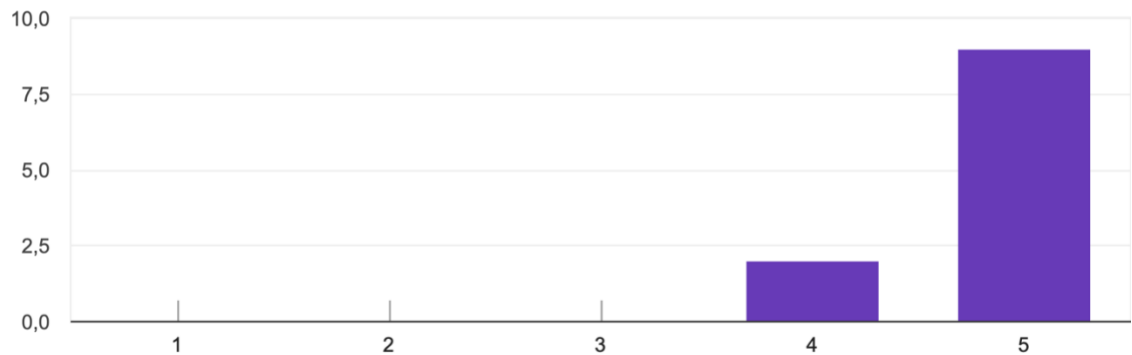


Tabla 8 Pruebas de usuario pregunta 2.

#### ¿Considera util una aplicación de este tipo?

11 respuestas

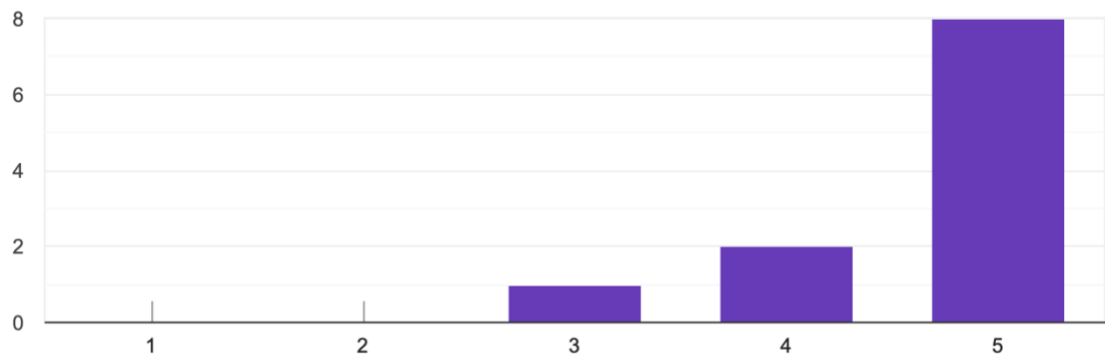


Tabla 9 Pruebas de usuario pregunta 3.

**¿Considera que los modelos dentro de la aplicación son atractivos?**

11 respuestas

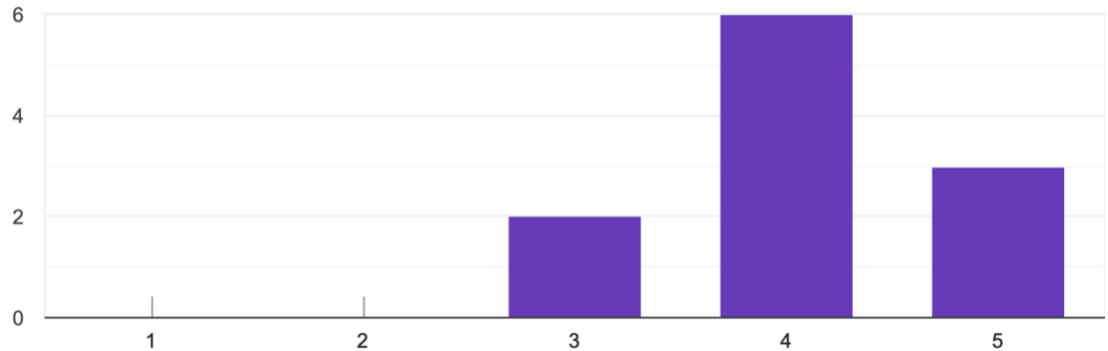
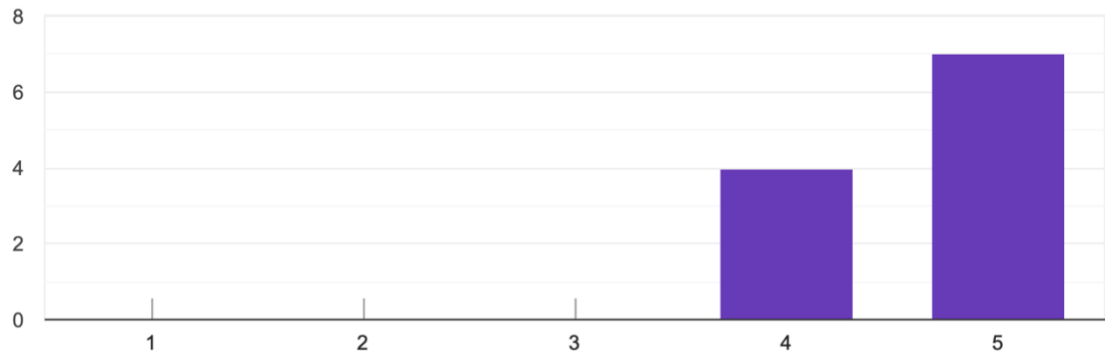


Tabla 10 Pruebas de usuario pregunta 4.

**¿Si un espacio esta preparado para esta tecnología, que tan dispuesto estaría a usarla?**

11 respuestas



A partir de ella podemos concluir que el usuario no presento dificultad alguna al momento de utilizar el aplicativo, lo considero útil e hicieron comentarios relacionados a “esta aplicación habría sido muy efectiva cuando fui estudiante de primer ingreso”, así como también estarían totalmente dispuestos a utilizar una aplicación de este tipo en espacios adaptados a la realidad aumentada.

## 9. Conclusiones

\*No se logro la implementación en conjunto de IndoorAtlas y ARKit, ya que las ultimas versiones con soporte para el framework de navegación, no es 100% compatible con Swift, es decir, la tecnología no se encuentra suficientemente madura para este tipo de proyectos momentáneamente.

\*La localización en interiores basada en el campo magnético de la tierra y los edificios es muy efectiva pero solo hay un gran actor desarrollándola (IndoorAtlas), además su uso se encuentra restringido a Android ya que iOS no es un sistema completamente abierto a los desarrolladores.

\*El framework de realidad aumentada AR Kit es lo suficientemente robusto a pesar de su poco tiempo en el mercado, cuenta con una gran documentación actualizada, lo que se traduce en desarrollos efectivos y óptimos.

\*A pesar de la incompatibilidad momentánea de frameworks, IndoorAtlas se mantiene como una la opción mas viable y sencilla para el desarrollo de sistemas de navegación en interiores.

## 10. Referencias

- Apple Inc. (2018a). About Swift — The Swift Programming Language (Swift 4.2). Retrieved October 26, 2018, from <https://docs.swift.org/swift-book/index.html>
- Apple Inc. (2018b). ARKit | Apple Developer Documentation. Retrieved October 26, 2018, from <https://developer.apple.com/documentation/arkit>
- Apple Inc. (2018c). Xcode - IDE - Apple Developer. Retrieved October 26, 2018, from <https://developer.apple.com/xcode/ide/>
- Azuma, R., Baillot, Y., Feiner, S., Julier, S., Behringer, R., & Macintyre, B. (2001). Recent Advances in Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics And Applications*, 21(6), 34–47. <https://doi.org/10.1109/38.963459>
- Cankaya, I. A., Koyun, A., Yigit, T., & Yuksel, A. S. (2015). Mobile indoor navigation system in iOS platform using augmented reality. *9th International Conference on Application of Information and Communication Technologies, AICT 2015 - Proceedings*, 281–284. <https://doi.org/10.1109/ICAICT.2015.7338563>
- De Oliveira, L. C., Andrade, A. O., De Oliveira, E. C., Soares, A., Cardoso, A., & Lamounier, E. (2017). Indoor navigation with mobile augmented reality and beacon technology for wheelchair users. *2017 IEEE EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics, BHI 2017*, 37–40. <https://doi.org/10.1109/BHI.2017.7897199>
- Delail, B. Al, Weruaga, L., Zemerly, M. J., & Ng, J. W. P. (2013). Indoor localization and navigation using smartphones augmented reality and inertial tracking. *2013 IEEE 20th International Conference on Electronics, Circuits, and*

- Systems (ICECS)*, 929–932. <https://doi.org/10.1109/ICECS.2013.6815564>
- Estimote, I. (2018). Estimote, Inc. — indoor location with bluetooth beacons and mesh. Retrieved October 25, 2018, from <https://estimote.com/>
- Gaviria Hincapie, J. M., Castaño Perez, G. A., Portilla Rosero, B., & Sierra Ospina, J. L. (2013). SLD203 REALIDAD AUMENTADA EN EL TRATAMIENTO DE LAS ENFERMEDADES MENTALES Y LAS ADICCIONES. *Informática 2013 XV Convención y Feria Internacional*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2016.05.005>
- Google LLC. (2018). Beacons | Google Developers. Retrieved October 26, 2018, from <https://developers.google.com/beacons/>
- Huey, L. C., Sebastian, P., & Driberg, M. (2011). Augmented reality based indoor positioning navigation tool. *2011 IEEE Conference on Open Systems, ICOS 2011*, 262–266. <https://doi.org/10.1109/ICOS.2011.6079276>
- IndoorAtlas Ltd. (2018). Positioning technology – IndoorAtlas. Retrieved October 26, 2018, from <https://www.indooratlas.com/positioning-technology/>
- Infsoft GmbH. (2016). Indoor Positioning - Basic Information from infsoft. Retrieved October 26, 2018, from <https://www.infsoft.com/indoor-positioning>
- Interaction Design Foundation. (2006). UI4ALL - ERCIM Workshop on “User Interfaces for All” | Interaction Design Foundation. Retrieved October 26, 2018, from [https://www.interaction-design.org/literature/conference\\_series/ercim\\_workshop\\_on\\_user\\_interfaces\\_f\\_or\\_all](https://www.interaction-design.org/literature/conference_series/ercim_workshop_on_user_interfaces_f_or_all)
- Prendes Espinosa, C. (2014). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Píxel-Bit, Revista de Medios y Educación*, (46), 187–203. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i46.12>
- Ruiz Torrez, D. (2011). Realidad Aumentada, educación y museos. *Revista ICONO14 Revista Científica De Comunicación Y Tecnologías Emergentes*, 9(2), 212–226. <https://doi.org/https://doi.org/10.7195/ri14.v9i2.24>
- Senion Inc. (2018). What is Indoor Positioning Systems? - Senion | Indoor Positioning System. Retrieved October 25, 2018, from <https://senion.com/indoor-positioning-system/>
- Verdicchio, Nicolás Nazareno | Sanz, Diego Rubén | Barth, Jonathan | Montalvo, Cristian | Petrolo, Facundo | Mangiarua, Nahuel Adiel | Igarza, Santiago | Ierache, J. S. (2016). Líneas de Investigación de Realidad Aumentada Aplicada a la Asistencia Médica en el campo de la Emergentología. *XVIII Workshop de Investigadores En Ciencias de La Computación (WICC 2016, Entre Ríos, Argentina)*, 667–671. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10915/53035>
- Vert, S., & VasIU, R. (2012). School of the future: Using augmented reality for contextual information and navigation in academic buildings. *Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2012*, 728–729. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2012.156>
- Wifarer. (2016). Wifarer • Indoor Positioning | Indoor GPS | Technology. Retrieved October 25, 2018, from <http://www.wifarer.com/technology.html>