SONORAPP, APLICACIÓN MÓVIL PARA EL REGISTRO Y VISUALIZACIÓN DE NIVELES DE RUIDO EN UNA PLATAFORMA COLABORATIVA

Autores:

OSCAR ESNEIDER ACOSTA AGUDELO

DIEGO MAURICIO RODRÍGUEZ CARRILLO

Trabajo de grado en modalidad de monografía presentado como requisito parcial para optar por el título de especialista en Sistemas de Información Geográfica

Director:

SALOMÓN EINSTEIN RAMÍREZ FERNANDEZ

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Bogotá D.C., Colombia

Septiembre de 2018

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción 1
2. Problema 3
3. Justificación 6
4. Alcance 8
5. Objetivos 10
6. Marco Teórico 11
7. Antecedentes 13
8. Metodología 15
9. Resultados 16
10. Conclusiones 29
11. Recomendaciones de uso 31
12. Bibliografía 32

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Metodología usada para el desarrollo de SONORAPP 16

Figura 2. Diagrama vista de alto nivel 17

Figura 3. Diagrama de casos de uso 18

Fuente: Elaboración propia 18

Figura 4. Diagrama de clases SONORAPP 19

Figura 5. Diagrama de secuencia SONORAPP 20

Figura 6. Diagrama de componente SONORAPP 21

Figura 7. Diagrama de despliegue SONORAPP 21

Figura 8. Módulo para captura del nivel de ruido 24

Figura 9. Ventana con la ubicación e ingreso de datos de ruido 25

Figura 10. Mensaje confirmando almacenamiento de datos 26

Figura 11. Ejemplo de datos subidos a Fusion Tables 27

Figura 12. Mapa sonoro obtenido con SONORAPP 27

Figura 13. Ventana para grabación de sonido en SONORAPP 28

1. Introducción

Actualmente, los teléfonos móviles inteligentes son dispositivos electrónicos que están presentes en el día a día de la mayoría de las personas, de hecho, según datos del ministerio de comunicaciones MinTIC, en el año 2016 se produjo un aumento del 50% en la adquisición de estos equipos electrónicos, además de ser uno de los mercados de mayor crecimiento a nivel internacional. Su popularidad ha llevado al surgimiento de un número considerable de aplicaciones con el fin de dar solución a problemáticas en diferentes áreas como lo es la captura de datos del entorno sonoro de los usuarios.

El ruido puede ser considerado como un sonido no deseado o aquel que se encuentra fuera de lugar, y desde el punto de vista de la acústica ambiental, en un ambiente urbano existen diferentes fuentes de ruido, entre ellas, los medios de transporte, industrias y actividades culturales (Murphy, 2014). Investigaciones realizadas en los últimos años han abordado el ruido de manera profunda determinando, entre otras conclusiones, cómo estar expuesto a elevados niveles de ruido genera una serie de efectos negativos en las personas como: estrés, cefalea, problemas cardiacos, desconcentración, etcétera. De hecho, la OMS (Organización Mundial de la Salud) presenta, además de efectos en la salud por causa del ruido, valores máximos permisibles en diferentes espacios como escuelas, dormitorios, hospitales, entre otros (Berglund, 1999).

Unos de los factores que ha llevado al incremento del ruido ha sido el aumento de la población en entornos urbanos dado, generalmente, por la migración de personas desde zonas rurales a grandes ciudades buscando mejoras en su calidad de vida. Otros factores importantes han sido el cambio en el uso del suelo de algunas áreas y las modificaciones de la actividad comercial de los espacios. Lo anterior, ha hecho que el paisaje sonoro de algunos ambientes cambie de forma drástica, tanto

así, que zonas antes consideradas apacibles, sean hoy en día ambientes ruidosos e incómodos para la mayoría de los ciudadanos.

Aunque existen diferentes aplicaciones para realizar mediciones de ruido, la mayoría presentan datos instantáneos del nivel de presión sonora y pocos proporcionan análisis temporal del mismo, el cual es más útil a la hora de analizar de forma global el comportamiento del ruido en un espacio determinado. De igual forma, la información capturada por estas aplicaciones, algunas veces, puede publicarse en redes sociales o queda solamente para uso del usuario, perdiendo la oportunidad de ser usada para realizar un análisis espacial y observar patrones del comportamiento del ruido.

En el presente proyecto se desarrolló una aplicación móvil en la cual el usuario puede ingresar el nivel de ruido con su teléfono inteligente, subir esta información a una base de datos en la nube, y visualizar el nivel de ruido en forma de mapa de calor en sus inmediaciones. Esto, con el propósito de poder tener un mapa del comportamiento del paisaje sonoro que le rodea y poder tomar decisiones con base en ello como, por ejemplo, desplazarse por zonas apacibles, ubicar lugares de entretenimiento, observar el comportamiento del ruido en una zona, entre otros.

El documento está dividido en tres grandes secciones. La primera, contiene el planteamiento del problema, justificación, alcances y objetivos. La segunda, el estado del arte compuesto por marco teórico y antecedentes, además de la metodología empleada. Finalmente, se presentan los resultados obtenidos con su respectivo análisis y conclusiones del proyecto realizado.

2. Problema

Las particularidades dinámicas de la ciudad de Bogotá impiden distinguir zonas con condiciones de clariaudiencia deseadas en diferentes circunstancias. Esto hace que encontrar lugares apacibles o diferentes a este deseable dentro de la ciudad, se considere imposible tanto para personas con conocimiento en el tema de ruido, como para ciudadanos que no poseen herramientas que se lo facilite.

En un escenario, en el cual un ciudadano desea utilizar su tiempo libre para actividades al aire libre como un paseo en bicicleta, opta por locaciones rurales o fuera de la capital que ofrecen a la fija esta condición; sin embargo, si este ciudadano no tiene el tiempo de viajar largas distancias y solo tiene un momento dentro de sus labores diarias, debe optar por una terraza o lugares cerrados y aislados y olvidarse de su bicicleta. En otra condición, maestros en escuelas de primaria los cuales pretender utilizar entornos próximos de su escuela para compartir un tema con sus alumnos, en muchas ocasiones se encuentran con ambientes ruidosos o entornos que le impiden establecer una conversación con sus alumnos los cuales finalizan su jornada de estudio con frustración.

Al constituir un negocio donde el ambiente es vital para la prestación de un servicio como el caso de un “spa” o una sala de relajación, se debe pensar dentro del presupuesto en obras civiles y aislamientos acústicos para mitigar el ruido que proviene del exterior del habitáculo. Este sobre costo, en ocasiones, aumenta el precio de los servicios y afecta también otras condiciones como la iluminación, la refrigeración y la misma acústica.

En un escenario en el que alumnos de ingeniería mecánica o de ingeniería de sonido, músicos u otras disciplinas que necesitan realizar contrastes y mediciones de ruido y otras variables

relacionadas con este, optan por sitios preparados alejándolos de la realidad. Una condición adicional es la dificultad que tienen las autoridades para realizar el monitoreo de estas variables sobre la problemática de ruido en una ciudad como Bogotá y el riesgo en problemas extra auditivos en los ciudadanos.

Todo ciudadano en la capital es afectado de forma directa por los niveles excesivos de ruido, fisiológicamente se conocen efectos auditivos como la sordera de percepción o simétrica en ambos oídos, o los efectos no auditivos asociados al estímulo sonoro conllevan a riesgos cerebrales, alteraciones del sistema nervioso y digestivo, aumentos en la tensión muscular y presión arterial, entre otros. Desde el campo psicológico también se presentan afectaciones en aspectos como el sueño, la conducta, la memoria, la atención, y efectos posteriores al embarazo tanto en madres como en los niños. (Vidal Carmen, 2008)

Basados en estos efectos, los cambios en los niveles de ruido y la exposición a los mismos, se requiere de herramientas que le permitan conocer, en su entorno próximo o por las zonas de tránsito, los niveles de ruido y los cambios en el tiempo de los mismos, al igual que la situación en un momento requerido del estado de esta variable de sonido en diferentes puntos de la ciudad.

Para abordar esta necesidad, se propone el desarrollo de una aplicación móvil que les permita a los ciudadanos acceder a los niveles de ruido derivados de los reportes que los mismos usuarios de la aplicación generan con sus dispositivos. Esta información, la cual es procesada con herramientas de análisis del sonido, crea el mapa sonoro de Bogotá el cual es un servicio web consumible por cualquier ciudadano especialista y no especialista en el tema al momento de planear sus actividades al aire libre. Esta aplicación visualiza los niveles de ruido basándose en estándares máximos permisibles de ruido ambiental y otros mecanismos de clasificación. La recolección de los datos

es realizada de forma intuitiva por medio de la aplicación, y se realiza de forma colaborativa ya que se implican a los usuarios de la aplicación y a sus dispositivos.

3. Justificación

El término paisaje sonoro fue descrito por primera vez en el año 1977 por Murray Schafer, profesor de la Universidad Simon Fraser en Burnaby (Canadá), en su libro el paisaje sonoro y la afinación del mundo (Schafer, 1977). Desde entonces, este término ha sido aplicado en la literatura para describir las características de un espacio con base en los sonidos propios del lugar. Dentro del contexto de este proyecto, se busca retomar los conceptos dados por Scheffer y complementarlos con los niveles de ruido capturados por los dispositivos móviles, con el objetivo de hacer una clasificación del paisaje sonoro de las zonas donde se capture la información del ruido. Esta clasificación, en un inicio, se plantea con categorías como, por ejemplo: muy tranquilo, tranquilo, agitado, muy agitado.

En investigaciones recientes llevadas a cabo en países de la unión europea se ha establecido que gracias a la implementación de la directiva de ruido (Parlamento Europeo, 2002), en donde se plantea el uso de mapas estratégicos de ruido y planes de mitigación, los niveles de ruido se han reducido de forma significativa en las principales ciudades de esta comunidad de países. Sin embargo, aún persiste la incomodidad en los ciudadanos sobre el ambiente sonoro que les rodea. Lo anterior, lleva a pensar en que es necesario complementar los indicadores de ruido tradicionales (Leq, LDN, LDEN, etc), basados solamente en registros temporales de ruido, con otros que describan de forma más precisa el paisaje sonoro a su alrededor dando, por ejemplo, información de las características de ese ruido.

Por otro lado, en los últimos años, gracias a la popularización de los teléfonos inteligentes ha surgido una gran cantidad de aplicaciones móviles en diferentes plataformas, que van desde juegos simples, hasta complejas aplicaciones de realidad aumentada. En este sentido, y con el objetivo de

aprovechar un dispositivo que la gran mayoría de las personas tiene a su disposición, se planteó el desarrollo de una aplicación móvil que permite registrar el nivel de ruido, presente en un determinado lugar, en un sistema de almacenamiento en la nube para luego, con esta información, visualizar los niveles de ruido de ese punto. La información almacenada por SONORAPP, puede usarse en desarrollos futuros para clasificar el paisaje sonoro de una zona.

Con este trabajo se busca brindar a los usuarios de la aplicación la información del ruido presente en varios lugares de su entorno, con el objetivo de que puedan tomar decisiones con relación a cómo se encuentran los niveles de ruido de un determinado lugar. Estas decisiones pueden ser, por ejemplo, planear recorridos a pie o en bicicleta por zonas tranquilas. En ese sentido, es necesario contar con usuarios que además de ser activos en relación con la información que consumen, también registren la información de ruido y la compartan con la comunidad de usuarios para poder hacer la representación de los niveles de ruido.

4. Alcance

SONORAPP tiene por alcance la visualización del mapa sonoro de la ciudad de Bogotá, diseñada como una aplicación colaborativa, captura datos en los lugares en los que los usuarios aportan su medición abarcando la mayor proporción posible del territorio delimitado. El alcance de este proyecto incluye las fases de investigación y desarrollo del producto, y trasciende a las pruebas de uso y la visualización de mapas cuyo tema es el paisaje sonoro de la ciudad en diferentes momentos del día.

4.1 Alcance temporal

La información de ruido almacenada en SONORAPP inicia en el desarrollo de la aplicación donde se alimenta con una base de datos de mediciones realizadas por el equipo de pruebas durante la construcción del app, la visualización de resultados es tomado del mapa base del servicio Google Maps con el cual se presenta el mapa sonoro.

Los datos del nivel de ruido, capturados por la aplicación, abarcan la totalidad de un día normal incluyendo momento de descanso, sueño, y trabajo o actividad constante. Para esto, los datos son clasificados en 4 momentos del día mañana (6am a 12am), tarde (12pm 6pm), noche (6pm-12am), y madrugada (12am a 6am) y la captura de la información contiene la hora en la cual fue realizado el registro para lograr dicha acción.

4.2 Alcance espacial

SONORAPP permite visualizar información de ruido registrada en cualquier parte de la ciudad de Bogotá donde exista acceso a internet y cobertura GPS.

Si bien se espera que los usuarios capturen datos en el espacio público no limita el uso del app en espacios privados, es decir, no existe una limitante en áreas más que el perímetro de la ciudad; sin embargo, teniendo en cuenta que se asume la disponibilidad de una red de datos y el equipamiento del equipo móvil de captura con micrófonos, se limita en campo a los equipos con las capacidades mínimas establecidas por lo cual equipos que no sean smartphone y sus ubicaciones no entran como parte del crowsoursing del app.

4.3 Alcance técnico

SONORAPP está en la capacidad de visualizar el mapa sonoro de una zona basado en el muestreo colaborativo aportado por usuarios de dispositivos móviles. La aplicación captura los datos de posición y habilita el ingreso del nivel de ruido por parte del usuario. Con esta información, que es almacenada en una base de datos en la nube, visualiza el ruido en forma de un mapa calor en las coordenadas almacenadas, con las opciones de alejar, acercar y desplazar. Es importante resaltar que esta aplicación es desarrollada para plataforma Android.

5. Objetivos

5.1 Objetivo General:

Diseñar e implementar un primer modelo en una aplicación móvil que genera y visualice el paisaje sonoro de la ciudad a partir de la captura de datos en la localización específica de los usuarios de equipo móviles tipo smartphone.

5.2 Objetivos Específicos:

1. Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales para el diseño de la aplicación móvil para la obtención y visualización del mapa sonoro.
2. Definir la arquitectura software basado en componentes que permitan la captura, almacenamiento, procesamiento, y visualización de resultados basados en los requerimientos funcionales y no funcionales identificados en la fase de análisis.
3. Implementar una aplicación que permitan al usuario el ingreso y captura de los datos, y a su vez visualice el mapa sonoro de su ubicación y su entorno próximo según lo requiera.

6. Marco Teórico

El sonido es producido por la oscilación de partículas de un material en un medio elástico. Cuando un elemento oscila, excita a las partículas que se encuentran a su alrededor generando choques entre las mismas la cuales transportan la oscilación en el espacio (medio elástico) que les rodea. Esta oscilación, en el caso del aire, genera pequeños cambios en la presión atmosférica que son percibidas por nuestros oídos como sonido (Barron, 2002). La medición del sonido se realiza, generalmente, a través de un transductor electroacústico de presión conocido como micrófono. Este elemento captura las variaciones de la presión atmosférica generada por el sonido y las transforma en variaciones de voltaje que son llevadas a un dispositivo electrónico para realizar el análisis respectivo (Pueo, 2003). Debido a las grandes diferencias de presión sonora entre sonidos de baja y alta intensidad, se utiliza una escala logarítmica para indicar los valores de ruido. Los valores en esta escala se manejan en términos de niveles de presión sonora y son dados en decibeles, es decir la décima parte de un Bel (Beranek, 2012).

El instrumento que realiza la medición del sonido considerando variaciones de presión sonora se conoce como sonómetro. Este elemento está conformado por varias secciones entre las cuales se destacan: captura, acondicionamiento de señal, procesamiento de señal y visualización. A diferencia del decibelímetro, un sonómetro permite determinar valores promedios como Ld, Lnd y Lden (usados para ruido ambiental) a través de funciones de integración (Beranek, 1986). Por otro lado, el ruido puede definirse desde varios puntos de vista, pero quizá la definición con la que la mayoría de autores coincide es mencionarlo como un sonido indeseado que pueden generar efectos negativos en la salud de los seres vivos.

Cuando el ser humano es expuesto a altos niveles de ruido, se presentan problemas que afectan tanto su salud física como psicológica. Se han realizado estudios que demuestran la pérdida de audición generada por el ruido y sus efectos nocivos tales como cefalea, desconcentración y trastornos del comportamiento. El aumento considerable en el tránsito de transporte público y de carga pesada en zonas residenciales y en cercanías a instituciones educativas, han contribuido considerablemente en el aumento de evidencias de este tipo de trastornos en la salud (Szalma, 2011). Inicialmente, el ruido era tomado en segundo plano en comparación con otros contaminantes medioambientales. Sin embargo, en los últimos años su estudio ha tomado gran relevancia y ha sido tomado con un contaminante importe gracias a dos aspectos, entre los cuales se encuentran, las investigaciones científicas, y las legislaciones impuestas en diferentes países entre las cuales se destaca la directiva europea de ruido publicada en el año 2002 (Parlamento europeo, 2002).

En Colombia, la resolución 0627 de Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Territorial reglamenta y regula los niveles máximos de emisión ruido permitidos en cada sector según su uso, desde que esta norma fue establecida se desarrollan instrumentos para la validación y regulación de esta a través de mapas de ruido. Estos deben realizarse cada cuatro años y en poblaciones de más de cien mil habitantes.

7. Antecedentes

Las bases para la elaboración de estudios de ruido se encuentran en varios documentos, entre ellos, los trabajos desarrollados Manuel Recuero en la década de los 80 y 90 en donde se mostraron resultados iniciales sobre la aplicación de metodología de medición y análisis en España (Recuero, 1996). De igual forma, investigaciones lideradas por Sommerhoff sobre técnicas de muestreo de ruido alimentaron legislaciones aplicadas a nivel internacional sobre ruido ambiental (Sommerhoff, 2004).

De la mano a investigaciones sobre ruido, surgen documentos como el Libro Verde de la Comisión Europea de 1996 sobre la política futura de lucha contra el ruido, en donde se evidencia el aumento del ruido en países europeos y la necesidad de pensar en soluciones para esta problemática. Posteriormente, la Directiva Europea de 2002 establece los cimientos de los mapas estratégicos de ruido para el viejo continente (Parlamento Europeo, 2002). Las legislaciones y normativa internacional dieron paso al surgimiento de software de cálculo aplicado a visualizar los niveles de ruido existentes en un espacio, el cual se basa en modelos de cálculo tales como NMPB ROUTES, Cortn, ISO 9613, entre otros (Azzurro, 2000). Así mismo, existe software comercial que permite realizar monitoreo del ruido ambiental tomando información de redes de monitoreo ambiental fijas y móviles (Bruel, 2017).

Actualmente, existen aplicaciones que usan el micrófono de los teléfonos móviles para capturar el ruido existente un lugar y calcular en nivel de presión sonora presente en el mismo. SoundMeter, desarrollada por Faber Acoustical se destaca como una de las más completas en el mercado. Esta aplicación permite al usuario utilizar la mayoría de funcionalidad que trae un sonómetro profesional tales como Leal, Lmax, ponderaciones frecuenciales y temporales, además de realizar

cálculos de integración como Leq. Por otro lado, a través de un pago adicional, la aplicación dispone de función de dosimetría para cálculos de ruido en ambiente laboral y análisis RTA para estudio de espectro. El valor de la aplicación básica cuesta 58.000 COP y está disponible sólo para iOS (FaberAcoustical, 2017).

Otra aplicación que se destaca es Decibel 10 PRO desarrollada por SkyPaw Co. Ltd. A diferencia de la anterior, no brinda cálculos avanzados y se centra en una interfaz sencilla y amigable con el usuario. Los valores que permite calcular son niveles promedio y máximo. De igual forma, puede realizar una captura de las variaciones temporales de ruido y compartir esta información a través de diferentes medios como correo electrónico y redes sociales. Está disponibles para iOS con valor de 11.900 COP (SkyPaw, 2017).

Finalmente, se encuentran aplicaciones gratuitas tanto para iOS como Android que solo muestran el nivel de presión sonora instantáneo a nivel informativo para el usuario. Dentro de este grupo se encuentran desarrollos como Sonómetro (ABC Apss), Sound Level Meter (BOLDEN), Sound Analyzer App (Dominique Rodriguez), entre otras.

En la búsqueda realizada, no se encontró hasta el momento alguna aplicación que permitiera compartir información sobre el nivel de ruido medido con un dispositivo móvil y visualizarlo en un mapa.

8. Metodología

La metodología seleccionada para el desarrollo de la aplicación móvil que facilita la construcción de paisajes sonoros para la ciudad se denomina "Desarrollo Rápido de Aplicaciones (DAP)". Esta metodología se basa en la construcción de fases coherentes con las funcionalidades esperadas en la aplicación para lo cual se integran equipos de trabajo.

Para este desarrollo en específico, se establecieron tres equipos de trabajo, los cuales tienen a cargo etapas específicas del desarrollo; estos equipos coinciden con las fases descritas a continuación.

Fase 1: Definición de datos, diseño y procesamiento. En esta fase se definió el conjunto de variables y su interrelación tanto en la captura como en el procesamiento de datos. Se construyó una base de datos basada en servicios en la nube para el almacenamiento de datos, y la orientación de la herramienta para el procesamiento de la información con tecnologías libres y compatibles con sistemas operativos de equipos móviles.

Los productos finales de esta fase son: requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación móvil, el modelo de datos, la formulación para el procesamiento de datos, y la definición de las características a visualizar del paisaje sonoro de la ciudad.

Fase 2: Desarrollo. Paralelo a la fase anterior, se realizó el desarrollo de la aplicación en capa de presentación. Esta primera tarea se basó en sketch de la aplicación para dispositivos móviles y se construye con lenguajes de código abiertos acordes al alcance de los sistemas operativos actuales. Seguido, se construyó la interacción de captura de datos basados en las especificidades producto de la Fase 1 de este plan. De esta misma forma, se desarrolló el software necesario para el

procesamiento de datos y posterior visualización del paisaje sonoro en los dispositivos móviles. El producto de esta fase fue la aplicación móvil que visualiza el paisaje sonoro de la ciudad.

Fase 3: Evaluación. Con el resultado de cada una de las actividades culminadas de las fases anteriores, el equipo de pruebas constató el cumplimiento de los objetivos, finalizando en una prueba de campo donde se verificó cada funcionalidad establecida incluyendo la captura de datos de forma simultánea, y la construcción de paisaje sonoro y su visualización en los dispositivos móviles incluidos en esta fase. El resultado retroalimenta al equipo de desarrollo y posterior a las correcciones se realiza la entrega.

La inclusión de la metodología DAP en el desarrollo de esta aplicación móvil permitió la gestión y el cumplimiento de los objetivos en el plazo fijado, se incluye la reutilización de componentes y el desarrollo de otros componentes reutilizables. A corto plazo, la aplicación ofrece las características establecidas por los requerimientos funcionales.

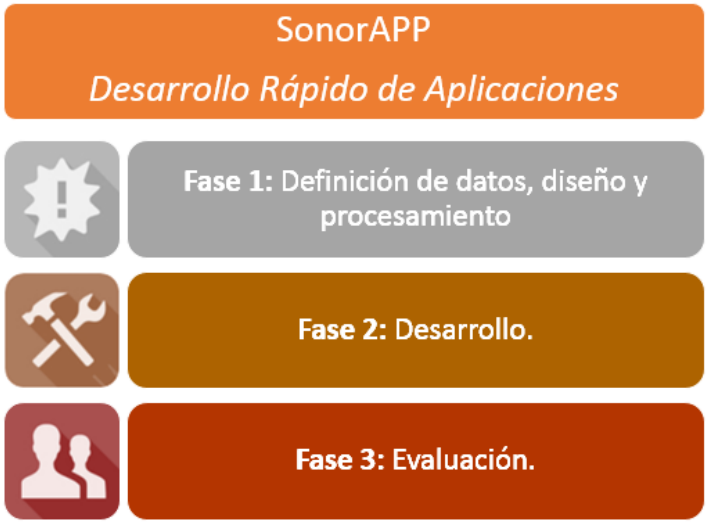


Figura 1. Metodología usada para el desarrollo de SONORAPP

Fuente: Elaboración propia

9. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de la aplicación SONORAPP por cada fase descrita en la metodología del presente documento.

9.1 Primera fase. Definición de datos, diseño y procesamiento.

En esta fase se establecieron funcionalidades, actores, interacciones, estructura y despliegue de la aplicación móvil. El siguiente contenido refleja las generalidades de las definiciones alcanzadas y las características principales de cada uno de ellos.

Con el fin de mostrar de forma general la forma de operación de la aplicación en la Figura 2, se presenta la vista de alto nivel de la misma. Este esquema inicia con la existencia de un sonido a ser capturado a través de un dispositivo móvil, y finaliza con la visualización del paisaje sonoro en el mismo dispositivo.



Figura 2. Diagrama vista de alto nivel

Fuente: Elaboración propia

El diagrama muestra las funcionalidades determinadas para abordar el problema. En primera instancia, se encuentra el ingreso del valor SPL (nivel de ruido) en la aplicación Android, el cual junto con la ubicación del usuario es almacenado en una tabla dinámica de la plataforma de Google (Fusion Tables). Una vez almacenada la información, se realiza la consulta y se visualiza la capa en forma de mapa de calor con la herramienta Google Maps.

9.1.1 Diagrama de casos de uso

Durante esta primera fase del desarrollo fueron identificados dos casos de uso, visualizar y consultar como se observa en la Figura 3. De esta forma, el usuario es quien interactúa con la aplicación móvil y activa los eventos para poder generar el paisaje sonoro en su dispositivo móvil. Luego, el usuario ingresa a la aplicación móvil para desplegar de forma automática el ingreso de datos que alimentan el nivel de ruido en la posición del usuario. Finalmente, con referencia a la visualización el mapa de ruido se realiza la consulta del valor de ruido.

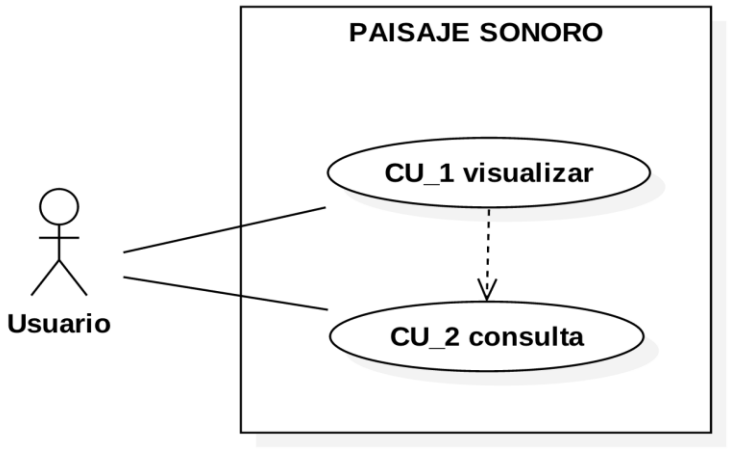


Figura 3. Diagrama de casos de uso

Fuente: Elaboración propia

9.1.2 Diagrama de clases y secuencias

En este diagrama (Figura 4) se muestra la estructura del sistema con sus clases, atributos y métodos establecidos para el sistema. La clase acceso describe la parte del sistema que captura los datos necesarios para la medición, la clase visualización integra los atributos que van a ser mostrados en el dispositivo móvil y la clase consulta le permite establecer la ubicación donde se realizó la captura de información por parte del usuario de la aplicación. Adicionalmente, en la Figura 5 se presenta el diagrama de secuencias el cual describe las acciones llevadas a cabo después de iniciada la aplicación móvil.

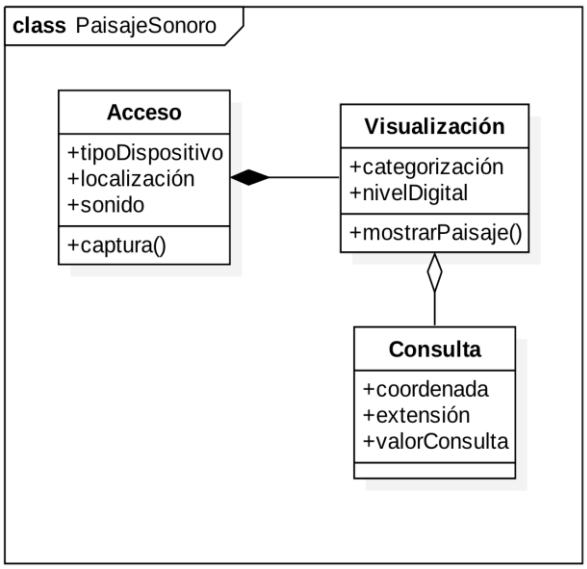


Figura 4. Diagrama de clases SONORAPP

Fuente: Elaboración propia

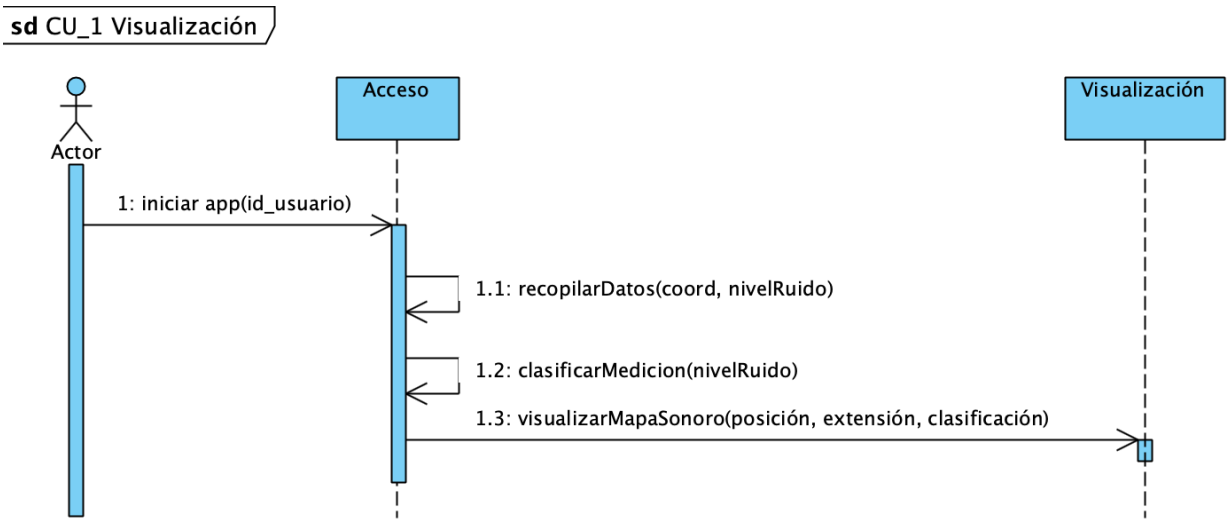


Figura 5. Diagrama de secuencia SONORAPP

Fuente: Elaboración propia

9.1.3 Diagrama de componente

En este diagrama (Fig. 6) se exponen los componentes desarrollados y reutilizados con las interconexiones necesarias. El diseño, plantea la reutilización del componente geográfico y de visualización de capas basados en la API de Google donde se encuentra lo necesario para realizar la georreferenciación y la visualización del mapa sonoro. Otro componente reutilizado es Google Fusión Table para el almacenamiento de los datos como: fecha, georreferenciación y valor SPL. Finalmente, en el análisis y clasificación de las muestras de ruido capturadas por el usuario, se desarolló una aplicación móvil con el componente especializado el cual se dispone para dispositivos Android como alcance inicial.

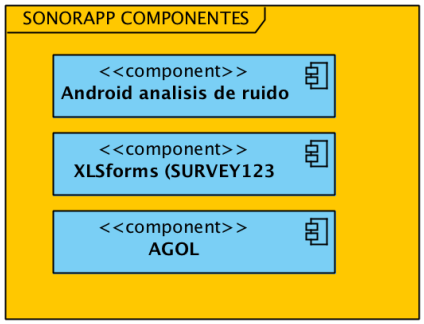


Figura 6. Diagrama de componente SONORAPP

Fuente: Elaboración propia

9.1.4 Diagrama de despliegue

Este diagrama, mostrado en la Figura 7, representa la instalación física de la aplicación móvil según los componentes establecidos a lo largo del diseño.

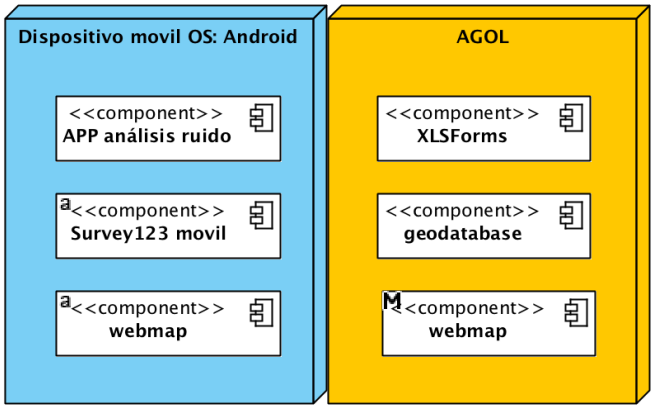


Figura 7. Diagrama de despliegue SONORAPP

Fuente: Elaboración propia

SONORAPP reutiliza componentes como el API de Google Maps para la visualización del paisaje sonoro; esta capa es embebida en una interfase creada con tecnologías compatibles para sistemas

operativos Android seleccionada. Adicional a esto, una base de datos creada con herramientas en la nube recopila los datos remitidos por el usuario y a su vez una segunda capa de la aplicación genera el mapa sonoro basado en los datos almacenados.

De esta forma, apoyados en las necesidades de despliegue de la aplicación móvil se requiere un mínimo de concurrencia las cuales se distribuyen durante el día de la siguiente forma:

Tabla 1. Mínimo número de concurrencias SONORAPP

Momento	Horario	Tamaño (usuarios	Tipo de concurrencia
Madrugada	12:00 am – 6_am	500 - 600	Bajo
Mañana	6 am – 12 pm	1.000 – 1.500	Alto
Tarde	12:00pm – 6 pm	1.000 – 1.500	Alto
Noche	6:00 pm – 12: am	600 – 1.000	Medio

Fuente: Elaboración propia

Con la Tabla 1, se puede determinar que el nivel de tráfico de la aplicación es alto por tanto requiere de un tipo de motor de base de datos robusto que sea capaz de atender el envío de todos los paquetes de datos sin pérdidas lo cual constituye uno de los puntos de riesgo que se deben atender.

En cuanto a la plataforma de soporte no es necesario un sistema operativo en específico, sin embargo, se focaliza el uso de plataformas para servidores donde sea desplegado también la plataforma de desarrollo con la cual se construyen también las bases de datos y los demás componentes de la aplicación móvil.

Retomando el método de software colaborativo, una limitante es la disponibilidad de dispositivos móviles con las capacidades para captura de audio y datos GPS habilitados. Si bien esto no es

obligatorio para el despliegue de la aplicación móvil, si lo es para la captura de datos la cual es la base para el cálculo y presentación del mapa sonoro. De igual forma, la capacidad de almacenamiento y su conexión a redes del dispositivo móvil es un cuello de botella en el flujo normal de la aplicación.

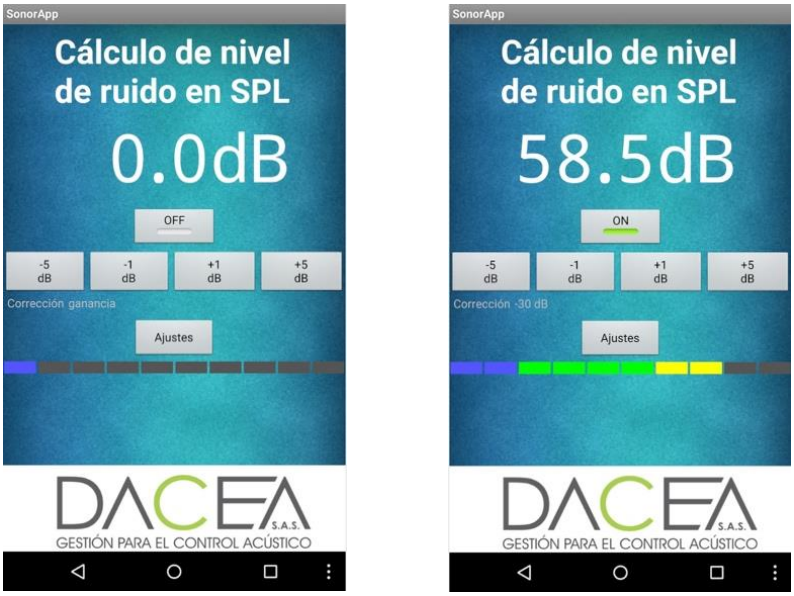
Las actualizaciones de los componentes reutilizados son parte de la constante administración de la aplicación, por tanto, es necesario que el ambiente de desarrollo, sus aplicaciones y la plataforma de despliegue sean de fácil mantenimiento y actualización.

9.2 Fase 2. Desarrollo

En esta fase de definió la estructura detallada de la aplicación y se realizó el desarrollo pertinente según la funcionalidad requerida para visualizar el mapa sonoro. La captura de datos se desarrolló en dos lenguajes uno de programación para el sistema operativo Android de dispositivos móviles y una segunda en lenguaje xml el cual es interpretado para generar un formulario XForm y así desplegarse en dispositivos móviles con el intérprete seleccionado.

9.2.1. Desarrollo para la captura y análisis del ruido

Con un desarrollo para la plataforma Android utilizando el framework Android studio, se elaboró el componente que captura el sonido del entorno próximo al punto de la muestra y realiza los cálculos necesarios para hallar el valor del nivel de ruido (SPL). Este, aplica las correcciones necesarias y permite la calibración de las mediciones de forma dinámica como se puede apreciar en la Figura 8.



a) Pantalla inicial cálculo nivel de ruido

b) Ejemplo nivel de ruido calculado

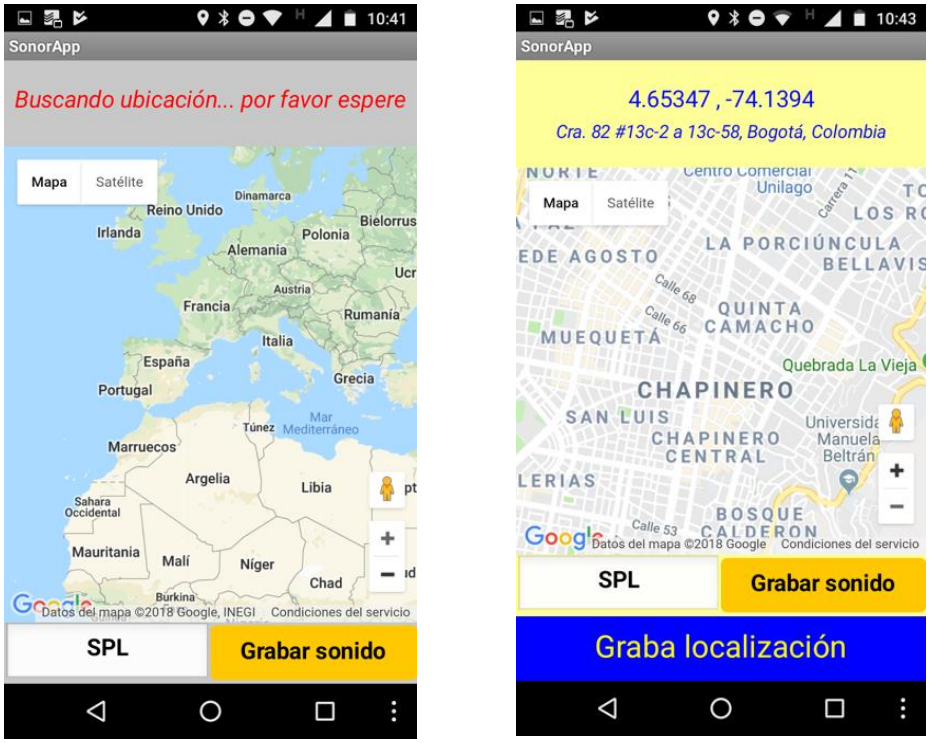
Figura 8. Módulo para captura del nivel de ruido

Fuente: Elaboración propia

9.2.2. Interconexión de componentes reutilizados

El segundo componente, en el cual se capturan los datos de posición basados en el GPS del dispositivo móvil, son integrados por medio de las API's de Google para la visualización de entidades espaciales (Google maps) y el almacenamiento de datos en bases de datos en la nube (Google Fusion Table).

Al iniciar la aplicación, el usuario visualiza un mapa base. Luego, una vez que la aplicación determina la ubicación del usuario y detecta que hubo un cambio de localización, aparecen las ventanas con la dirección del lugar, ubicación y botón de grabar datos en el servidor de Google.



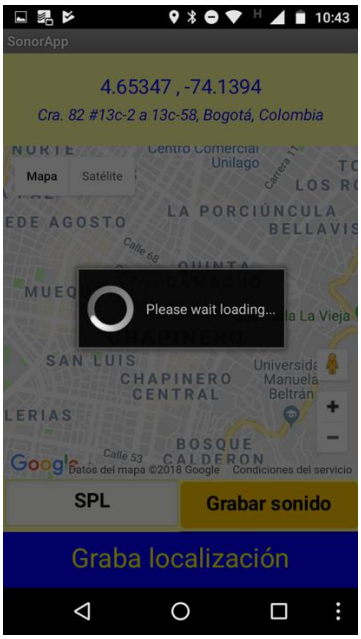
a) Vista inicial indicando la consecución de coordenadas.

b) Visualización de coordenadas y botones de captura habilitados.

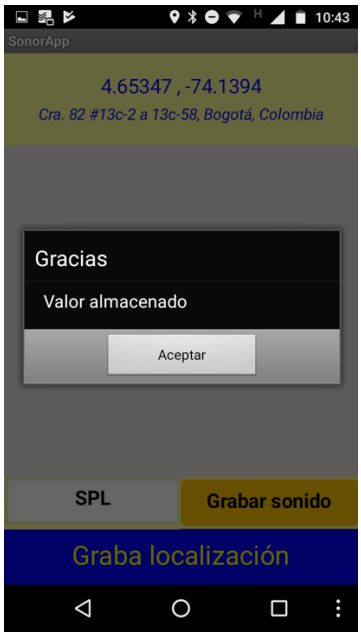
Figura 9. Ventana con la ubicación e ingreso de datos de ruido

Fuente: Elaboración propia

Cuando se selecciona la opción de guardar información, un cuadro de diálogo le indica al usuario que se está subiendo información al servidor remoto y, luego, que el proceso fue realizado de forma satisfactoria.



a) Procesamiento del dato capturado representado en el almacenamiento.



b) Aviso de finalización del almacenamiento de datos incluye coordenadas y nivel de ruido capturado.

Figura 10. Mensaje confirmando almacenamiento de datos

Fuente: Elaboración propia

La información que es subida a Google Fusion Tables es:

- Fecha
- Ubicación en términos de Latitud y longitud
- Valor de ruido en términos de SPL (Nivel de Presión Sonora)

En el siguiente en enlace se puede observar la tabla dinámica para el almacenamiento remoto de datos capturados por la aplicación (https://goo.gl/xUQJCp). Por otro lado, en la Figura 11 se presentan los datos subidos a Fusion Tables.

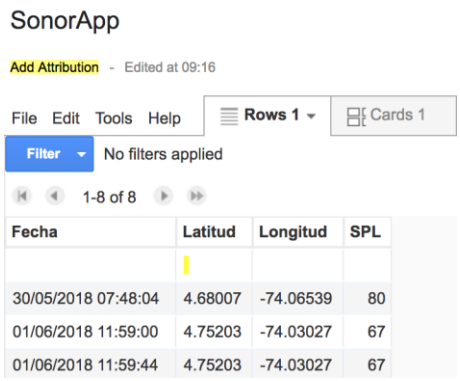


Figura 11. Ejemplo de datos subidos a Fusion Tables

Fuente: Elaboración propia

Los datos que son almacenados en la tabla dinámica son mostrados en la pantalla principal de la aplicación (Fig. 12), indicado mediante un mapa de calor ponderado con la columna SPL, la ubicación y los niveles de ruido registrados por el usuario.

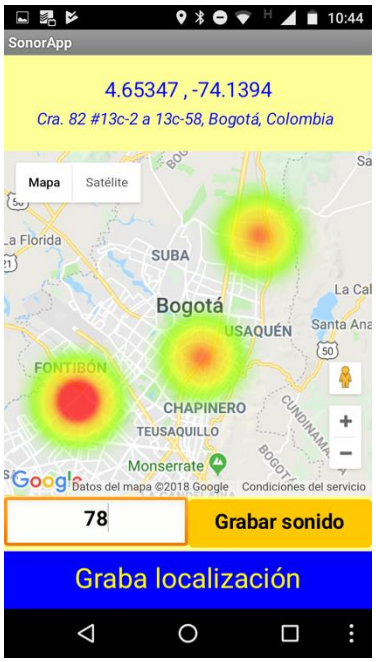
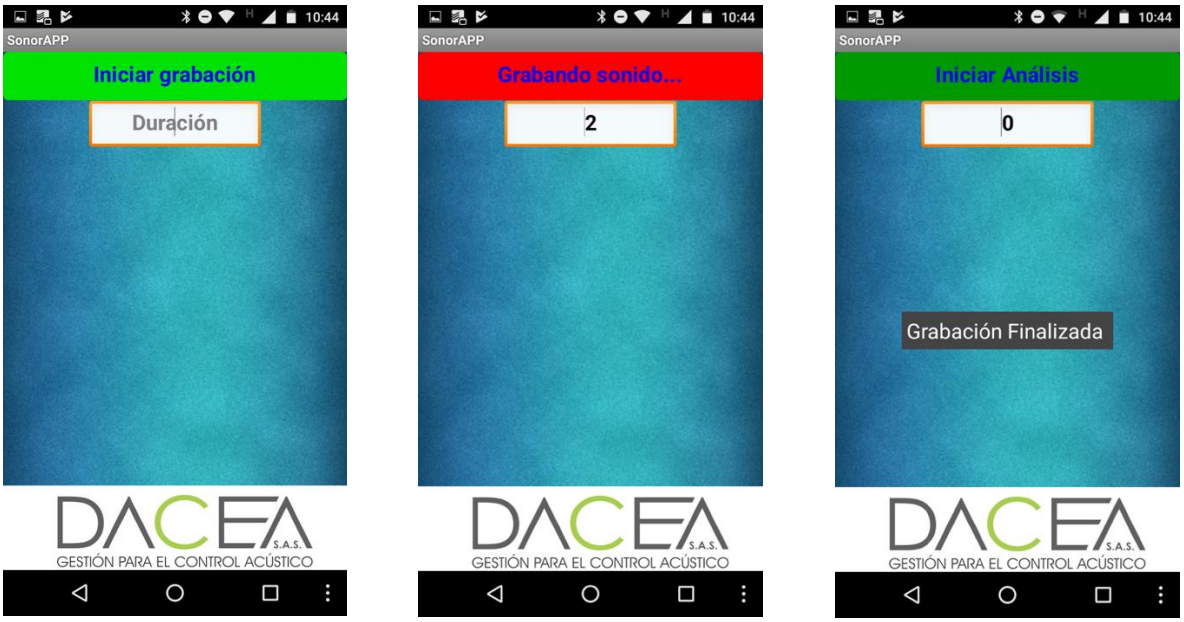


Figura 12. Mapa sonoro obtenido con SONORAPP

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, la aplicación dispone de un botón grabar sonido que permite al usuario almacenar en un archivo con formato *.3gp el sonido capturado por el micrófono del teléfono móvil. El tiempo de grabación es de 5 segundos y es almacenado por defecto en la carpeta “Documents” del teléfono.



a) Vista inicial previo A la captura de sonido

b) Vista de aplicación Capturando datos

c) Vista de finalización de la acción de captura

Figura 13. Ventana para grabación de sonido en SONORAPP

Fuente: Elaboración propia

10. Conclusiones

En la actualidad existen muchas herramientas para el desarrollo de aplicaciones móviles y otras herramientas que permiten la construcción de grupos de usuarios que colaboran aportando datos importantes, sin embargo, existe una dificulta en definir una arquitectura de software que además integre la comunicación con el hardware de los dispositivos de estos usuarios para la captura y georreferenciación de datos específicos. SonorAPP en un desarrollo que combina las capacidades de uso del hardware y varios servicios únicos en un dispositivo móviles y está basado en el uso de varios leguajes de programación y una base de datos muy simple que permite más adelante obtener el mapa sonoro de la ciudad.

Dado que la app requiere del consentimiento de usuario para utilizar información como su ubicación actual y temporal, fue necesario incluir dentro del código fuente las líneas necesarias para lograr esta característica en el software. Nuevamente, la reutilización de componentes como las API de Google maps y Fusion Tables, permitieron de una forma sencilla solucionar de forma concreta los problemas de almacenamiento, confiabilidad y disponibilidad de los datos, y la visualización del mapa sonoro.

Será necesario en futuras actualizaciones del app contar con herramientas comerciales que permitan la integración funcionalidades adicionales para la visualización y análisis más detallado de los mapas sonoros creados en la herramienta. Hasta el momento el uso de herramientas libres le ha dado solución al problema principal de visualización del paisaje sonoro, sin embargo, los niveles de seguridad para los usuarios pueden incrementar o integrar otras herramientas de lectura directamente en SonorAPP.

La integración de hardware y software es el elemento más importante en esta SonorAPP. Lograr esta integración de estos elementos para obtener los datos base de ubicación y nivel de ruido, constituyen la base de SonorAPP. Si bien la visualización es la funcionalidad principal, esta comprende un margen de maniobra mayor en cuanto a la creación del visor basado en componentes reutilizados, y en definitiva se ha solucionado con oportunidad las dos necesidades, la comunicación entre del hardware y el software de captura de ruido y posición, y a la vez, la visualización del mapa sonoro de la ciudad.

11. Recomendaciones de uso

SonorAPP puede ser descargada en cualquier tipo de smartphone con el sistema operativo Android 5.0 o superior en un dispositivo móvil con procesador compatible de mínimo 1.5 GHz y 50 Mb de memoria RAM, se recomienda el uso de memoria expandible si se desea el almacenamiento de las muestras de ruido, de lo contrario la app no almacenará información que requiera de mayor capacidad de almacenamiento.

El usuario debe permitir el uso de la ubicación y el acceso a su micrófono los cuales serán necesarios solo en el momento de uso de la app, en ninguna circunstancia esta accederá a estos servicios del dispositivo si no está en uso.

El usuario debe asegurarse de estar en un lugar abierto fuera de recintos preparados para el manejo acústico del ruido o sin esta capacidad, SonorAPP captará el nivel de ruido y este debe ser transferido al módulo de transferencia, por esto, es permitido el uso de herramientas profesionales para la medición de ruido y así compartir una medición más confiable al resto de usuarios de SonorAPP, la responsabilidad en la información recae en el usuario que libremente ha accedido a publicar la información de sus mediciones de ruido y la posición de las mismas.

12. Bibliografía

- Schafer, R. M. (1977). The tuning of the world. Alfred A. Knopf.
- Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (1999). Guidelines for community noise. In Guidelines for community noise. OMS.
- Barron, R. F. (2002). Industrial noise control and acoustics. CRC Press.
- Pueo, B., & Romá, M. (2003). Electroacústica, altavoces y micrófonos. Editorial McGrawHill.
- Beranek, L. L., & Mellow, T. J. (2012). Acoustics: sound fields and transducers. Academic Press.
- Beranek, L. L. (1986). Acoustics, American Institute of Physics. New York.
- Murphy, E., & King, E. (2014). Environmental noise pollution: Noise mapping, public health, and policy. Newnes.
- Szalma, J. L., & Hancock, P. A. (2011). Noise effects on human performance: a meta-analytic synthesis.
- Parlamento Europeo, D. O. (2002). Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental. WG-AEN (European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise)(2007). Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production Associated Data on Noise Exposure. Position Paper, 2.
- Recuero, M., Gil, C., & Grundman, J. (1996). Mapa de ruido de San Sebastián de los Reyes. Metodología de medidas y resultados. Revista de Acústica, 51-54.

- Sommerhoff, J., Recuero, M., & Suárez, E. (2004). Community noise survey of the city of Valdivia, Chile. Applied Acoustics, 65(7), 643-656.
- Azzurro, A., Ercoli, L., Namuz, F., de Sistemas Mecánicos, G. A., & Argentina, B. B. (2000). Una revisión de modelos predictivos de ruido urbano. Proceedings of the TecniAcústica 2000.
- Brüel, K. Predictor-LimA Software Suite.
- Faber Acoustical. SoundMeter Software.
- Sky Paw Co. Ltd. Decibel 10 PRO Sotware.