

Modelo SIG con uso de realidad aumentada (RA) para usuarios con discapacidad auditiva que acuden a servicios sanitarios

Diego Fernando Montes López¹
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
dfmontesl@correo.udistrital.edu.co

Carlos Enrique Montenegro-Marín²
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
cemontenegrom@udistrital.edu.co

Paulo Alonso Gaona García³
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
pagaonag@udistrital.edu.co

Fecha de recepción: 30 de noviembre de 2023
Fecha de aprobación: 15 de diciembre de 2023



Cómo citar este artículo: Montes López, D.F.; Montenegro-Marín, C.E.; Gaona García, P.A. (2023). Modelo SIG con uso de realidad aumentada (RA) para usuarios con discapacidad auditiva que acuden a servicios sanitarios. *Revista Ontare*, 11, (páginas). DOI:

Resumen

Se plantea un modelo y se implementa un aplicativo para dispositivos móviles, combinando tecnologías de sistemas de información geográfica (SIG) y realidad aumentada (RA), empoderando con información y una nueva herramienta tecnológica a los usuarios con discapacidad auditiva cuando accedan a los servicios de salud, mejorando sus experiencias al acercarse a los centros de salud. La realidad aumentada es usada como guía para sobreponer información de rutas hacia los centros de salud, y la realidad vista a través de la cámara del celular, así como desplegar información e indicaciones de los servicios de salud por medio de elementos multimedia, como videos en lengua de señas. Se hace un acercamiento a algunas tecnologías de RA, centrándose en la arquitectura de *software* conformada por: el *framework* de Xamarin Forms, el API de ArcGIS Runtime para .NET, el *framework* de RA de RACore y SQLite, desarrollados e implementados para la plataforma de Android.

Palabras clave: SIG; realidad aumentada; servicios de salud; discapacidad auditiva.

¹ Ingeniero de Catastral y Geodesta con Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6079-7308>

² Ingeniero de Sistemas con Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Diploma de Estudios Avanzados en Ingeniería de Software. Universidad Pontificia de Salamanca, España. Máster en Dirección e Ingeniería de Sitios Web. Universidad Internacional de la Rioja, España. Doctor en Sistemas y Servicios Informáticos para Internet. Universidad de Oviedo, España. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6926-996X>

³ Ingeniero de Sistemas con Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Doctor en Ingeniería de la Información y del Conocimiento. Universidad de Alcalá de Henares, España. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8758-1412>

GIS model with the use of RA for users with hearing disabilities who use health services

Abstract

A model is proposed and an application for mobile devices is implemented, combining geographic information systems (GIS) and augmented reality (AR) technologies, empowering users with hearing disabilities with information and a new technological tool when they access the services of health, improving their experiences when approaching health centers. Augmented reality is used as a guide to superimpose route information to health centers and the reality seen through the cell phone camera; as well as display information and indications of health services through multimedia such as videos in sign language. An approach to some RA technologies is made, focusing on the software architecture made up of the Xamarin Forms framework, the ArcGIS Runtime API for .NET, the RA framework RACore and SQLite, developed and implemented for the platform of Android.

Keywords: GIS; augmented reality; health services; hearing impairment.

1. Introducción

Es imperante decir que la atención a usuarios sordos con lengua de señas tiene dificultades y limitaciones, según Barnett y Franks (2002), en Norteamérica los sordos mayores de edad desde el nacimiento o desde la primera infancia tienen menos probabilidades de haber visto a un médico que los adultos de la población general; además, Steinberg *et al.* (2006) afirman que los usuarios de servicios de salud sordos con lengua de señas a menudo no están satisfechos con la comunicación médico-paciente. Por su parte, los médicos informan que los pacientes sordos requieren más tiempo y esfuerzo que los pacientes con audición (Ebert y Heckerling, 1995). Además de la discapacidad, esta condición puede tener efectos negativos en la salud, como lo muestra Collazos (2012). La situación de vulnerabilidad de las personas sordas se ha estructurado históricamente desde la construcción social de valores frente a la diferencia y la exclusión en la participación económica y política, lo cual trae consecuencias negativas en la educación y la salud.

Por otro lado, no es un secreto que el sector salud padece una crisis permanente, el modelo de profesionales (proveedores), aseguradoras (intermediarios) y pacientes (usuarios) ha generado grandes dificultades durante más de 20 años en Colombia (Caballero-Uribe, 2012). El sistema de salud cuenta con un alto volumen de pacientes que requieren una atención

rápida y oportuna, y los pacientes no cuentan con una información clara o sencilla de cómo funciona el sistema de salud.

En este sentido, el trabajo busca mejorar las experiencias de los usuarios de servicios de salud con discapacidad auditiva, empoderándolos con información sobre los servicios prestados y los planes en salud. De igual forma, se busca mejorar la pertinencia de los servicios de salud, en otros términos, conectar a estos usuarios con la mejor opción de teniendo en cuenta la especialidad de los centros de salud, la localización, EPS, edad y patología del paciente, la cual no siempre está relacionada con su discapacidad.

Las herramientas aliadas para las personas con discapacidad son las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), las cuales se han convertido en el medio que les permite acceder a diferentes entornos: recreación, educación, trabajo, comunicación, información, entre otros. Para las personas con discapacidad, estas herramientas contribuyen a una diversidad de oportunidades al posibilitar una mayor inclusión educativa, laboral y social, lo cual implica una mejora en su calidad de vida y en el incremento de su autoestima (Cerón *et al.*, 2016). En este sentido, los usuarios del sistema de salud se pueden beneficiar de las herramientas de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), y de los sistemas de información geográfica (SIG) que pueden brindar a los usuarios del sistema de salud información vía web que los oriente a tomar decisiones en cuanto al centro de salud más cercano donde se quieran dirigir para atender determinada patología, así como información de cada centro de salud; además, las herramientas de realidad aumentada (RA) pueden brindar información, ya sea por medio de datos o contenido multimedia, dentro y fuera del centro de salud para saber los lugares, rutas y procedimientos a seguir; en otras palabras, el uso de esta tecnología puede convertirse en un asistente especializado de los usuarios con discapacidad auditiva.

Los SIG ofrecen información sobre mapas, pero la combinación de esta tecnología con la RA evita la referencia con el terreno, y directamente sobrepone la información geográfica a la imagen de la cámara de un celular, o *wearables* como las gafas.

Algunas compañías ya emplean sistemas SIG móviles para la inspección en lugares concretos con herramientas como ArcGIS para Android. Sin embargo, las técnicas de visualización actuales implementadas en estas herramientas, no muestran la relación de los datos SIG con el contexto del mundo real, y aún implican la tediosa tarea de hacer una referencia correcta de la información geográfica con el mundo real. La visualización de información geoespacial real y virtual, al mismo tiempo en la referencia mutua, tiene un gran potencial para evitar errores (Zollmann *et al.*, 2012). La suma de tecnologías de SIG y RA podría ayudar a los usuarios a tener una forma más fácil de ubicarse y entender la información geográfica, sin hacer interpretaciones directas de los mapas.

En concreto, el presente trabajo diseña, implementa y evalúa un modelo de *software* SIG con tecnologías de RA, sobreponiendo información virtual a información real a través de la cámara de los dispositivos móviles, pretendiendo brindar claridad, sencillez y pertinencia a los usuarios con discapacidad auditiva que usan servicios de salud.

1.1. Realidad aumentada como solución

Se hace indispensable, antes de abordar la realidad aumentada (RA) como solución tecnológica para distintas problemáticas, comprender los distintos términos acuñados alrededor de esta tecnología y su diferencia con la realidad virtual (RV). La RA es una variación de la RV, en donde el usuario puede ver el mundo real, con objetos virtuales superpuestos o compuestos con el mundo real (Azuma, 1997). Mientras que los usuarios de la realidad virtual se encuentran inmersos *totalmente* en un mundo virtual o sintético, en la RA se complementa la realidad, en lugar de reemplazarla por completo. La RA se define entonces como la interacción del usuario con el mundo real al complementarlo con objetos virtuales 3D (Azuma *et al.*, 2001).

La realidad e información confluyen conjuntamente en un dispositivo en común, el cual se encuentra en constante interacción con el usuario. En el desarrollo teórico de esta técnica se ha definido una taxonomía basada en el *continuo de la virtualidad*, y que tiene como parámetro base la representación digital de los datos mediante un dispositivo (pantalla) de interfaz (Milgram y Kishino, 1994). De esta manera, se pueden definir dos extremos en esta

clasificación: un entorno real y un entorno virtual y sus correspondientes transiciones según el grado de dominancia de la tecnología en el que la RA está más cerca del entorno real, y la RV más cerca del entorno virtual.

Una de las clasificaciones de RA está relacionada con el tipo de reconocimiento o lectura que realiza el sistema. Esta clasificación tiene en cuenta los niveles o grados de complejidad del objeto marcador o del reconocimiento. Se pueden emplear tres diferentes tipos de objetos reconocibles (Minguell *et al.*, 2012): marcadores (*markers* QR), imágenes y objetos. Cualquiera de las anteriores clasificaciones podría apoyar las tareas de la investigación. Sin embargo, ninguna de estas es usada, ya que la potencialidad de los sistemas que usan QR se da en entornos controlados de objetos estáticos, y requieren la ubicación de marcadores con anticipación. Es posible que no se ajusten a entornos dinámicos que no están controlados o no son adecuados para colocar marcadores. Para tales entornos no controlados, los sistemas de RA sin marcadores son más apropiados (Rao *et al.*, 2017).

1.2. Los sistemas de información geográfica y realidad aumentada

La información geográfica y los SIG cobran importancia en el modelo de *software* desarrollado, ya que estos son el referente que permiten ubicar de primera instancia a los usuarios con discapacidad auditiva, así como dar respuesta a un conjunto de análisis geográficos que posibilitan dar solución a las necesidades identificadas. El comportamiento espacial innato en el hombre no solamente se ha transformado para dar fruto a varias ciencias, sino para alcanzar una infinidad de objetivos que se han trazado (Montañez, 2001). Un SIG puede definirse como una base de datos digital con un propósito espacial en función de un sistema de referencia. Tiene la habilidad para realizar numerosas tareas utilizando tanto datos espaciales como atributos almacenados, y permite unir una variedad de tecnologías geográficas, usando técnicas analíticas y de toma de decisiones. Además, el SIG contiene un conjunto de procedimientos que facilitan la entrada de datos, el almacenamiento, la manipulación, el análisis y la salida (Foote y Lynch, 2000). En este trabajo se combinan las tecnologías de SIG dentro de la RA, para potencializar las bondades de ambas tecnologías y dar una solución a las personas con discapacidad auditiva.

1.3. Producción académica actual

Una línea de estudios paralela y convergente en las tecnologías de RA se centra en la posición y ubicación tanto del dispositivo como de la relación de la cámara, en este sentido, los sensores son parte importante del uso sin inconvenientes de la RA. Es bien sabido que el GPS, la cámara, así como la unidad de medición inercial compuesta por los acelerómetros, giroscopios y otros sensores, hacen parte de la tarea de dar ubicación y posición a los dispositivos; sin embargo, también existen algunos algoritmos como la localización y el mapeo simultáneos (SLAM), mediante el cual un dispositivo puede construir un mapa del entorno y, al mismo tiempo, utilizarlo para calcular su ubicación (Bailey y Durrant-Whyte, 2006). En una de las investigaciones encontradas recientemente, se aborda la semántica en tiempo real en aplicaciones SLAM visuales, una de las tareas más críticas para la percepción del entorno, intentando preservar el rendimiento requerido de precisión y baja complejidad, proponiendo una arquitectura de red neuronal convolucional de bajo rango para la segmentación semántica en tiempo real (Falaschetti *et al.*, 2022).

Los estudios encontrados más relevantes en número están relacionados con las mejoras en el reconocimiento de imágenes a través del *deep learning* o sensores de profundidad, es decir, poder distinguir un objeto o caracterizar elementos de la realidad a través de la cámara de un dispositivo móvil, con el propósito de identificar cuál objeto o parte de este está más atrás o más adelante con relación al dispositivo móvil.

La reconstrucción densa en línea es un método para estimar mapas de profundidad 3D con una alta densidad de información (nube de puntos), desde una sola cámara en movimiento para aplicaciones de RA, especialmente para interacciones realistas como colisiones y oclusiones. Se encontró el diseño de una red de predicción de profundidad combinada, con una pérdida adaptativa combinando libremente la predicción de profundidad con un SLAM monocular y la fusión de nubes de puntos para construir un modelo 3D (Rao *et al.*, 2017). Otra investigación similar usa un método para reconocer y clasificar objetos a través de mapas de profundidad capturados por el sensor Kinect de Microsoft, usando datos de profundidad (Correa y Osorio, 2018).

En otra investigación de Lee y Hsu (2021), se muestra una comparación entre las tecnologías SLAM y el sistema de posicionamiento visual (VPS), los cuales aportan al posicionamiento del dispositivo y de la cámara. El VPS desarrollado por Google se basa en la identificación de características, como los bordes dentro de la imagen del teléfono inteligente, emparejándolos con los bordes capturados de imágenes encuestadas previamente en su base de datos de mapas para su localización Google AI Blog (2022) define el VPS mostrando que este determina la ubicación de un dispositivo en función de las imágenes, en lugar de las señales GPS. Crea un mapa tomando una serie de imágenes que poseen una ubicación conocida, analizándolas en busca de características y particularidades visuales clave para identificarlas, como por ejemplo el contorno de edificios.

Google también ha dispuesto nuevas tecnologías para el desarrollo de aplicaciones (Auganix.org., 2022). En la conferencia anual de mayo de 2022 de desarrolladores de la compañía, Google anunció su nueva API geoespacial RACore en Android e iOS. Con el API geoespacial de RACore, se pueden utilizar datos de modelos 3D de Google Earth y datos de imágenes de *street view* de Google Maps para habilitar su aplicación para experiencias de RA inmersivas, a escala global y basadas en la ubicación (Google Developers, 2022). Además, tiene características importantes en el entorno de los SIG que permiten colocar puntos de ruta de realidad aumentada específicos de la ubicación alrededor de puntos de referencia del mundo real, manejando datos de norte, azimut, altitud, precisión y giro.

En cuanto a la existencia de aplicaciones para personas con discapacidad auditiva en Colombia, la plataforma centro de relevos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), en alianza con Fenascot, brinda a las personas con discapacidad auditiva una plataforma de comunicación que puede ser usada en los dispositivos móviles (ver la figura 1). Esto se logra a través de la interacción con intérpretes de lengua de señas (MinTIC, 2022).

Figura 1. Aplicación centro de relevo de MinTIC



Fuente. Elaboración propia.

2. Metodología

Con el propósito de construir la aplicación móvil SIG con RA para usuarios con discapacidad, se recurrió a un enfoque de diseño no experimental o *ex post facto* (Tamayo, 2004). Se realizó una investigación de tipo descriptivo para conocer las experiencias de los usuarios con discapacidad auditiva al usar los servicios de salud con herramientas tecnológicas.

El presente trabajo se construye en el marco de un enfoque cuantitativo a partir de la recolección, la medición de parámetros y la obtención de frecuencias. Plantea un problema de estudio delimitado y concreto (Hernández *et al.*, 2014).

La población objeto de nuestro estudio son las personas con discapacidad auditiva que usan los servicios de salud en edades entre los 18 y 59 años.

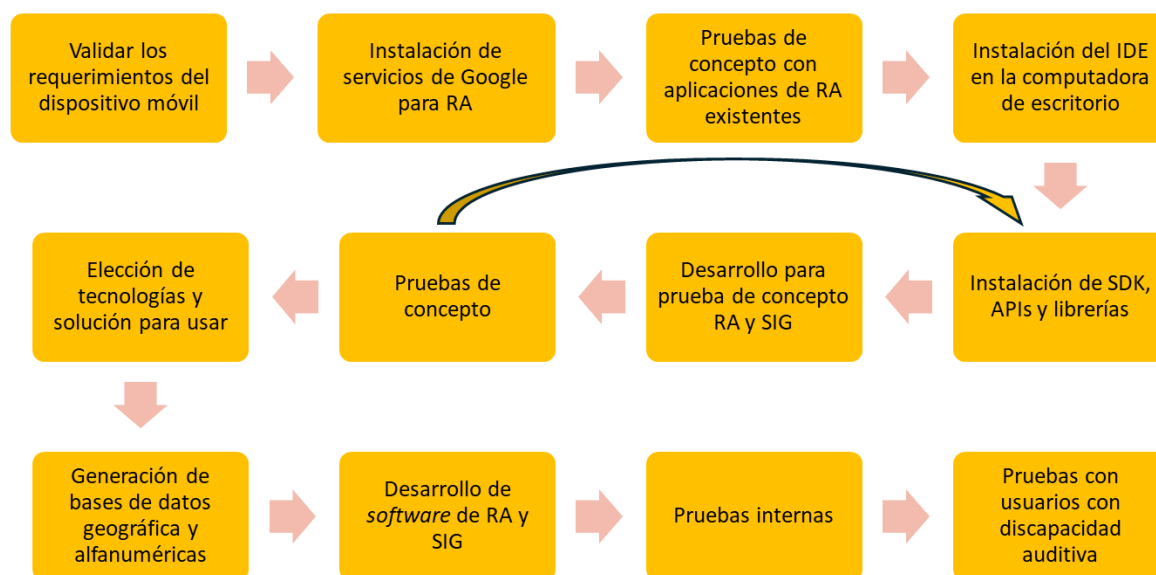
La figura 2 presenta las fases de implementación de la aplicación propuesta. La fase de identificación y caracterización de variables se lleva a cabo por medio de métodos empíricos. En la fase de análisis de necesidades de información espacial y no espacial se hace uso de métodos empíricos. Para la mayoría de las actividades se usan métodos teóricos de

modelación. Específicamente en esta etapa se realizaron encuestas y entrevistas, donde personas con discapacidad auditiva, intérpretes y personal de salud proporcionaron las necesidades de información que requiere el sistema para los usuarios finales.

Para la fase de elaboración del diseño funcional y estructural del modelo de *software* SIG con RA se emplearon métodos teóricos de modelación, usando métodos clásicos como el RUP, dejando de lado la rigurosidad de la documentación que tiene esta metodología en proyectos grandes. En consecuencia, para esta fase se realizó el levantamiento de requerimientos, casos de usos y diagramas de secuencia.

Para la fase de construcción del modelo de *software*, se siguieron los pasos de la siguiente figura.

Figura 2. Fases de implementación de la aplicación



Fuente. Elaboración propia.

Por último, para la fase de validación del modelo a través de un prototipo de *software* se usaron métodos estadísticos para hallar frecuencias. En la recolección de los datos se utilizó

un cuestionario estructurado mixto, la primera parte y la más importante es de tipo encuesta bajo la escala de Likert, la segunda consta de unas observaciones generales, dicho cuestionario está dirigido a usuarios con discapacidad auditiva que usen los servicios de salud. En este parte se destaca que no se pretenden representar una población, sino conocer las necesidades de este grupo de personas con discapacidad auditiva, describir lo “típico” en relación con este tipo de aplicaciones, en consecuencia, no pretende que los casos sean estadísticamente representativos de la población (Roberto *et al.*, 2014).

3. Resultados del diseño y desarrollo del modelo de *software*

3.1. Identificar y caracterizar la información

Por lo general, el usuario ingresa a su valoración integral a través de una consulta por medicina general, de allí lo derivan para realizar una serie de exámenes de laboratorio y exámenes diagnósticos, a los cuales tiene derecho según la edad; el usuario puede ser llevado a las otras rutas de salud según los resultados y diagnósticos.

Se describen algunos ejemplos de información que podría brindarse a los usuarios: un paciente con diabetes será dirigido a la ruta cardio-cerebrovascular y metabólica, donde lo atenderá un médico especializado, un paciente con cáncer se enviará a la ruta de cáncer y lo atenderá un médico cancerólogo, y si se detecta un embarazo, se deriva a la ruta materno perinatal y la atenderá un médico ginecólogo. De lo contrario, si todos sus exámenes salieron en completo orden, se le dará educación para continuar con una vida sana, mejorar hábitos saludables y se valorará su salud cada determinado tiempo según su edad.

De forma complementaria, en la figura 3 se destaca información relevante para los usuarios por rangos de edad, se presentan algunas de las unidades de atención en Bogotá y el catálogo de servicios de salud prestados en ellas. Hay servicios de salud que son diferenciados por grupos etarios, como por ejemplo, los servicios de planificación familiar.

Figura 3. Unidades de atención en salud subred sur, adolescencia juventud

UNIDAD DE ATENCIÓN	Valoración integral y detección temprana por medicina general y enfermería	Toma de laboratorio	Vacunación	Atención salud oral	Planificación Familiar
Vista Hermosa CRA 18 C No. 66 A - 55 SUR					
Candelaria CRA 28 No. 63 A - 04 SUR					
Perdomo CL 60 A SUR No. 71 F- 59					

Fuente. Subred Sur ESE, 2022.

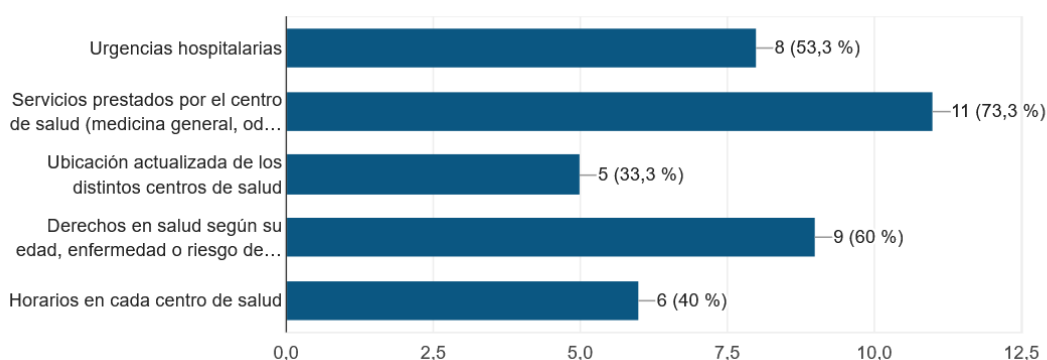
También existen servicios de salud al acceso de toda la población, pero son priorizados y promocionados con más intensidad a cierta población, como por ejemplo el servicio de agudeza visual. Igualmente, se hace necesario entregar información a los usuarios en cuanto a la unidad de servicios de salud, urgencias y la ruta de promoción y mantenimiento.

3.2. Diseño funcional y estructural del modelo de *software*

Figura 4. Información requerida de los servicios de salud encuestados

¿Qué información le gustaría recibir de las aplicaciones de servicios de salud? (Puede elegir varias opciones)

15 respuestas



Fuente. Elaboración propia.

Para realizar la etapa de diseño de la aplicación se tomaron en cuenta las sugerencias de la población con discapacidad auditiva, recogidas dentro de un cuestionario de 9 preguntas

(figura 4); por otro lado, se realizaron entrevistas a profesionales en educación especial y personal de la salud. En las encuestas se llegó al mínimo de tamaño de muestra en el grupo para datos cuantitativos de 15 respuestas. La encuesta realizada es un estudio estadístico observacional, de tipo transeccional, en donde los datos se miden un punto en el tiempo y donde el muestreo es no probabilístico. Partiendo de la información recogida se definen los requerimientos funcionales que abarca la aplicación. Los participantes de la etapa de levantamiento de requerimientos estuvieron integrados por: un ingeniero desarrollador, un funcionario perteneciente a la Subred de Salud Sur y un intérprete de lenguaje de señas de la Secretaría de Integración Social de Bogotá.

La definición de los requerimientos funcionales es similar a los especificados por IBM en su portal (IBM, 2022a). Los requerimientos funcionales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Requerimientos funcionales de la aplicación

Código	Requerimiento funcional
RF1	Ingreso de información básica.
RF2	Consulta de centros de salud.
RF3	Ayuda multimedia en lengua de señas.
RF4	Ruta a su lugar de destino en realidad aumentada.
RF5	Información de puntos de atención en salud.

Fuente. Elaboración propia.

En la construcción de la aplicación móvil SIG-RA con base en los requerimientos funcionales antes definidos, se utiliza la metodología de diagramado de comportamiento, como las acciones que ejecutan los usuarios con la aplicación a través de un diagrama de casos de uso. Un caso de uso es un artefacto que define una secuencia de acciones que da lugar a un resultado de valor observable. Los casos de uso proporcionan una estructura para expresar requisitos funcionales en el contexto de procesos empresariales y de sistema (IBM, 2022b).

Se estudiaron dos alternativas en el proyecto para dar solución a la problemática. Se mostrarán las componentes y características de las alternativas, al igual que su arquitectura. La primera es Unity, tiene una arquitectura flexible, dentro de sus posibles integraciones está la implementada con Google RACore, que generalmente se usa para aplicaciones de Android o RAKit, la usada para iOS. Es un motor gráfico que ofrece herramientas poderosas, que permiten crear experiencias de RA enriquecidas y sumamente atractivas, las cuales interactúan de forma inteligente con el mundo real (IBM, 2022b).

De igual forma, se profundizó también en la API de ArcGIS Runtime, son un conjunto de APIs que se utilizan para crear aplicaciones de mapeo, ubicación y GIS para dispositivos. Estas aplicaciones pueden ver, editar mapas, realizar análisis sin conexión y acceder directamente al almacenamiento, los sensores, la GPU y otras capacidades de un dispositivo. Las APIs de ArcGIS Runtime están disponibles para Android, iOS, Java, .NET y Qt para crear aplicaciones que se ejecutan en WPF, UWP, iOS, Android, Windows, Linux y macOS. Haciendo una diferenciación, el ArcGIS Runtime SDK es un poderoso kit de desarrollo de *software* (SDK) de mapas que permite crear aplicaciones nativas en muchas plataformas (Unity, 2022). Se puede decir que crea fácilmente un mapa, agrega capas y realiza análisis, como crear una zona de influencia en un punto o una línea, análisis de visibilidad, edición en y fuera de línea, y encontrar la ruta más rápida entre dos ubicaciones, que es realmente lo que separa la tecnología de Esri de otras.

ArcGIS Runtime SDK para .NET ofrece un conjunto de herramientas de código abierto que cualquier desarrollador puede modificar y mejorar; por ejemplo, RA ToolKit tiene controles y utilidades para ayudarlo a simplificar su trabajo de desarrollo de .NET, para manejar cambios en la posición relativa de la cámara en un contexto de realidad aumentada puede usar *frameworks* RA como RACore o RAKit (ArcGIS Developer, 2022).

3.3. Implementación del modelo de *software*

A continuación, se muestra la solución más adecuada para el proyecto en relación con el tiempo, recursos, infraestructura, pertinencia y usabilidad para los usuarios con discapacidad auditiva. En primera instancia se define el tipo dispositivo móvil a usar, el propósito de la

aplicación es de inclusión con relación a la población con discapacidad auditiva, y teniendo en cuenta los costos de los celulares y tabletas, el tipo de dispositivo a usar es con un sistema operativo Android, en primera instancia.

Para realizar aplicaciones móviles con RA en el sistema operativo Android es necesario contar con servicios de Google Play para RA, el cual ofrece experiencias a través de RA Core. En Google Developers, Hansen y Furness (2022), relacionan un conjunto de dispositivos compatibles con RACore, la principal característica se relaciona con el seguimiento de movimiento sensible, que se realiza combinando la imagen de la cámara y la entrada del sensor de movimiento para determinar cómo se mueve el dispositivo del usuario en el mundo real. El desarrollo de la aplicación se enfoca en las siguientes tecnologías: ArcGIS Runtime para .NET Forms, RAToolkit y RACore. Las razones por la cual se eligió este conjunto de tecnologías es por la rapidez de su desarrollo, el uso fácil de información geográfica, el acceso sencillo y rápido a sensores GPS, cámara, y la principal razón se deriva en el uso de herramientas de Esri para el cálculo de las rutas por medio de servicios.

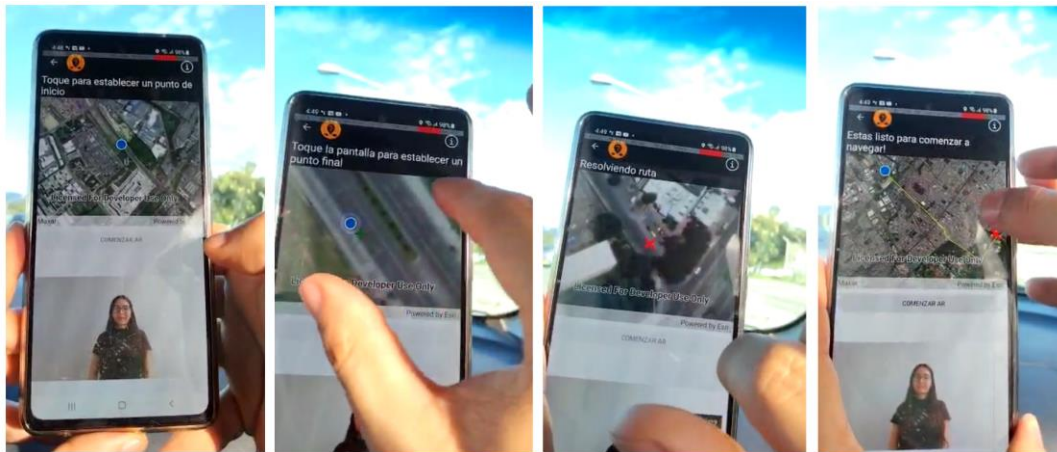
Dando más profundidad a la posibilidad de consumir servicios de rutas, en el portal web de Arcgis Enterprise manifiestan la posibilidad de consumir servicios de generación de rutas a partir de aplicaciones listas para usar, por ejemplo, ArcGIS Pro y Map Viewer Classic, o también se pueden escribir sus propias aplicaciones con las API web de ArcGIS y ArcGIS Runtime SDKs, que utilizan los servicios de generación de rutas. Con los servicios de generación de rutas puede realizar varios tipos de análisis espacial en las redes de transporte, por ejemplo, encontrar la mejor ruta a través de una ciudad, encontrar el vehículo o centro de emergencias más cercanos o prestar servicio a un conjunto de pedidos con una flota de vehículos (Google Developers, 2022). La aplicación desarrollada tiene código y recursos compartidos para las plataformas de Android, iOS y UWP; sin embargo, la implementación de funcionalidad se dedicó específicamente para Android.

Para usar los datos de localización el API Runtime se conecta con la librería android.location (ESRI, 2022), se define el contenido de esta librería, así como las clases de la API del marco que definen los servicios relacionados y basados en la ubicación de Android (Android Developers, 2022).

La parte de persistencia y base de datos del aplicativo se divide en dos: la primera es el conjunto de mapas y mapas base usados en la aplicación, los cuales son provistos por ESRI como servicios web; la segunda son el conjunto de datos que se guardan tanto del usuario como de la red de servicios de salud, estos se almacenan en bases de datos SQLite.

La siguiente figura muestra la funcionalidad de planear la ruta RA al centro de salud, acompañado de ayuda multimedia en lengua de señas para una mejor comprensión de los pasos.

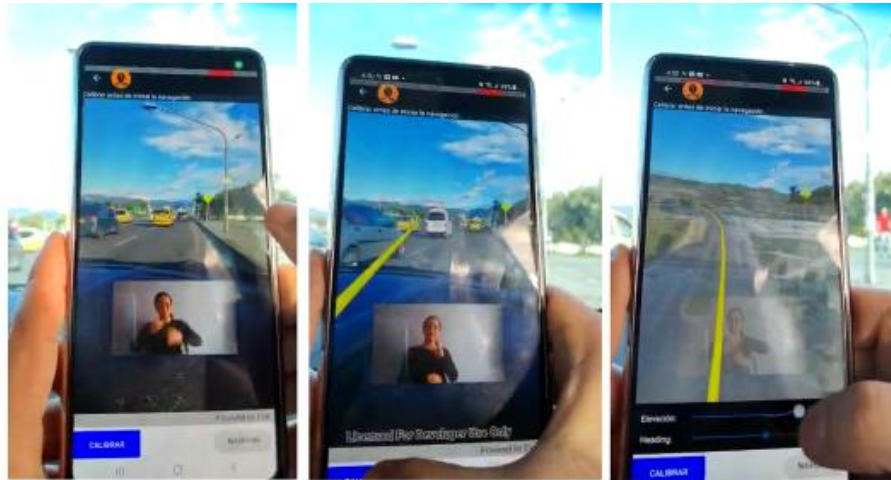
Figura 5. Crear ruta en aplicación móvil SIG con RA para usuarios con discapacidad



Fuente. Elaboración propia.

La figura 6 muestra la ruta de realidad aumentada sobrepuesta a la imagen de la cámara del celular, acompañado de ayuda multimedia en lengua de señas para una mejor comprensión de los pasos.

Figura 6. Ruta y controles de calibración en aplicación móvil SIG con RA para usuarios con discapacidad



Fuente. Elaboración propia.

El aplicativo SIG de RA cuenta con otras funcionalidades, estas ayudarán al usuario de los servicios de salud en la búsqueda y pertinencia de la información que recibe, entre ellas está la incorporación de información del usuario, centros de salud y su búsqueda a través de la dirección.

3.4. Validación del modelo de *software*

Para la validación de *software* se realizaron pruebas con 5 usuarios de servicios de salud con discapacidad auditiva, así como por personal de salud e intérpretes de lengua de señas.

En el caso de los usuarios con discapacidad auditiva, la prueba se realizó en dos momentos. Primero a través de una reunión previa para contextualizar la aplicación, posteriormente se realizaron pruebas en campo. Al final de cada sesión de preguntas se planteó una sesión de observaciones y sugerencias de forma abierta. Se les realizó una contextualización en relación con el objetivo de la aplicación, los módulos y el propósito de la prueba, así como los detalles.

Por otro lado, se evidenció que la aplicación tiene inconvenientes en ciertas zonas de la ciudad, donde la señal de internet y datos es insuficiente.

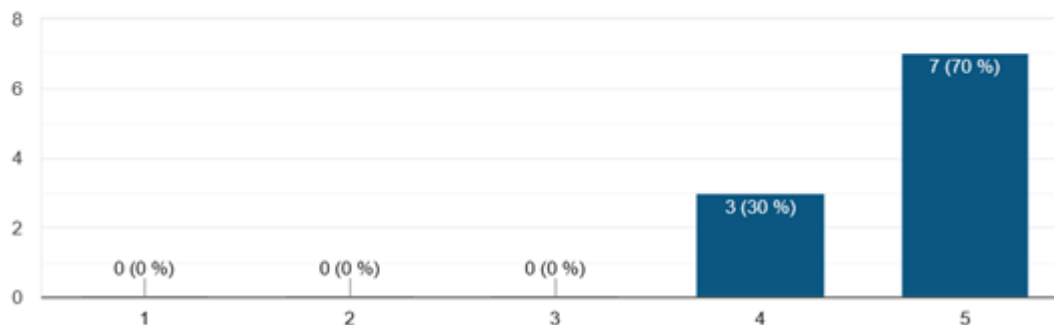
En relación con el personal de salud de la Subred de Salud Sur (todas pertenecientes a la institución), se realizaron las pruebas directamente en campo, en donde conocieron y manipularon la aplicación, en su mayoría eran enfermeros auxiliares y profesionales y personal de atención al público.

Se realizó una encuesta de 10 preguntas de percepción y satisfacción a 5 personas con discapacidad, a 4 pertenecientes a una institución de salud y a 1 intérprete de lengua de señas (LSC) (figura 7). Se procuró que tanto el personal de salud como los intérpretes no superarán el número de personas con discapacidad auditiva, con el propósito de no alterar significativamente las respuestas de esta población objetivo.

Figura 7. Calificación de aplicativo SIG con RA y LSC

¿Cómo califica la aplicación SIG con realidad aumentada para personas con discapacidad auditiva? (Según la escala: 1. Muy mala. 2. Mala. 3. Regular. 4. Buena. 5. Excelente.

10 respuestas



Fuente. Elaboración propia.

Finalmente, podríamos decir que para los encuestados la aplicación de SIG con RA para usuarios de salud con discapacidad auditiva cumple con las expectativas generales y mejora sus experiencias. Todos los encuestados dieron opiniones favorables de la aplicación; sin embargo, las personas encuestadas de las instituciones de salud sí mencionaron varias mejoras en relación con la información presentada de los servicios de salud, principalmente en lo referido a la cantidad de la información, ya que existe diversa información que no se presenta en el aplicativo y que podría enriquecerlo en consecuencia.

4. Conclusiones

La construcción de la aplicación basada en un modelo de SIG con RA mejora y facilita la experiencia de los usuarios con discapacidad auditiva que usan los servicios de salud, por lo menos desde la percepción del conjunto de personas encuestadas; para estos, la información de rutas y mapas visualizada a través de tecnologías de RA en la cámara del celular, aporta información útil, permitiendo solucionar los posibles problemas de traslado hacia los centros de salud. Específicamente para las personas con discapacidad auditiva también resultó útil la información referente a los servicios de salud.

La facilidad en el uso de esta aplicación, la apropiación de contenido y el impacto obtenido en las personas encuestadas con discapacidad auditiva se dio principalmente por la ayuda visual en LSC, aun sin ser esta una tecnología de punta o el objeto principal del presente proyecto. En este sentido, la tecnología de realidad aumentada y sistemas de información geográfica son más accesibles a las personas discapacitadas auditivamente desde que estén apoyadas por ayuda visual en lenguaje de señas.

Las tecnologías de RA son novedosas y de alto impacto visual entre los usuarios, si bien se trata de tecnologías que no han terminado su etapa de maduración, son asequibles para su desarrollo y cuentan con un conjunto de IDE, SDK, documentación y librerías, haciendo más factible los proyectos de este tipo.

De igual manera, los SIG se ven potencializados visual y funcionalmente por las tecnologías de realidad aumentada (RA), debido a que eliminan la tediosa tarea de interpretar un mapa en la realidad.

En la revisión bibliográfica y tecnológica no se encontraron aplicaciones que usaran realidad aumentada (RA) y sistemas de información geográfica (SIG) para ayudar a personas con discapacidad auditiva. Para la comunidad sorda y con discapacidad auditiva es importante que el entorno académico desarrolle este tipo de proyectos incluyentes.

Para dispositivos móviles este proyecto es un caso de éxito, por la combinación de tecnologías SIG y RA, usando arquitectura y estructura de *software* conformada por: *framework* de

Xamarin Forms, API de ArcGIS Runtime para .NET, *framework* de realidad aumentada de RACore, uso de bases de datos de SQLite desarrollados e implementados para la plataforma de Android.

5. Referencias

- Android Developers. (2022). *Android location package summary*.
<https://developer.android.com/reference/android/location/package-summary>
- ArcGIS Developer. (2022). License and deployment. ArcGIS Runtime API for .NET.
<https://developers.arcgis.com/net/license-and-deployment/>
- Auganix.org. (2022). *Google announces new RACore geospatial API for building augmented reality experiences in real-world locations in 87 countries*. <https://www.auganix.org/google-announces-new-arcore-geospatial-api-for-building-augmented-reality-experiences-in-real-world-locations-in-87-countries/>
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385. <https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>
- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34-47.
[10.1109/38.963459](https://doi.org/10.1109/38.963459)
- Bailey, T. & Durrant-Whyte, H. (2006). Simultaneous localization and mapping (SLAM): part II. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 13(3), 108-117.
- Barnett, S. & Franks, P. (2002). Health care utilization and adults who are deaf: relationship with age at onset of deafness. *Health Services Research*, 37, 103-118. [10.1111/1475-6773.99106](https://doi.org/10.1111/1475-6773.99106)
- Caballero-Uribe, C. V. (2012). Las crisis del sector salud. *Salud Uninorte*, 28(2).
<https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/salud/article/view/4749>

- Cerón, C., Archundia, E., Beltrán, B., Cervantes, P. y Galindo, J. (2016). Desarrollo de un sistema aumentativo y adaptativo para apoyar el proceso de lectoescritura para alumnos con discapacidad visual de educación superior. *Research in Computing Science*, 125, 37-49.
- Collazos, J. (2012). *Representaciones sociales sobre la salud sexual y la sexualidad de adolescentes sordos y oyentes*. (Tesis doctoral). Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10154>
- Correa, D. S. & Osorio, F. S. (2018). *3D objects recognition using artificial neural networks*. 2018 XLIV Latin American Computer Conference (CLEI) IEEE. [10.1109/CLEI.2018.00042](https://doi.org/10.1109/CLEI.2018.00042)
- Ebert, D. A. & Heckerling, P. S. (1995). Communication with deaf patients: knowledge, beliefs, and practices of physicians. *Journal of the American Medical Association - Jama*, 273(3), 227-229.
- ESRI. (2022). *Servicios de generación de ruta documentación de ArcGIS enterprise*. <https://enterprise.arcgis.com/es/server/latest/publish-services/windows/what-is-a-routing-service.htm>
- Falaschetti, L., Manoni, L. & Turchetti, C. (2022). A low-rank CNN architecture for real-time semantic segmentation in visual SLAM applications. *IEEE Open Journal of Circuits and Systems*. [10.1109/OJCAS.2022.3174632](https://doi.org/10.1109/OJCAS.2022.3174632)
- Foote, K. E. & Lynch, M. (2000). *The geographer's craft project*, Department of Geography, The University of Colorado at Boulder. Database Concepts.
- Google AI Blog. (2022). *Using global localization to improve navigation*. <https://ai.googleblog.com/2019/02/using-global-localization-to-improve.html>
- Google Developers. (2022). *Cree experiencias RA a escala global, inmersivas y basadas en la ubicación con la API geoespacial de RACore*. <https://developers.google.com/ar/develop/geospatial#unidad-fundación-ar>
- Hansen, R. & Furness, N. (2022). *Power mobile augmented reality experiences with ArcGIS Runtime!* ArcGIS Blog. <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/developers/developers/power-mobile-augmented-reality-experiences-with-arcgis-runtime/>

- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Interamericana Editores S. A.
https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf
- IBM. (2022a). *¿Qué es la gestión de requisitos?* <https://www.ibm.com/co-es/topics/what-is-requirements-management>
- IBM. (2022b). *IBM Docs*. <https://www.ibm.com/docs/es/elm/6.0.3?topic=requirements-defining-use-cases>
- Lee, M. J. & Hsu, L. T. (2021). *Semantic 3D map change detection and update based on smartphone visual positioning system*. <https://arxiv.org/abs/2103.11311>
- Milgram, P. & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Minguell, M. E., Ferrés, J., Cornellà, P., & Regàs, D. (2012). Realidad aumentada y códigos QR en educación. En: J. Hernández Ortega., M. Pennesi Fruscio., D. Sobrino López., & A. Vázquez Gutiérrez. (Eds.). *Tendencias emergentes en educación con TIC*. (1st ed., 135-156). Asociación Espiral, Educación y Tecnología.
[https://ciberespiral.org/tendencias/Tendencias emergentes en educacin con TIC.pdf](https://ciberespiral.org/tendencias/Tendencias_emergentes_en_educacin_con_TIC.pdf)
- MinTIC. (2022). *Centro de relevo - ¿Quiénes somos?* <https://centroderелеvo.gov.co/632/w3-propertyvalue-15347.html>.
- Montañez, G. (2001). *Espacios y territorios: razón, pasión e imaginarios*.
<https://journals.openedition.org/revestudsoc/27412#quotation>
- Rao, J., Qiao, Y., Ren, F., Wang, J. & Du, Q. (2017). A mobile outdoor augmented reality method combining deep learning object detection and spatial relationships for geovisualization. *Sensors*, 17(9), 1951. <https://doi.org/10.3390/s17091951>
- Steinberg, A. G., Barnett, S., Meador, H. E., Wiggins, E. A. & Zazove, P. (2006). Health care system accessibility. *Journal of General Internal Medicine*, 21(3), 260-266. [10.1111/j.1525-1497.2006.00340.x](https://doi.org/10.1111/j.1525-1497.2006.00340.x)

Subred Sur ESE. (2022). *Subred Integrada de Servicios de Salud ESE*. <https://www.subredsur.gov.co/>

Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa.

Unity. (2022). *About RA Foundation 4.2.3. Unity user manual 2021.3 (LTS)*.
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arfoundation@4.2/manual/index.html>

Zollmann, S., Schall, G., Junghanns S. y Reitmayr, G. (2012). *Comprehensible and interactive visualizations of gis data in augmented reality*. International Symposium on Visual Computing.