

Asistencia integral para personas ciegas en la Facultad de Informática de la UNLP

Federico Cristina¹, Sebastián Dapoto¹, Ramiro Intas, Pablo Thomas¹, Patricia Pesado¹

¹ Instituto de Investigación en Informática LIDI, Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina

{fcristina, sdapoto}@lidi.info.unlp.edu.ar
ramiro.intas@hotmail.com
{pthomas, ppesado}@lidi.info.unlp.edu.ar

Resumen. El presente trabajo se enfoca en el avance de la gobernanza digital a través de tecnología de asistencia para personas ciegas o con baja visión, ofreciendo una solución personalizada para la orientación espacial en entornos desconocidos. Al integrar tecnologías móviles y geoespaciales, se busca mejorar la independencia y calidad de vida no solo de estas personas, sino también de otros grupos con dificultades, como las personas neurodivergentes, promoviendo su inclusión y participación activa en entornos académicos y similares. Este artículo presenta resultados preliminares de un prototipo de aplicación móvil diseñado para asistencia posicional en interiores, específicamente entrenado en el edificio de la Facultad de Informática de la UNLP. Adicionalmente, la solución proporciona información en tiempo real sobre la actividad en las aulas cercanas, incluyendo detalles sobre la materia en curso, el docente a cargo y el horario de clases, lo que mejora significativamente la experiencia del usuario en contextos académicos.

Palabras Clave: posicionamiento indoor, personas ciegas, baja visión, gobernanza digital.

1 Introducción

En el mundo actual, la capacidad de moverse libremente y con autonomía es crucial para el desarrollo personal y profesional. Sin embargo, para ciertos grupos de personas, movilizarse en entornos no familiares presenta un reto significativo. Entre estos grupos, las personas ciegas o con baja visión enfrentan barreras sustanciales. La visión residual, si existe, no suele ser suficiente para discernir objetos lejanos o leer

señales, y factores como la iluminación pueden agravar las dificultades, afectando su equilibrio y coordinación.

Otro grupo que puede enfrentar desafíos similares es el de las personas neurodivergentes [1], cuyas formas alternativas de procesar la información pueden no alinearse con las normas convencionales. Por ejemplo, las personas con autismo, TDAH, dislexia o síndrome de Tourette pueden experimentar ansiedad al interactuar con desconocidos para obtener información, lo que incrementa el estrés en situaciones de orientación espacial.

Estos desafíos son particularmente evidentes en entornos complejos como las instituciones educativas. Las facultades y campus universitarios, con sus múltiples edificios y áreas comunes, pueden ser laberintos desalentadores para quienes no están familiarizados con su disposición física. Esta falta de accesibilidad no solo limita la independencia de las personas afectadas, sino que también puede generar una exclusión no intencional.

Abordar estas barreras requiere más que soluciones tecnológicas; implica adoptar un enfoque integral de gobernanza digital que promueva la inclusión y accesibilidad para todos [2] [3]. Esto significa desarrollar políticas y prácticas que integren tecnologías accesibles y fomentar la colaboración entre desarrolladores de aplicaciones, instituciones educativas y autoridades gubernamentales.

La tecnología actual ofrece nuevas oportunidades para mejorar la movilidad y la calidad de vida de las personas ciegas o con baja visión. Aplicaciones móviles avanzadas, combinadas con geolocalización y síntesis de voz, permiten crear soluciones innovadoras para la navegación en entornos desconocidos. En este contexto, este trabajo se enfoca en el desarrollo y mejoras de un sistema de asistencia indoor denominado UPA, basado en la triangulación de señales Wi-Fi [4] [5].

Este año, se ha entrenado el sistema para realizar pruebas de efectividad en la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), y adicionalmente se logró la integración con el Sistema de Información de Aulas [6] perteneciente al Sistema de Gestión Docente [7] que proporciona información en tiempo real sobre la actividad en las aulas cercanas. Por ejemplo, al encontrarse próximo a un aula en particular, el sistema puede anunciar el número de aula, la materia actualmente en curso, el docente a cargo y el horario de dicha clase.

En el presente artículo se discuten las tecnologías utilizadas, los avances en el desarrollo del prototipo, y los resultados de las pruebas preliminares en la Facultad de Informática de la UNLP. El resto del trabajo se organiza de la siguiente manera: la sección 2 aborda los desafíos enfrentados por las personas con problemas de visión y la relevancia de contar con una solución de asistencia posicional. En la sección 3, se describe la metodología empleada para el desarrollo de la aplicación, junto con las ampliaciones y mejoras funcionales que se han incorporado recientemente. La sección 4 expone los escenarios de pruebas, los resultados obtenidos y el análisis de la precisión de la asistencia posicional proporcionada por la aplicación. Finalmente, en la sección 5, se resumen las principales contribuciones del estudio, se discuten las limitaciones encontradas y se sugieren posibles direcciones para investigaciones futuras.

2 Motivación

La movilidad y la independencia son aspectos esenciales para una vida plena, especialmente para personas ciegas o con baja visión. Navegar por espacios cerrados como edificios públicos, centros comerciales o instituciones educativas presenta retos significativos para estas personas. La ausencia de referencias visuales y las dificultades para orientarse en interiores pueden llevar a situaciones de frustración y limitar su plena participación en la sociedad. En este contexto, las tecnologías modernas ofrecen soluciones prometedoras para facilitar la navegación y localización en entornos cerrados.

La triangulación de señales Wi-Fi ha surgido como una tecnología viable para la asistencia posicional en interiores. Esta técnica se basa en medir la intensidad de las señales Wi-Fi provenientes de múltiples puntos de acceso dispersos en el entorno. Analizando las diferencias en la intensidad de estas señales captadas por un dispositivo móvil, es posible estimar la posición relativa del usuario en el espacio. Una de las principales ventajas del Wi-Fi es su presencia generalizada en espacios interiores, lo que garantiza una amplia cobertura y una precisión aceptable para la asistencia posicional.

No obstante, la precisión de la triangulación Wi-Fi puede estar influenciada por diversos factores, como interferencias de otras señales, obstáculos físicos, variabilidad en la intensidad de las señales y la configuración de los puntos de acceso. Con un mapeo adecuado del entorno y algoritmos avanzados, es posible ofrecer una asistencia posicional en interiores efectiva para personas ciegas o con baja visión.

Además, la tecnología de síntesis de voz juega un papel crucial en la comunicación con personas ciegas o con baja visión. Utilizando algoritmos de síntesis de voz, la información de ubicación obtenida mediante la triangulación Wi-Fi se convierte en indicaciones auditivas claras y comprensibles. Estas indicaciones se transmiten en tiempo real al usuario a través de auriculares o altavoces integrados en el dispositivo móvil, proporcionándoles orientación precisa sobre su ubicación actual y las direcciones a seguir. Esto no solo facilita el desplazamiento, sino que también permite una interacción más natural y fluida, mejorando la experiencia del usuario y fomentando su independencia.

Este trabajo se centra en los avances en el desarrollo de la aplicación móvil UPA, tanto en pruebas de entrenamiento como ampliaciones funcionales, tales como la posibilidad de obtener información adicional sobre las aulas. Mediante esta funcionalidad, el usuario puede conocer en detalle y en tiempo real la actividad llevada a cabo en el aula próxima a su posición: la materia en curso, los docentes a cargo y sus horarios específicos. Esta información adicional será útil no solo para personas ciegas o con baja visión, sino también para otros grupos como el de las personas neurodivergentes, que pueden enfrentar desafíos similares en entornos desconocidos.

3 Metodología y mejoras al prototipo móvil

Los conceptos generales para el entrenamiento y posterior estimación mediante Wi-Fi ya fueron estudiados en [4] en donde se desarrolló una primera solución de asistencia para dispositivos Android [8], y se detalló la metodología de fingerprinting [9] la cual involucra básicamente dos etapas:

1. Entrenamiento: obtener un conjunto de valores de referencia de intensidades de señal Wi-Fi a lo largo de la zona de interés.
2. Estimación: determinar la posición del dispositivo móvil basándose en los datos obtenidos en el entrenamiento previo.

En la figura 1 se presenta la interfaz de usuario de la aplicación desarrollada, destacando sus dos modos de uso. A la izquierda se puede observar el modo administrador de la aplicación, en donde es posible realizar el entrenamiento preliminar necesario para contar con la base de conocimiento referencial de los niveles de intensidad de todos los puntos de acceso Wi-Fi. La parte derecha de la figura 1 muestra el modo asistencia, que es el que utilizan los usuarios de la aplicación y permite consultar su posición actual.

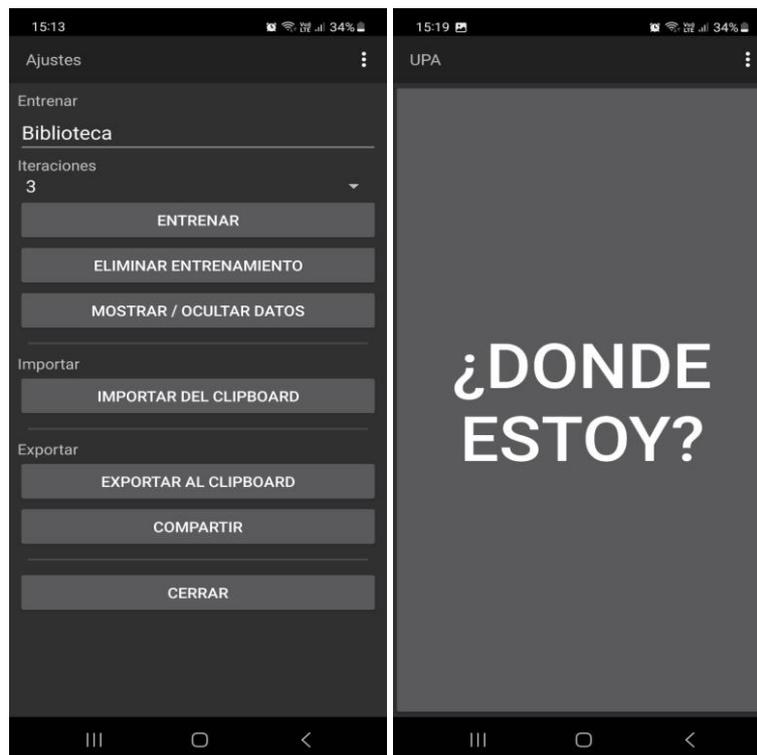


Fig. 1. A la izquierda, el modo administrador. A la derecha, el modo de asistencia.

Por otro lado, ante una estimación posicional satisfactoria, a estas dos etapas se adiciona una nueva etapa de recuperación de información contra el sistema de información de aulas. Para esto, la aplicación consulta a la REST API [10] de dicho sistema el estado actual de las aulas. Como resultado se obtiene un JSON [11] conteniendo el estado correspondiente del conjunto de aulas. Por último, la aplicación procesa dicho JSON a fin de encontrar una coincidencia y poder así presentar la información asociada. La figura 2 muestra un ejemplo del contenido que se incluye en una respuesta ante una petición al sistema de aulas.

```
{
  "docente": {
    "nombre": "María Beatriz",
    "apellido": "Pintarelli"
  },
  "aula": {
    "id": "FORTRAN",
    "nombre": "AULA 5"
  },
  "materia": {
    "nombre": "Matemática 3"
  },
  "horaDesde": {
    "h": "09",
    "m": "30"
  },
  "horaHasta": {
    "h": "12",
    "m": "30"
  }
},
{
  "docente": {
    "nombre": "Andrea ",
    "apellido": "Rey Grange"
  },
  "aula": {
    "id": "Aula 15",
    "nombre": "Aula 15"
  },
  "materia": {
    "nombre": "Matemática 1"
  },
  "horaDesde": {
    "h": "11",
    "m": "30"
  },
  "horaHasta": {
    "h": "14",
    "m": "30"
  }
},
...
```

Fig. 2. Ejemplo de estructura obtenida desde la API del Sistema Información de Aulas.

Se realizaron además un conjunto de mejoras en lo que respecta a la etapa de entrenamiento. Una de las principales problemáticas en las pruebas de entrenamiento realizadas en la Facultad de Informática fue la variabilidad tanto al momento del registro de una nueva locación, como al determinar la ubicación del usuario.

La intensidad de las redes suele variar incluso estando ubicado en un mismo lugar. Esto puede deberse a distintas razones, como interferencias electromagnéticas generadas por otros dispositivos electrónicos, obstrucciones físicas por el diseño del edificio, condiciones ambientales (como la humedad, temperatura u otras personas u objetos que afecten en el entorno), cambios en configuración de red, entre otros. A causa de esto, como primera instancia se optó por el cálculo de medianas de las señales de las redes obtenidas, tanto en el escenario de entrenamiento de la aplicación, como al asistir al usuario.

El cálculo básico de medianas consiste en lo siguiente:

- Iteración de escaneo de ambiente. Realizar N escaneos en el ambiente para tener a disposición varias muestras. Esto puede configurarse a gusto del administrador de la aplicación, eligiendo la cantidad de iteraciones que desea realizar en el escaneo de redes en el Modo Administrador. Mientras mayor sea la cantidad de iteraciones, mayor será la exactitud del cálculo.
- Separación de tiempo entre escaneos. Al realizar varias pruebas se descubrió que la variabilidad de intensidad en las redes en el ambiente se detecta al esperar unos segundos entre un escaneo y otro. Debido a esto, se buscó reducir este tiempo a lo mínimo posible para evitar demoras innecesarias, pero también buscando obtener las mencionadas variabilidades en los escaneos para contar con diferentes muestras a procesar.
- Obtención de la mediana de las redes. Al tener varios escaneos de las mismas redes con intensidades distintas, se las ordena y se obtiene el valor intermedio, el cual queda guardado como el valor definitivo para esa red.

4 Experimentación y resultados obtenidos

En las pruebas realizadas se descubrió que la Facultad de Informática cuenta con una gran cantidad de redes en el ambiente, generando ruido y ciertas inconsistencias en las mediciones. Por lo cual se decidió limitar la cantidad de redes a obtener, en este caso en particular a 15, tanto en entrenamiento como al momento de estimar la posición del usuario.

Otro cambio de configuración fue la determinación de niveles de intensidad de las redes. Inicialmente se utilizó una escala de 5 niveles, tomando en cuenta las redes con un nivel mayor o igual a 3. Para aumentar la exactitud de la aplicación, se decidió aumentar la escala de niveles a 10, considerando en el escaneo solo las redes con un nivel igual o superior a 7.

Por último, al realizar las pruebas, se descubrió que al efectuar varios escaneos seguidos (determinado por la cantidad de iteraciones que quiera realizar el usuario), éstos deben separarse al menos por un umbral de tiempo de 6,6 segundos. En el caso de no respetar este umbral de tiempo, los escaneos consecutivos resultan iguales y afectan el propósito principal de las iteraciones: tener varios escaneos con las variaciones que presentan las redes Wi-Fi.

Una vez realizado el proceso de entrenamiento teniendo en cuenta el umbral de tiempo para obtener datos de forma más certera, se procedió a definir una serie de

puntos de interés. Estos puntos están estrechamente relacionados con las principales ubicaciones del edificio como son las aulas, biblioteca, baños, centro de estudiantes, oficina de alumnos, ascensor, fotocopiadora, entre otros. Las figuras 3 y 4 muestran en detalle dichos puntos de interés.

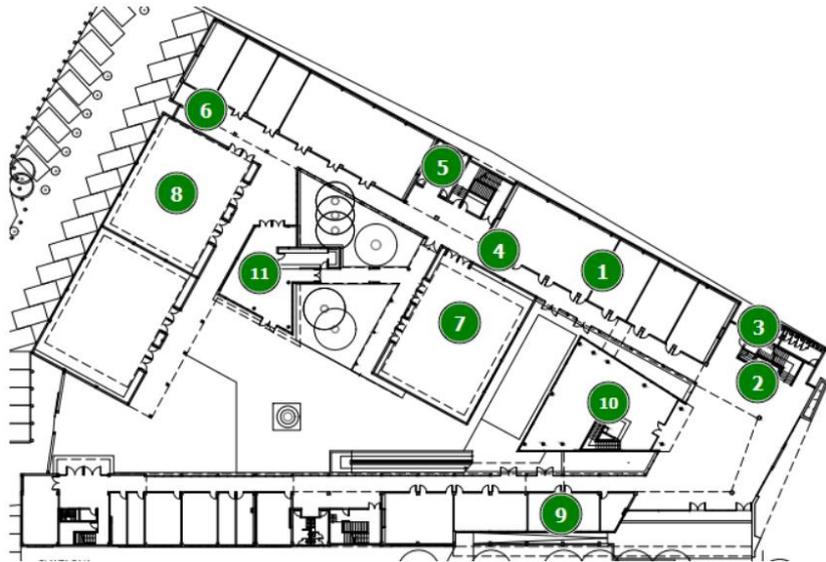


Fig. 3. Facultad de Informática (UNLP). Puntos de interés en la planta baja.

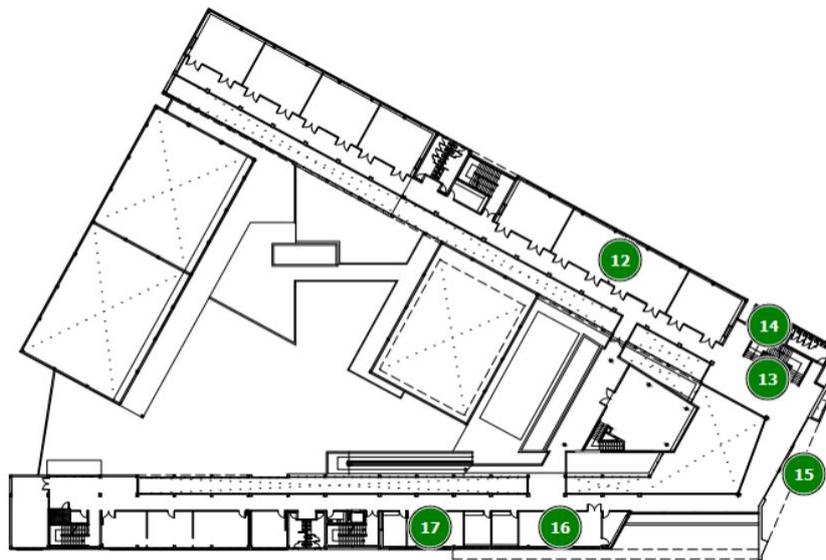


Fig. 4. Facultad de Informática (UNLP). Puntos de interés en el primer piso.

Luego del entrenamiento, se llevó a cabo una serie de pruebas de estimación de la ubicación, utilizando tanto una única iteración de lecturas de intensidad de señales

Wi-Fi como dos iteraciones, con la finalidad de lograr una mayor precisión. Las tablas 1 y 2 muestran los resultados obtenidos en cada caso, en donde se confirma la mejora en la estimación al realizar dos lecturas de intensidad.

Tabla 1. Precisión en la estimación posicional con una iteración.

	Locaciones	Iteraciones	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
1	PB/Aulas(1-4)	1	OK	OK	OK
2	PB/Ascensor	1	OK	OK	OK
3	PB/Baños	1	OK	OK	PB/Ascensor
4	PB/Fotocopiadora	1	OK	OK	OK
5	PB/Baños sin genero	1	X	X	X
6	PB/Cefi	1	OK	OK	OK
7	PB/Aula 5	1	PB/Fotocopiadora	OK	OK
8	PB/Aula 10B	1	OK	OK	OK
9	PB/Alumnos	1	OK	OK	OK
10	PB/Biblioteca	1	OK	PB/Ascensor	OK
11	PB/Bufete	1	OK	OK	OK
12	P1/Aulas(1-4)	1	OK	OK	OK
13	P1/Ascensor	1	P1/Aulas(1-4)	OK	OK
14	P1/Baños	1	OK	P1/Ascensor	P1/Ascensor
15	P1/Anfiteatro	1	P1/Decanato	OK	OK
16	P1/Decanato	1	OK	P1/Vicedecanato	OK
17	P1/Vicedecanato	1	OK	OK	OK

Tabla 2. Precisión en la estimación posicional con dos iteraciones.

	Locaciones	Iteraciones	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
1	PB/Aulas(1-4)	2	OK	OK	OK
2	PB/Ascensor	2	OK	OK	P1/Ascensor
3	PB/Baños	2	OK	OK	PB/Baños
4	PB/Fotocopiadora	2	OK	OK	OK
5	PB/Baños sin genero	2	X	X	X
6	PB/Cefi	2	OK	OK	OK
7	PB/Aula 5	2	OK	OK	OK
8	PB/Aula 10B	2	OK	OK	OK
9	PB/Alumnos	2	OK	OK	OK
10	PB/Biblioteca	2	OK	OK	OK
11	PB/Bufete	2	OK	OK	OK
12	P1/Aulas(1-4)	2	OK	PB/Aulas(1-4)	OK
13	P1/Ascensor	2	OK	OK	OK
14	P1/Baños	2	OK	P1/Ascensor	OK
15	P1/Anfiteatro	2	OK	OK	OK
16	P1/Decanato	2	OK	OK	OK
17	P1/Vicedecanato	2	OK	OK	OK

A partir de el proceso de pruebas expuesto previamente, se puede obtener la siguiente serie de conclusiones:

- Se ha verificado que, al aumentar el número de iteraciones, se disminuye drásticamente el margen de error.
- A mayor número de iteraciones para estimar la posición, mayor será el tiempo de respuesta al usuario.
- Dado que al aumentar la cantidad de iteraciones se incrementa el tiempo de respuesta de la aplicación, es fundamental buscar la óptima relación costo-beneficio entre la precisión deseada y la eficiencia en el tiempo de respuesta. Durante el desarrollo de las pruebas se determinó que el nivel óptimo de iteraciones es el de 5 para el entrenamiento y 2 para la ubicación del usuario.
- La estimación resulta más eficaz al definir zonas extensas o no muy cercanas, ya que en este caso puede haber un margen de error con locaciones contiguas.
- El sistema muestra una leve mejoría al utilizarse en Planta Baja y no entre pisos. Esto puede deberse al origen de las señales Wi-Fi o la particularidad de la arquitectura de la Facultad de Informática. También muestra menos dificultad en zonas cerradas de menor tamaño, donde no se comparten locaciones.
- Lógicamente, aquellas zonas a las que no llega un número mínimo de señales Wi-Fi no son identificables.

5 Conclusiones y trabajos futuros

En el año 2023 se abordó la problemática de las personas ciegas o con baja visión al ubicarse en entornos no familiares, y se desarrolló un prototipo móvil que, mediante el uso de tecnologías de asistencia posicional, brinda apoyo para el desplazamiento de las personas. Dicho prototipo fue validado mediante una serie de pruebas preliminares en ambientes controlados.

En el presente trabajo se detalla la evolución de este proyecto al aplicar el prototipo en el entorno de la Facultad de Informática de la UNLP.

Durante la etapa de entrenamiento del prototipo en la facultad se observó que la intensidad de las redes suele variar incluso estando ubicado en un mismo lugar. Debido a esto se modificó la lógica de determinación de la posición tanto en el modo de entrenamiento de la aplicación, como en el modo de asistencia al usuario. La nueva lógica incluye una cantidad diferente de escaneos para cada modo y el cálculo de la mediana de las intensidades obtenidas en los escaneos.

Por otro lado, se añadió una nueva etapa de recuperación de información de aulas. Esto permite proporcionar al usuario información en tiempo real sobre la actividad en las aulas cercanas, incluyendo detalles sobre la materia en curso, el docente a cargo y el horario de clases.

El presente proyecto posee un gran potencial de crecimiento y mejoras en funcionalidad. Entre las posibles áreas de ampliación se incluyen: el registro de datos en servidores, la personalización de entrenamientos en función del edificio visitado, y la incorporación de métodos adicionales para la determinación de la ubicación, como beacons Bluetooth o técnicas de visión por computadora, además del sistema basado en Wi-Fi actualmente implementado.

Referencias

1. Amador Fierros, Genoveva et al. Neurodiversity in Higher Education: the students experience. *Rev. educ. sup* [online]. 2021, vol. 50, n. 200, pp. 129-151. Epub 22-Mar-2022. ISSN 0185-2760. <https://doi.org/10.36857/resu.2021.200.1893>.
2. Revista Bit & Byte. Año 3, N° 6. "La gobernanza digital, un concepto más amplio que el e-gobierno". *Revista Institucional de la Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata*. ISSN: 2468-9564. 2017.
3. R. Gacitúa, H. Astudillo, B. Hitpass, M. Osorio-Sanabria and C. Taramasco, "Recent Models for Collaborative E-Government Processes: A Survey," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 19602-19618, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3050151.
4. Federico Cristina, Sebastián Dapoto, Ramiro Intas. Asistencia posicional para personas ciegas o con baja visión en edificios públicos. *XXIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC) 2023*. ISBN: 978-987-9285-51-0. Páginas: 752-763.
5. UPA - Un sighted Position Assist. <https://github.com/fedecris/unsighted-position-assist>.
6. API consulta de aulas.
<http://gestiondocente.info.unlp.edu.ar/reservas/api/consulta/estadoactual>
7. Sistema de Gestión docente <http://gestiondocente.info.unlp.edu.ar>
8. Developer android reference. <https://developer.android.com/develop?hl=es-419>
9. ScienceDirect. "Performance analysis of indoor fingerprinting localization using Wi-Fi RSSI". <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165168416301566>
10. REST API Documentation. <https://restfulapi.net/>
11. Introducing JSON. <https://www.json.org/json-en.html>