

ARQUITECTURA DE IOT COMO SOPORTE PARA EL MONITOREO,
VISUALIZACIÓN Y TOMA DE DECISIONES DE VARIABLES CLIMÁTICAS EN
ENTORNOS URBANOS PARA BICIUSUARIOS

ANDRÉS MANRIQUE PALMA - 625371
MARILYN DAYANNA RUIZ RUIZ - 625452

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
TRABAJO DE GRADO
BOGOTA D.C.
2019

ARQUITECTURA DE IOT COMO SOPORTE PARA EL MONITOREO,
VISUALIZACIÓN Y TOMA DE DECISIONES DE VARIABLES CLIMÁTICAS EN
ENTORNOS URBANOS PARA BICIUSUARIOS

ANDRÉS MANRIQUE PALMA
MARILYN DAYANNA RUIZ RUIZ

Trabajo de grado presentada como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero de Sistemas

Director (a):
Ph. D. Alexandra María López Sevillano

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
TRABAJO DE GRADO
BOGOTA D.C.
2019



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN	5
1. GENERALIDADES	7
1.1. Antecedentes del problema	7
1.1.1. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB	10
1.1.2. Proyecto INTEGREEN	11
1.2. Planteamiento del problema	12
1.2.1. Descripción del Problema	12
1.2.2. Formulación del Problema	14
1.2.3. Justificación	14
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. ALCANCES	17
1.5. LIMITACIONES	17
1.6. MARCOS DE REFERENCIA	18
1.6.1. Marco conceptual	18
1.6.1.1. IoT (Internet of things) - Internet de las cosas	18
1.6.1.2. Variables Climáticas	18
1.6.1.3. Radiación solar	18
1.6.1.4. Partículas por millón - PM	18
1.6.1.5. Humedad relativa	19
1.6.1.6. Monóxido de Carbono	19
1.6.1.7. Movilidad	20

1.6.1.8.	Dióxido de nitrógeno	21
1.6.1.9.	Dióxido de azufre	21
1.6.1.10.	Dióxido de carbono	21
1.6.1.11.	AQI	21
1.6.1.12.	Arquitectura de TI	22
1.6.1.13.	Cloud computing (computación en la nube)	22
1.6.2.	Marco teórico	22
1.6.2.1.	Contaminantes atmosféricos e impacto en la salud pública	22
1.6.3.	Marco jurídico	24
1.6.4.	Marco geográfico	27
1.7.	METODOLOGÍA	29
1.7.1.	Tipo de estudio	29
1.7.2.	Método	29
1.7.3.	Fuentes de información	29
1.7.3.1.	Fuentes primarias	29
1.7.3.2.	Fuentes secundarias	29
1.7.3.3.	Recolección de datos	30
2.	REQUERIMIENTOS DEL SERVICIO	31
2.1.	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	31
2.1.1.	Generalidades de la encuesta	31
2.1.1.1.	Género de los encuestados:	31
2.1.1.10.	Caracterización de bicisuarios	37
2.2.	Requisitos del sistema y diagramas.	39
2.3.	CARACTERÍSTICAS DE USUARIO	41
2.4.	Restricciones, suposiciones y dependencias del sistema.	42
2.5.	SERVIDOR	42
2.5.1.	Requisitos de interfaces	43
2.5.2.	Requerimientos de Base de datos	44
2.5.2.1.	Listado de requerimientos funcionales	44
2.5.2.2.	Especificación de requerimientos funcionales	45

2.5.3.	Requerimientos de aplicación Web	50
2.5.3.1.	Listado de requerimientos funcionales.	50
2.5.3.2.	Especificación de requerimientos funcionales.	51
2.5.4.	Listado de requerimientos no funcionales.	56
2.5.5.	Especificación de requerimientos no funcionales.	56
2.5.6.	Diagramas del sistema y casos de uso	58
2.5.7	Mockups	72
3.	PROPUESTA ARQUITECTURAL	86
3.1.	Propuesta almacenamiento de información	86
3.2.	Arquitectura propuesta	87
3.3.	Arquitectura empresarial	88
3.3.1.	Marco de Trabajo <i>Zachman</i>	89
3.3.2.	TOGAF	91
3.3.3.	FEAF	93
3.3.4.	Selección de la arquitectura empresarial	94
3.4.	Prototipo	95
3.4.1.	Sensor MQ-135	95
3.4.2.	Bluetooth module HC-05	96
3.4.3.	Arduino UNO	96
3.4.4.	Prueba de Concepto	97
4.	PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	99
4.1.	ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE TRABAJO (EDT)	99
4.2.	LISTADO DE HITOS	100
4.3.	PRESUPUESTO GENERAL	101
4.3.1.	Estimación por COCOMO	101
4.3.2.	Esfuerzo	101
4.3.3.	Duración	101
4.3.4.	Recursos Humanos	101
4.3.5.	Desarrollo de estimación	102
4.3.6.	Matriz RACI	103

4.3.7. Estimación por Tres Valores y Diagrama de Gantt	104
5. CONCLUSIONES	108
6. TRABAJOS FUTUROS	109
BIBLIOGRAFÍA	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Niveles del Proyecto Integreen.	12
Figura 2. Área Metropolitana de Bogotá	27
Figura 3. Género de los encuestados	32
Figura 4. Rango de edades de los encuestados.....	32
Figura 5. Medios de transporte frecuentes	34
Figura 6. Medios de transporte ideales para los usuarios.....	35
Figura 7. Idealidad del medio de transporte escogido	36
Figura 8. Usuarios encuestados con bicicleta.....	36
Figura 9. Preferencia de la bicicleta.....	37
Figura 10. Ejemplo de caso de uso del sistema, interacción del bicisuario con el sistema	39
Figura 11. Ejemplo básico de diagrama de actividad del sistema	40
Figura 12. Funcionamiento básico de transmisión de datos.	40
Figura 13. Arquitectura básica del sistema.	41
Figura 14. Caso de uso de autenticación de usuarios	58
Figura 15. Diagrama de secuencia para la autenticación de usuarios.....	59
Figura 15. Diagrama de actividades para la creación de perfiles.....	60
Figura 16. Diagrama de casos de uso para gestión de perfiles	62
Figura 17. Diagrama de secuencia para creación de perfiles	62
Figura 18. Diagrama de caso de uso para creación de perfiles	64
Figura 19. Diagrama de caso de uso para almacenamiento en base de datos	66
Figura 21. Diagramas de caso de uso para suministro y mapeo de datos	68
Figura 22. Diagramas de caso de uso para gestión de cuentas	70
Figura 23. Diagramas de actividades para creación de cuentas.....	71
Figura 24. Diagramas de actividades para modificación de cuentas	71
Figura 25. Diagramas de actividades para eliminación de cuentas	71
Figura 26. Esquema inicial de la aplicación	72
Figura 27. Pantalla de inicio de sesión y opción de registro	73
Figura 28. Pantalla de registro de usuarios	74
Figura 28. Pantalla de búsqueda de dispositivos y resultado de dispositivos cercanos	75
Figura 29. Menú de opciones e indicador principal.....	76
Figura 30. Medición de variables actuales.....	77
Figura 31. Visualización de usuario visitante del mapa de contaminación	78

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Facultad de Ingeniería y la Universidad Católica de Colombia para optar por el título de Ingeniero de Sistemas

Alexandra María López Sevillano
Directora

Raúl Bareño Gutiérrez
Jurado

Nelson Augusto Forero Páez
Jurado

Bogotá, 30 de mayo de 2019

DEDICATORIA

Llegar a este punto no es fácil, sobre todo por los acontecimientos que no dejaron de ocurrir y que, por supuesto, nos dejaron una lección de vida. No obstante, en esta oportunidad queremos agradecer a nuestras familias, nuestros seres más amados quienes son un pilar fundamental y estuvieron con nosotros en todos los momentos, apoyándonos para ver materializado nuestro sueño.

A aquellos, compañeros y amigos de carrera que nos tendieron una mano amiga y nos demostraron lo fácil que puede llegar a ser trabajar en grupo.

A familiares y amigos que ya no están con nosotros, pero que nos apoyaron en algún momento de nuestra carrera.

AGRADECIMIENTOS

Es, para nosotros, pertinente y oportuno, agradecer al Doctor Carlos Andrés Lozano Garzón, que, con sus conocimientos y liderazgo, coadyuvó a la realización del presente trabajo de grado.

Así mismo, es pertinente agradecer a la Doctora Alexandra María López Sevillano, toda vez que sus sabios consejos y sus conceptos profesionales, fueron fundamentales para la realización del presente documento.

RESUMEN

Hoy en día, es común encontrar usuarios que prefieren la bicicleta como medio de transporte, por encima del transporte público o vehículos de combustión como el automóvil. No obstante, estos usuarios están expuestos a problemas de salud ocasionados por las partículas contaminantes que inhalan y la exposición a la polución que se encuentra en el medio ambiente, lo cual, según la Organización Mundial de la Salud, se ha convertido en un problema de salud pública. La ciudad de Bogotá no es ajena a este fenómeno.

Por lo anteriormente expuesto, se desarrolló un prototipo de Arquitectura de Internet de las Cosas, con el fin de integrarlo al proyecto de investigación *Prototipo de Plataforma Tecnológica Colaborativa como soporte para la Medición y Estimación de la Calidad del Aire en Ambientes Móviles*, con el objeto de garantizar que la recolección, análisis, tratamiento y visualización de datos ambientales se realice de manera óptima bajo el Esquema de Arquitectura del Open Group (TOGAF, por sus siglas en inglés).

Los resultados obtenidos demuestran las dimensiones de la arquitectura en función de integración de negocios, tecnología, datos y aplicaciones.

Palabras Clave: Análisis de Datos, Arquitectura Empresarial, Servicio de Información, Sistema de información geográfica.

ABSTRACT

In these days, it's common to find users who prefer the bicycle like transport alternative, above public transport or combustion vehicles such as the automobile. However, these users are exposed to health issues caused by the polluting particles that they inhale and the exposure to pollution found in the environment, according to the World Health Organization, it has become a problem of public health. The city of Bogotá lives this phenomenon.

In fact, a prototype of the Internet of Things Architecture was developed, in order to integrate it into the *Prototype project of the Collaborative Technology Platform as a support for the Measurement and Estimation of Air Quality in Mobile Environments*, with the target of to ensure that the collection, analysis, treatment and visualization of environmental data is performed optimally under The Open Group Architecture Framework (TOGAF).

The results obtained demonstrate the dimensions of the architecture according to the integration of business, technology, data and applications.

Keywords: Data analysis, Enterprise Architecture, Geographical Information Systems, Information Services.

INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación “PROTOTIPO DE PLATAFORMA TECNOLÓGICA COLABORATIVA COMO SOPORTE PARA LA MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE EN AMBIENTES MÓVILES - PROYECTO INNOVO” da apertura a diversas investigaciones relacionadas al sistema de medición con respecto al medio ambiente y los factores influyentes para la creación del prototipo.

En 2016, el Departamento Nacional de Planeación advirtió sobre un inminente colapso de movilidad en ciudades como Cali, Bogotá y Barranquilla. Lo anterior con base en las cifras del sector automotor que predicen que en los próximos tres años alrededor de un millón de nuevos vehículos se desplegarán en las calles de las principales ciudades y no existen estrategias claras de mejorar la infraestructura vial¹.

Es por esto que el Ministerio de Transporte ha incentivado el uso de la bicicleta como medio principal de transporte en el territorio nacional. Bajo esta premisa, los usuarios de bicicleta en la ciudad de Bogotá han aumentado en un 1.1% entre los años 2016 y 2017, logrando que un 9.1% use la bicicleta como medio de transporte principal². Por otro lado, un artículo de la *British Broadcasting Corporation* destaca a Bogotá como una de las mejores ciudades latinoamericanas para viajar en bicicleta³.

Sin embargo, pese a los esfuerzos de las Entidades Territoriales por disminuir el impacto ambiental por emisiones causadas por el sector industrial (textil, papel, sustancias químicas, petróleo, vidrio, cemento y metalurgia) y por las fuentes móviles como los vehículos con motor diésel, buses, camiones y motocicletas de dos tiempos⁴; y dada la exposición de la población a la cantidad de contaminantes presentes en la atmósfera en espacios abiertos y cerrados, la contaminación ambiental continúa siendo una amenaza para la salud de los ciudadanos, en especial para los usuarios de bicicleta.

¹ GAVIRIA, Simón. DNP advierte que se avecina colapso de movilidad en las principales capitales. En: Departamento Nacional de Planeación. Bogotá D.C. 2016.

² BOGOTÁ CÓMO VAMOS. Encuesta de Percepción Ciudadana. Documento Técnico. Bogotá 2017.

³ Equipo de Redacción. Cuáles son las mejores ciudades de América Latina para andar en bicicleta. En: British Broadcasting Corporation. Londres 16, abril, 2016.

⁴ ROJAS, Néstor. Aire y problemas ambientales de Bogotá. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. 2007. p. 4.

Como dice Ávila⁵, los usuarios de bicicleta presentan mayores dosis de inhalación de partículas contaminantes teniendo en cuenta los promedios de concentración de partículas ultrafinas (UFP por sus siglas en inglés) en diferentes troncales de Bogotá, el esfuerzo físico y la tasa de inhalación.

Por ende, es pertinente y oportuno desarrollar un prototipo de Infraestructura Tecnológica (en adelante IT) enfocado a Internet de las Cosas, basado en arquitecturas de IT que permitan la conexión de elementos de uso cotidiano, como la bicicleta y el dispositivo móvil o celular, con el fin de garantizar el monitoreo y recolección de datos ambientales. Lo anterior, con el objeto de analizar, clasificar y visualizar el comportamiento de variables climáticas en entornos urbanos.

⁵ AVILA, Leidy. Determinación del Nivel de Exposición de Viajeros Pendulares a Partículas Ultrafinas Según el Modo de Transporte en la ciudad de Bogotá. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 2016. p. 73.

1. GENERALIDADES

Estudios realizados por la *Organización Mundial de la Salud*, así como por entes gubernamentales como la *Secretaría de Ambiente de Bogotá*, el *Departamento Nacional de Planeación* y otros, han identificado altos niveles de contaminación ambiental, producido en su mayoría por el sector industrial y por fuentes vehiculares móviles, debido a la generación y/o emisión de componentes químicos.

1.1. Antecedentes del problema

Se ha demostrado que la actividad física mejora la salud de quien la práctica, sin importar si la persona es o no obesa, por tal motivo el transporte activo (p. ej., caminar o andar en bicicleta al trabajo o destinos diarios) es un medio importante de incorporar más actividad física en la vida de las personas. De hecho, una reciente revisión sistemática de la Organización Mundial de la Salud (en adelante, OMS) sobre literatura de la salud, encontró que uno de los medios más efectivos para fomentar la actividad física generalmente fue a través de la implementación políticas de transporte y planificación urbana, en donde el uso de la bicicleta se promueve para mejorar condiciones de salud y un transporte limpio en la ciudad⁶.

La falta de actividad física representa un factor de riesgo alto para la mala salud y es uno de los factores que fomentan los aumentos mundiales de las principales causas de muerte y enfermedad, tales como enfermedades cardiovasculares, hipertensión, consumo de tabaco, diabetes tipo II y algunos tipos de cáncer. Según un estudio del uso de la bicicleta promovido por la OMS en 2009, se encontró que las personas que se desplazan en bicicleta viven vidas más largas y tienen menos enfermedades cardiovasculares que personas que se desplazan en vehículos motorizados. Dos estudios de largo plazo, por ejemplo, en Copenhague y Shanghái, encontraron que los índices de mortalidad anual de ciclistas era un 30% menos, en promedio, que los viajeros que no se desplazaban de manera activa o realizaban ejercicio regularmente⁷.

Sin embargo, las personas que realizan actividades deportivas al aire libre en áreas urbanas como caminatas, andar en bicicleta o el *Jogging* (*), pueden experimentar

⁶ DORA, C, HOSKING J and MUDU, P. Transporte Urbano y Salud. Citado por DURÁN, Edwin. Prototipo de plataforma tecnológica colaborativa como soporte para la medición y estimación de la calidad de aire en ambientes móviles: Universidad Católica de Colombia: 2017. p.3.

⁷ Ibid., p. 9.

una mayor exposición al aire contaminado. Esto en razón a los cambios en las frecuencias respiratorias y en los tiempos de desplazamientos si los comparamos con usuarios de automóviles. No obstante, esta exposición varía en función de la ruta tomada, la densidad del tráfico, el clima, la zona urbana y sus emisiones. Es así que a largo plazo la exposición a niveles elevados de pequeñas partículas finas se asocia a la reducción de las funciones pulmonares, incremento en la frecuencia de enfermedades respiratorias y reducción de la expectativa de vida⁸.

Dentro de los estudios que han realizado entidades de salud, se realizó un modelamiento respecto a los impactos en la calidad del aire de los consumidores del Reino Unido que cambiaron sus automóviles de combustión de gasolina a vehículos *diésel* y estimó que esto incrementará la muerte por contaminación atmosférica relacionada con material particulado de vehículos viejos, más contaminantes que son exportados de países desarrollados a países en desarrollo, representan riesgos particulares en la salud. La reventa de vehículos a bajo precio ha facilitado su exportación masiva a países de bajos ingresos y ciudades que carecen de infraestructura y capacidad para un mantenimiento adecuado del vehículo, así como falta de control a la calidad del combustible. Esto contribuye a altas exposiciones de contaminación del aire y las tasas de lesiones entre residentes de países en desarrollo⁹.

Por otra parte, en España dentro del proyecto EMECAS, se llevó a cabo un estudio que incluyó a 16 ciudades sobre el impacto de la contaminación atmosférica. En general el contaminante más estudiado dentro de la experiencia fue el material particulado (PM por sus siglas en inglés), encontrándose que un incremento de 10 µg/m³ en los niveles atmosféricos de PM₁₀ (material particulado con diámetro de 10 µm-micrómetros), se asocia según los estudios, con un aumento de un 0,2 a un 1% en la mortalidad por todas las causas y un 0,5 a un 2 % en la mortalidad cardiorrespiratoria¹⁰.

Así mismo, como parte del Segundo Estudio para la Prevención del Cáncer, se recogieron desde 1982 datos sobre factores de riesgo y contaminación atmosférica para unos 500.000 adultos de 151 áreas metropolitanas de los Estados Unidos. En

⁸ Ibid., p. 4.

⁹ Ibid., p.22.

¹⁰ BALLESTER, F. Contaminación Atmosférica, Cambio Climático y Salud. Revista Española de Salud. Pública, 79(2), p. 159-175.

(*) De acuerdo a la Real Academia Española, el jogging es una actividad deportiva que consiste en correr con velocidad moderada al aire libre. En Latinoamérica es común denominarlo *trote*.

marzo de 2002 se publicaron los resultados del seguimiento de estos estudios hasta el año 1998. El material particulado y los óxidos de azufre mostraron una asociación con la mortalidad para todas las causas, para enfermedades del aparato circulatorio y por cáncer de pulmón. Cada aumento de 10 µg/m³ en los niveles atmosféricos de partículas finas se asoció aproximadamente con un aumento de un 4%, 6%, y 8% respectivamente del riesgo de morir por todas las causas, del aparato circulatorio y por cáncer de pulmón¹¹.

Un estudio llevado a cabo en Francia, Suiza y Austria, indicó que el 6% de la mortalidad y un número muy importante de nuevos casos de enfermedades respiratorias en estos países puede ser atribuido a la contaminación atmosférica. La mitad de este impacto fue debido a la contaminación emitida por los vehículos a motor. Junto a los anteriores efectos demostrados es importante considerar el impacto potencial de las exposiciones a la contaminación atmosférica durante la gestación y la primera infancia, como muestran algunos estudios. Una reciente revisión sobre el tema mostró resultados que indican una asociación entre la exposición a la contaminación atmosférica con el bajo peso al nacer y el retraso en el crecimiento intrauterino, así como el efecto de las exposiciones tempranas sobre la salud infantil, incluyendo incremento de mortalidad¹².

En Colombia las emisiones de óxido de nitrógeno contribuyen también a la formación de material particulado, que son pequeñas partículas suspendidas en el aire de diámetro 2,5 micras (PM 2.5). Aunque hay poca evidencia, hasta ahora de los daños que el material particulado ocasiona a la salud humana, se ha comprobado que las PM 2.5 están relacionadas con numerosos casos de problemas respiratorios y cardíacos. Un estudio hecho en Estados Unidos, a 500.000 pacientes expuestos al PM por largos periodos de tiempo, arrojó resultados que demuestran que las partículas en suspensión se asocian al aumento en el riesgo de muerte prematura, principalmente conectadas a enfermedades respiratorias y cardíacas¹³.

En Bogotá se han llevado a cabo campañas que fomentan el uso de la bicicleta, permitiendo e influenciando a que un 8% de la población haga uso de este medio de transporte para movilizarse a sus trabajos y otros lugares que frecuenten. La mayor parte de esta población se centraliza en las comunidades entre los 18 a 25

¹¹ BALLESTER, F. Contaminación Atmosférica, Cambio Climático y Salud. Op. Cit.

¹² BALLESTER, F. Contaminación Atmosférica, Cambio Climático y Salud. Op. Cit.

¹³ CARMONA, J. Infección Respiratoria Aguda en Relación con la Contaminación Atmosférica y Otros Factores Ambientales. Archivos de Medicina (Col), vol. 9, no. 1, 2009, pp. 69-79. Editorial Universidad de Manizales.

años (12%) y entre los 26 a 35 años (10%). Por otro lado, con las campañas que se han venido realizando respecto al uso de bicicletas, también se han desarrollado proyectos de infraestructura de la ciudad y los niveles de seguridad para aquellos que transitan por las respectivas vías y que hacen uso de los *cicloparqueaderos* ya habilitados.¹⁴

Así mismo, el observatorio ambiental de Bogotá realiza la medición del Índice Bogotano de la Calidad del Aire (IBOCA), que es un indicador calculado a partir del nivel de concentración de contaminantes (O₃, SO₂, PM_{2.5}, PM₁₀) presentes en la atmósfera en un lugar y momento específico, manejado por localidades.¹⁵

Si bien estas mediciones son tomadas de puntos específicos de cada localidad, se puede inferir que aun con la exactitud que brinda la medición, la visualización de los datos no refleja el estado actual de la concentración de contaminantes en la zona en tiempo real, ya que no está en constante alimentación y, por ende, no existe la posibilidad de seleccionar la ruta más adecuada para transitar, de acuerdo a los niveles de contaminación de cada vía.

Como complemento del ejercicio de revisión y análisis de los antecedentes para el desarrollo del proyecto, la metodología incluyó adicionalmente una revisión internacional y nacional de proyectos de índole similar, junto con una búsqueda de productos similares en el mercado y un análisis preliminar de las patentes generadas a nivel internacional afines al objeto de estudio del proyecto. A continuación, se presenta cada uno de estos:

1.1.1. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB¹⁶

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, es un sistema de monitoreo ambiental continuo, con transmisión de datos vía telefónica y/o banda ancha y celular. Cuenta con trece estaciones fijas y una móvil de medición con disponibilidad de datos meteorológicos y de contaminación del aire. Los datos recolectados en distintos sitios de la ciudad se reciben en una estación central donde se someten a un proceso de validación final y posterior análisis con el fin de evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad de aire en Bogotá dados por la

¹⁴ BOGOTÁ CÓMO VAMOS, El protagonismo de la bicicleta, febrero 16, 2017.

¹⁵ OBSERVATORIO AMBIENTAL DE BOGOTÁ, Índice Bogotano de Calidad del Aire- IBOCA.

¹⁶ SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE, Citado por DURÁN, Edwin. Prototipo de plataforma tecnológica colaborativa como soporte para la medición y estimación de la calidad de aire en ambientes móviles: Universidad Católica de Colombia: 2017. p.5.

Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 expedida por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). Además, resulta información base para la definición de las políticas de control de la contaminación y de la gestión ambiental.

Los Objetivos de la red son:

- Evaluar el cumplimiento de estándares de calidad del aire en la ciudad.
- Conocer los niveles de contaminación atmosférica en las diferentes zonas de la ciudad.
- Dar información sobre la tendencia de los contaminantes en la ciudad.
- Proveer información necesaria para diseñar políticas en el manejo de la calidad del aire.
- Proveer información para evaluar la efectividad de las medidas implementadas.

1.1.2. Proyecto INTEGRREEN

El objetivo principal del proyecto es implementar un sistema demostrativo para la gestión de la movilidad de la ciudad de Bolzano, capaz de proporcionar una evaluación detallada e integrada del tráfico en tiempo real y las condiciones ambientales, de los niveles de contaminación atmosférica y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Para esto, el sistema INTEGRREEN integra los datos recopilados tanto por las estaciones fijas de vigilancia como por las sondas móviles de medición que se instalan a bordo de los vehículos existentes, como los autobuses de transporte público o los automóviles compartidos.

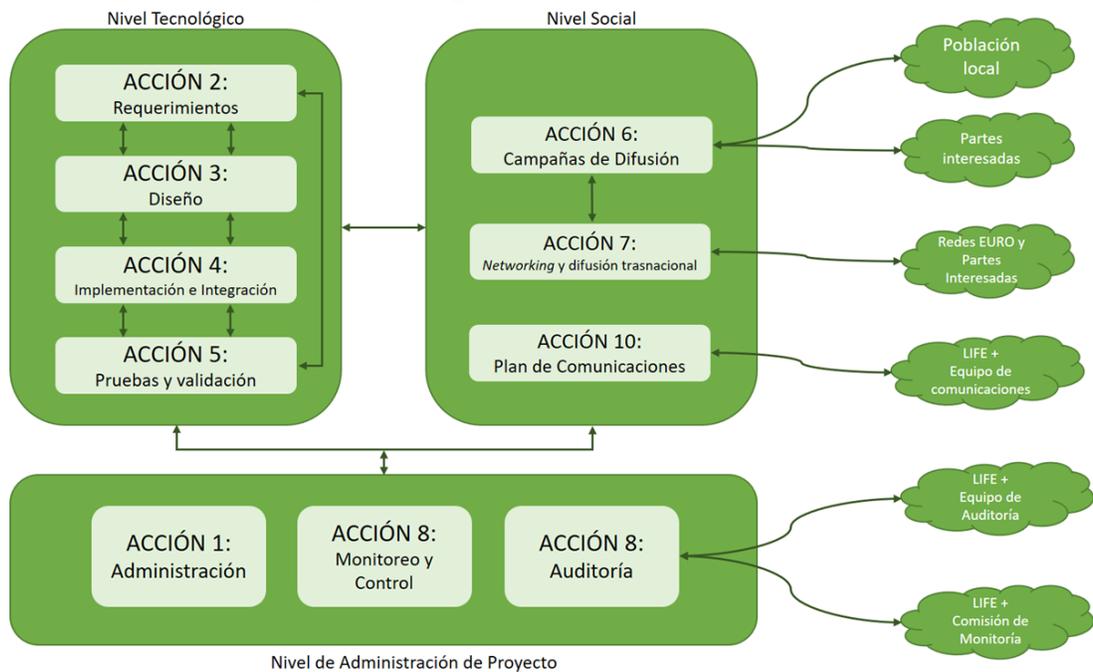
El proyecto funciona en tres niveles diferentes:

- Nivel tecnológico: En esta dimensión se encuentra la implantación técnica del sistema INTEGRREEN. Está organizado en un orden lógico y consecuente, que parte del análisis de los requisitos y termina con la evaluación experimental del sistema prototipo.
- Nivel social: Esta dimensión abarca todas las actividades de difusión y de creación de redes con la audiencia pública.

- Nivel de la gestión de proyectos: Esta dimensión gestiona la implementación de acciones tanto tecnológicas como sociales, y tiene como objetivo garantizar el cumplimiento de las mismas.

El proyecto considera a los vehículos (principalmente de transporte público) como el medio por el cual se toman las muestras en tiempo real del tráfico y de las mediciones ambientales.

Figura 1. Niveles del Proyecto Integreen.



Fuente: Proyecto Integreen

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Descripción del Problema

En Bogotá, cerca de 200 mil habitantes usan diariamente la bicicleta para ir al trabajo o estudio. Bogotá lidera las ciudades latinoamericanas en la disponibilidad de carriles exclusivos para ciclistas, con un total de 376 kilómetros construidos¹⁷.

¹⁷ BAUMANN Claire, *et al.* Biciudades: un estudio regional acerca del uso de la bicicleta como medio de transporte en América Latina y el Caribe. Washington D.C. American University School of International Service. 2013. p. 27.

(*) Liga de ciclistas de Holanda.

Según la Liga de Ciclistas de Holanda *Fietzersbond*, Bogotá alcanza a estar en el top 10 gracias a sus km de ciclovía y a la actividad del Día sin carro.¹⁸

Uno de los puntos que resalta el análisis *Bicycle Account Bogotá*, es que, aunque la promoción de la bicicleta y la construcción de infraestructuras (como las ciclorrutas) han disminuido desde los años 90, el uso de la bicicleta ha aumentado. En el año 1996 había alrededor de un 0,5% de viajes diarios (antes de la construcción de las primeras ciclorutas) y en 2014 aumentó a un 6%¹⁹, que corresponde a un 8% de la participación total de viajes realizados en la ciudad (el otro porcentaje está distribuido entre Transmilenio, SITP, Taxi, Carro, Moto y a pie). En la encuesta de percepción ciudadana 2016, realizada por Bogotá cómo vamos, 83% de los ciudadanos afirmaron que se sienten satisfechos con la bicicleta como medio de transporte, representando así el medio con mayor favorabilidad.

Sin embargo, a pesar de las estadísticas favorables en términos de movilidad, uso y satisfacción, la afectación de la salud provocada por la contaminación del medio ambiente en la población es preocupante. La contaminación, en su mayoría, es causada por emisiones del sector textil, de papelería, de sustancias químicas, de petróleo, vidrio, cemento y metalúrgico. Aunado a lo anterior se encuentran las fuentes móviles como los vehículos con motor *diésel*, buses, camiones y motocicletas de dos tiempos, siendo éstos los que aportan cerca del 40% de emisiones.²⁰

En la actualidad, la mayoría de las soluciones para determinar la calidad del aire son de gran tamaño, algunas no son en tiempo real, funcionan como estaciones fijas de medición y las pocas portables (algunas de ellas muy costosas en el mercado), no involucran el desarrollo de una plataforma colaborativa de medición y estimación, que permita prevenir e informar la calidad de aire que se está respirando usando por ejemplo una bicicleta.

¹⁸ PATTIASINA Njord y PINZÓN Camila. Cycling in Colombia. Report of a fact finding misión by the Dutch Cycling Embassy. Holanda. Ministerio de Relaciones Exteriores. 2013.

¹⁹ VERMA Philip, LÓPEZ José Segundo y PARDO Carlos Felipe. Bicycle Account Bogotá. Despacio. 2014.

²⁰ GIRALDO, Lilibian y BEHRENTZ, Eduardo. Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes. Bogotá D.C. Universidad de los Andes. 2009.

1.2.2. Formulación del Problema

Por lo expuesto en el ítem anterior y, dentro del marco del proyecto *Prototipo de plataforma tecnológica colaborativa como soporte para la medición y estimación de la calidad de aire en ambientes móviles*, se genera la siguiente pregunta de investigación: ¿Es posible desarrollar una arquitectura de TI para el prototipo de plataforma tecnológica colaborativa como soporte para la medición y estimación de la calidad de aire, que permita a los usuarios principalmente de bicicleta, tener un mecanismo en tiempo de real de conocer la calidad de aire que está respirando y tomar decisiones de movilidad?

1.2.3. Justificación

En la actualidad las organizaciones tienen la necesidad de estructurar o diseñar arquitecturas que permitan la interacción entre dispositivos y plataformas de hardware y software para que de esta manera suplan las necesidades de la organización con un sistema completo. Dentro de este diseño se especifican los requerimientos del sistema que son indispensables para el funcionamiento y la disponibilidad del sistema de información. La falta de un diseño respectivo puede ser causante de que el sistema no cuente con los mínimos, o todos los requerimientos establecidos.

Para el diseño es necesario conocer los componentes que el sistema tendrá en interacción con sus características y cómo se llevará a cabo la comunicación entre estos, adicional a esto, una de las partes más importantes para el diseño de la arquitectura los requerimientos no funcionales, y entre estos los atributos de calidad que se esperan del sistema, siempre y cuando se prioricen aquellos atributos que son indispensables para el sistema.

Las arquitecturas tienden a basarse en diversos estilos arquitecturales, para sacar provecho de todos los beneficios posibles, de cada uno de estos estilos. Teniendo en cuenta que el diseño de la arquitectura de este sistema está basado en IoT, los canales de comunicación del sistema con los diferentes componentes que intervienen en el proceso de medición y de enriquecimiento del sistema, son puntos importantes para que los procesos de monitoreo y visualización sean posibles.²¹

²¹ LLORENTE, Cesar. Guía de Arquitectura N-Capas orientada al Dominio con .NET 4.0 (Beta), Microsoft (Borrador 2010), P.9.

Una arquitectura de IoT adecuada, debe estar en la capacidad de capturar de forma correcta, las diferentes variables climáticas en tiempo real en varios sectores de la ciudad de forma simultánea. Para el caso de estudio, estas variables se obtienen a través de dispositivos adaptables a bicicletas que tomarán la información del medio ambiente y será enviada a través de paquetes de red IPv4 al servidor de aplicación, que llevará a cabo el análisis de la información obtenida por los dispositivos.

Mediante el diseño de la arquitectura, se permite hacer la implementación de componentes que permitirán manejar la alta concurrencia del sistema y la comunicación de cada uno de los dispositivos o componentes necesarios en el sistema para cumplir con los requerimientos funcionales y no funcionales del prototipo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Diseñar una arquitectura de IoT para la implementación de un servicio de monitoreo de variables climáticas en entornos urbanos, que se pueda integrar en el marco del proyecto *Prototipo de plataforma tecnológica colaborativa como soporte para la medición y estimación de la calidad de aire en ambientes móviles*.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales del servicio de monitoreo de variables climáticas en entornos urbanos para la medición y estimación de la calidad del aire para bicisuarios.
- Diseñar la arquitectura de IoT que esté en la capacidad de soportar la complejidad de la plataforma tecnológica para la medición y estimación de la calidad del aire.
- Validar que la arquitectura de IoT cumpla con los requerimientos del servicio de monitoreo de la calidad de aire que permita a los usuarios principalmente de bicicleta, conocer la calidad de aire en su ubicación y tomar decisiones de movilidad.

1.4. ALCANCES

- Se entregará el diseño de la arquitectura de IoT, que identifique e integre todos los componentes necesarios para la implementación del servicio de monitoreo de variables climáticas en entornos urbanos.
- El diseño de la arquitectura hará parte del *Prototipo de Plataforma Tecnológica colaborativa como soporte para la medición y Estimación de la Calidad de Aire en Ambientes Móviles*.

1.5. LIMITACIONES

- El proyecto de investigación científica *Prototipo de plataforma tecnológica colaborativa como soporte para la medición y estimación de la calidad de aire en ambientes móviles* cuenta con un proceso de desarrollo por fases. Dentro de éstas, el diseño de la arquitectura de IoT que busca soportar el despliegue del prototipo de monitoreo.
- El diseño de la arquitectura de IoT será llevado a cabo de forma paralela a los otros componentes del proyecto.
- Los recursos económicos para el desarrollo del diseño de la arquitectura IoT son limitados.

1.6. MARCOS DE REFERENCIA

1.6.1. Marco conceptual

1.6.1.1. IoT (Internet of things) - Internet de las cosas

Se entiende como la comunicación de los diferentes objetos mediante sensores que envían información a estaciones de cómputo remotas en tiempo real, permitiendo la interacción con otros dispositivos. De esta manera se logra la obtención, procesamiento y acceso a la información en cualquier momento y lugar²².

1.6.1.2. Variables Climáticas

Las variables climáticas están compuestas por elementos influyentes en la variación del clima, dependiendo del nivel de concentración y de reacción que se presente entre ellos.²³

1.6.1.3. Radiación solar

“La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima.”²⁴, aunque los rayos ultravioletas que recibimos son naturales, también están acompañados de los rayos ultravioletas A, B, y C que son nocivos para la salud cutánea o salud de la piel, de manera que los rayos UVA y UVB son los mayores responsables del envejecimiento y la producción de cáncer de piel en el planeta y en el mundo.

1.6.1.4. Partículas por millón - PM

²² GAUDIANO, Pablo. Qué entendemos por <<Cosas>> en el Internet de las Cosas. En: El Internet de las Cosas en un Mundo Conectado de Objetos Inteligentes. Fundación de la Innovación Bankinter, 2011.

²³ CHORLEY, R., and KENNEDY, B. Physical Geography: A systems approach. Prentice-Hall International.1971

²⁴ Radiación solar, IDEAM, En línea: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar>

Las partículas por millón, o también conocidas como material particulado suelen ser producidos en mayor cantidad en los procesos de combustión de los combustibles fósiles, que a su vez son utilizados en los procesos internos de los automóviles.²⁵

Estas partículas se pueden clasificar según su diámetro:

- PM10 partículas menores a 10 micras de diámetro.
- PM2.5 partículas menores a 2.5 micras de diámetro.
- PM1 partículas menores a 1 micra de diámetro.

1.6.1.5. Humedad relativa

La humedad relativa hace referencia a partículas de vapor de agua que se encuentran en el aire y que, al tener reacciones químicas con gases o moléculas de diversos tipos, pueden llegar a causar lluvia ácida o lo que actualmente conocemos como el efecto invernadero que posee efectos nocivos sobre la atmósfera y sobre la población del globo terráqueo. Estas moléculas de vapor de agua, aunque son indispensables para los procesos como la fotosíntesis de las plantas, también tiene efectos adversos en la piel del ser humano por los cambios químicos ya mencionados.

1.6.1.6. Monóxido de Carbono

El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que se forma por la combustión incompleta de material orgánico, con ausencia de oxígeno. Es considerado uno de los mayores contaminantes de la atmósfera terrestre, y uno de los mayores problemas ambientales de América Latina. Las principales fuentes productoras de este contaminante son los vehículos automotores que utilizan como combustible gasolina o diésel; los procesos industriales; los incendios forestales y urbanos y la incineración de materia orgánica. Los vehículos automotores y los

²⁵ Material particulado(PM), Carmen Stibel Duarte Torres, Política Distrital de salud ambiental de Bogotá D.C., 2011, En línea:
http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=969c5996-6f71-4c1d-a3b9-504dcc2f706a&groupId=55886

procesos industriales son responsables de aproximadamente 80 % de las emisiones de monóxido de carbono a la atmósfera.²⁶

En cuanto a los efectos en la salud que tiene este compuesto, es pertinente mencionar que éste gas en el momento en el que ingresa al cuerpo en grandes cantidades tiene la capacidad de reemplazar el oxígeno en la sangre, generando deficiencias celulares y en los niveles de hemoglobina presentes en el cuerpo, produciendo a intoxicación y otros efectos adversos en el cuerpo humano por la falta de oxígeno.²⁷

1.6.1.7. Movilidad

“La movilidad es una práctica social de desplazamiento entre lugares con el fin de concretar actividades cotidianas. Involucra el desplazamiento de las personas y sus bienes, y conjuga deseos y/o necesidades de viaje (o requerimientos de movilidad) y capacidades objetivas y subjetivas de satisfacerlos, de cuya interacción resultan las condiciones de acceso de grupos sociales a la vida cotidiana” (Andrea Gutiérrez, 2012).

La movilidad hoy en día representa una de las industrias con mayor influencia a nivel nacional e internacional dado a que presenta uno de los puntos más importantes a la hora de llevar a cabo procesos cotidianos, pero este punto de movilidad, relacionado con el uso de transportes que utilizan combustibles y/o Diesel también representa uno de los factores que emite mayor contaminación en el mundo, aunque se han desarrollado proyectos para disminuir esta problemática, como lo es alternativas de movilidad con el incentivo del uso de las bicicletas y otros que se han llevado a cabo.

²⁶ Monóxido de Carbono, Revista de Salud Pública Scielo, Jairo Téllez, Alba Rodríguez y Álvaro Fajardo, 2006, En línea: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642006000100010

²⁷ Cristiano Gandini, Anna F. Castoldi, Stefano M. Candura, Carlo Locatelli, Raffaella Butera, Silvia Priori y Luigi Manzo (2001) Cardiotoxicidad por monóxido de carbono, Journal of Toxicology: Clinical Toxicology, 39: 1, 35-44, DOI: [10.1081 / CLT-100102878](https://doi.org/10.1081/CLT-100102878)

1.6.1.8. Dióxido de nitrógeno

El dióxido de nitrógeno NO₂ es un compuesto químico que consta de un átomo de nitrógeno y dos de oxígeno. Es un gas tóxico e irritante. El NO₂ junto al NO denominado óxido nitroso, son conocidos como NO_x y son algunos de los principales contaminantes en las ciudades, que se relacionan con enfermedades respiratorias agudas y procesos alérgicos generados principalmente en los niños.²⁸

1.6.1.9. Dióxido de azufre

El dióxido de azufre o también conocido como dióxido de sulfuro, compuesto por dos moléculas de oxígeno y una de azufre producido en altas cantidades por combustión de petrolíferos y quema de carbón. Este compuesto está relacionado con problemas respiratorios como edemas pulmonares, bronquitis crónica, asma y también se encuentra asociado a mortalidad en personas de altas edades y niños.²⁹

1.6.1.10. Dióxido de carbono

Compuesto de carbono y dos moléculas de óxido que se clasifica como uno de los compuestos químicos producido de manera natural por el cuerpo humano como resultado del proceso regular de respiración humana, la presencia de altas cantidades de este compuesto en el cuerpo, produce asfixia debido al desplazamiento de oxígeno que genera.³⁰

1.6.1.11. AQI

El índice de calidad del aire o AQI (*Air Quality Index*, por sus siglas en inglés), es un criterio para identificar los niveles de concentración de diversos compuestos químicos que tienen alta influencia en los grandes niveles de enfermedades respiratorias y la tasa de mortalidad presentados en la actualidad. La Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) calcula el AQI para cinco contaminantes atmosféricos principales reglamentados por la Ley del aire puro:

²⁸ Fundación para la salud ambiental, definición de dióxido de nitrógeno, en línea:
<https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-nitrogeno-no2>

²⁹ Fundación para la salud ambiental, definición de dióxido de azufre, en línea:
<https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-azufre-so2>

³⁰ Fundación para la salud ambiental, definición de dióxido de carbono, en línea:
<https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-co2>

ozono a nivel del suelo, contaminación por partículas, monóxido de carbono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno.³¹

1.6.1.12. Arquitectura de TI

“Describe la estructura y las relaciones de todos los elementos de TI de una organización. Se descompone en arquitectura de información, arquitectura de sistemas de información y arquitectura de servicios tecnológicos. Incluye además las arquitecturas de referencia y los elementos estructurales de la estrategia de TI.”³²

1.6.1.13. Cloud computing (computación en la nube)

La computación en la nube o Cloud Computing se puede definir como “Un modelo que permite el acceso omnipresente, conveniente, y por demanda a una red de un conjunto compartido de recursos computacionales configurables (por ejemplo: redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que se pueden aprovisionar y liberar rápidamente como un mínimo de esfuerzo de gestión o interacción del proveedor de servicios.”³³

1.6.2. Marco teórico

1.6.2.1. Contaminantes atmosféricos e impacto en la salud pública

En la atmosfera se presentan contaminantes relacionados con el transporte que presenta afectación en la salud, como el material particulado y gases de combustión emitidos por los automóviles y fábricas, cuyos efectos han sido relacionados al aumento en la tasa de mortalidad de la población que ha sido expuesta a estos contaminantes. Así mismo, la población con mayor riesgo de exposición como mujeres embarazadas y niños, presentan problemas relacionados al desarrollo de capacidades motrices, físicas y mentales de los menores (Dora, Hosking y Mudu, 2011).

³¹ Air Now, definición de AQI, en línea: <https://airnow.gov/aqi/aqi-basics>

³² MinTic, en línea: <http://www.mintic.gov.co/arquitecturati/630/w3-propertyvalue-8161.html>.

³³ Computación en la nube, MinTic -Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2017, En línea: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-34317.html>

Los niveles de contaminación en muchos países en vías de desarrollo, se responsabilizan en mayor medida a los automóviles de diesel, camiones, buses y otros automóviles que llevan décadas en funcionamiento y que emiten grandes emisiones de material particulado que se pueden observar con el humo negro que se expide por los tubos de escape. Estas excesivas emisiones de partículas contaminantes generan ambientes con una alta exposición a enfermedades cardiovasculares y respiratorias, principalmente en peatones o transeúntes (Dora, Hosking y Mudu, 2011).

Dentro de los contaminantes se catalogan contaminantes primarios que son aquellos de emisión directa que no sufren ninguna transformación. Por otro lado están los contaminantes secundarios que son consecuencia de reacciones químicas y/o físicas con otras partículas que se encuentren suspendidas en la atmósfera (Ballester, 2005).

Dos importantes contaminantes del transporte, perjudiciales para la salud son monóxido de carbono (CO) y óxido de nitrógeno (NOX). El CO en el ambiente, forma una unión con la hemoglobina y altera la capacidad de transportar oxígeno en la sangre. Los impactos en la salud por exposición corta a niveles de CO típicamente encontrados en el aire contaminado del ambiente, pueden incluir efectos cardiovasculares tales como, la acentuación de los síntomas de angina durante el ejercicio, así como una reducción de su rendimiento. Los impactos en la salud por una exposición a NOX incluyen reducción de las funciones pulmonares e incremento de las probabilidades de síntomas respiratorios (Dora, Hosking y Mudu, 2011).

Por consiguiente, el monóxido de carbono es considerado uno de los mayores contaminantes de la atmósfera terrestre. Sus principales fuentes productoras responsables de aproximadamente el 80% de las emisiones, son los vehículos automotores que utilizan como combustible gasolina o diésel y los procesos industriales que utilizan compuestos derivados del carbono. El CO es un contaminante altamente tóxico y a pesar de Colombia no estar catalogado como un país desarrollado y altamente competitivo a nivel industrial, este compuesto contribuye al deterioro de la salud en general (Carmona, 2009). Por otra parte, la contaminación fotoquímica (o tipo «verano») se refiere principalmente a la contaminación procedente de las reacciones de los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno, estimuladas por la luz solar intensa y el incremento de la temperatura. El ozono es considerado generalmente como el componente más tóxico de esta mezcla. Se forma por la acción de la radiación ultravioleta del sol sobre los NOx y

en presencia de compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes (Ballester, 2005).

Igualmente, las partículas que tienen diámetros mayores a 10 micrómetros (en adelante, μm) pueden causar irritación en ojos, nariz y garganta, aunque no son considerados gran problema al sistema respiratorio ya que no alcanzan a llegar a los pulmones. Por otro lado, partículas más pequeñas, de 0,1 a 10 μm , son nocivas para la salud humana. Estas partículas viajan por las vías respiratorias hasta llegar a los pulmones donde pueden llegar a ocasionar la muerte; las partículas liberadas por el exosto de automotores a base de diésel están dentro de este grupo de materiales particulados, los cuales inducen la muerte de las células en las vías respiratorias por medio de un proceso llamado apoptosis o muerte programada de las células; este proceso se presenta normalmente para eliminación de células deterioradas, pero es estimulada y alterada por sustancias tóxicas. Los automotores que funcionan a base de biodiésel también producen material particulado, pero con efectos mucho menos nocivos (Ballester, 2005).

La exposición directa a los contaminantes anteriormente nombrados puede aumentar la probabilidad en el ser humano de padecer de asma, enfermedad que ha sido definida como los episodios intermitentes en la obstrucción de las vías respiratorias; esta definición está completamente separada de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) típicamente observada en adultos jóvenes y personas mayores, la cual tiene respuesta más lenta y exigente al tratamiento. El término para bronquitis es más ampliamente usado en Europa central y oriental que en los países del occidente europeo; esta enfermedad se describe y observa en la población infantil con tos crónica y producción de expectoraciones, características encontradas también en el asma. (Carmona, 2009).

1.6.3. Marco jurídico

Desde el año 1967, y durante aproximadamente veintisiete años, el Gobierno Nacional ha llevado a cabo tareas orientadas a la protección del medio ambiente, entre ellas, la expedición de la Ley 23 de 1973, con la que se buscaba “Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional”.

Así mismo, en 1995 el Presidente de la República, a través del Decreto 948 de 1995, estableció las “normas y principios generales para la protección atmosférica, los

mecanismos de prevención, control y atención de episodios por contaminación del aire generada por fuentes contaminantes fijas y móviles, las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire o niveles de inmisión, las normas básicas para la fijación de los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera, las de emisión de ruido y olores ofensivos, se regulan el otorgamiento de permisos de emisión, los instrumentos y medios de control y vigilancia, el régimen de sanciones por la comisión de infracciones y la participación ciudadana en el control de la contaminación atmosférica”.

A partir de la expedición de ese decreto, se expidieron otros decretos y resoluciones que han modificado o derogado el Decreto 948 de 1995, los cuales se relacionan a continuación:

- El Decreto 2107 de 1995, que modificó el Decreto 948 sobre uso de crudos pesados, quemas abiertas, emisiones vehiculares y actividades contaminantes.
- El Decreto 1224 de 1996 que derogó el artículo 40 del Decreto 948 de 1995, sobre calidad de combustibles.
- El Decreto 1228 de 1997 que modificó el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 sobre certificación del cumplimiento de normas de emisión para vehículos automotores.
- El Decreto 1552 de 2000 que modificó el artículo 38 del Decreto 948 de 1995 y el artículo 3 del Decreto 2107 de 1995, sobre emisiones de vehículos *diésel*.
- Resolución 619 de 1997 sobre factores que requieren permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.
- Resolución 601 de 2006 la cual establece la norma de calidad del aire o Nivel de inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. Esta norma deroga parcialmente el Decreto 02 de 1982, y su objetivo es “establecer la norma de calidad del aire o nivel de inmisión, con el propósito de garantizar un ambiente sano y minimizar los riesgos sobre la salud humana que puedan ser causados por la concentración de contaminantes en el aire ambiente.”

- Decreto 979 del 03 abril 2006 por el cual se modifican los artículos 7, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995. Dicho decreto reglamenta la declaración de los niveles de prevención, alerta y emergencia y las áreas fuente de contaminación.
- Resolución 610 de 2010 por la cual se modifica la Resolución 601 de 2006. Esta resolución modifica la terminología, los niveles máximos permisibles para contaminantes criterio, los niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos y umbrales para las principales sustancias generadoras de olores ofensivos, los procedimientos de medición de la calidad del aire y la declaración de los niveles de prevención, alerta y emergencia por contaminación del aire.
- Resolución 2154 de 2010 por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010.
- Resolución 2254 de 2017 por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones. Esta norma rige actualmente y derogó la Resolución 601 de 2006, la Resolución 610 de 2010, el Anexo 2 “Procedimiento de cálculo para la determinación de área-fuente” del manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire y los numerales 7.6.7 “Índice de Calidad del Aire”, 7.3.1.1. “Manejo y presentación de las variables de calidad del aire” y 7.3.2.8. “Comparación de los valores de concentración con la norma” del manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire del Protocolo para el Monitoreo y seguimiento de la Calidad del Aire, adoptado por la Resolución 650 de 2010 y ajustado por la Resolución 2154 de 2010.

En la tabla 1 aparecen los niveles máximos permitidos de calidad del aire para Colombia, establecidos en la Resolución 2254 de 2017:

Tabla 1. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire

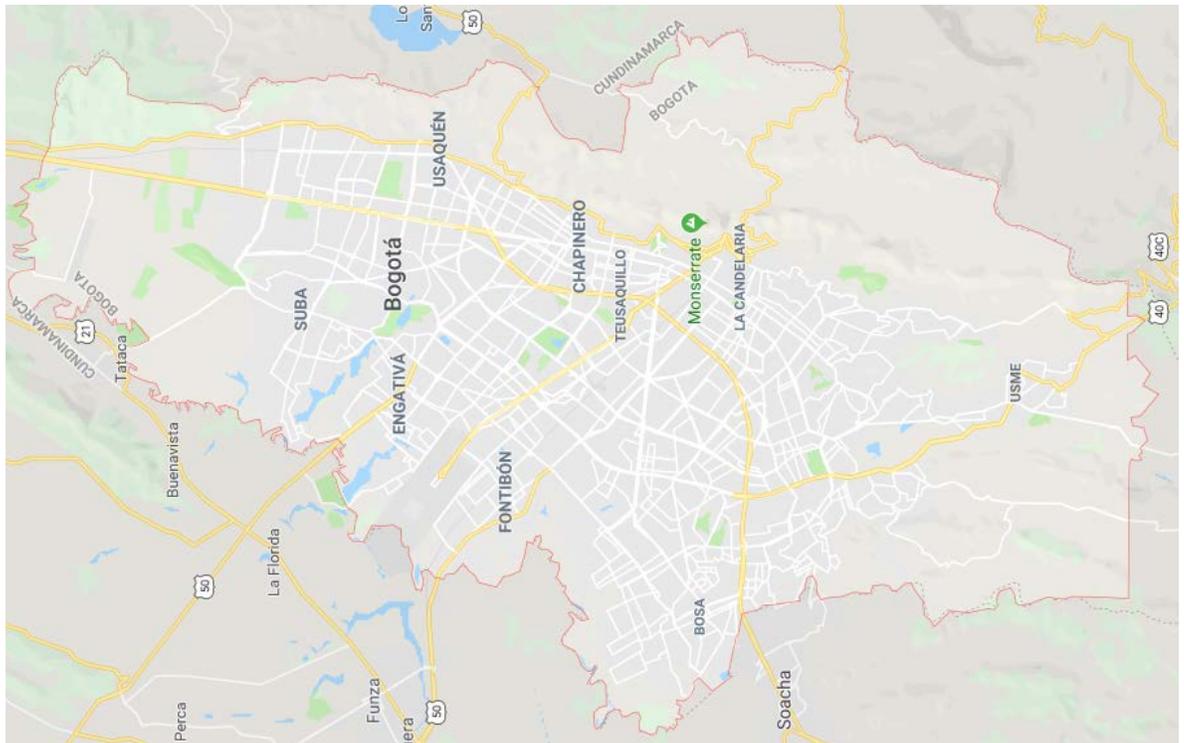
Contaminante	Nivel Máximo Permitido ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de Exposición
PM₁₀	50	Anual
	75	24 horas

PM_{2.5}	25	Anual
	37	24 horas
SO₂	50	24 horas
	100	1 hora
NO₂	60	Anual
	200	1 hora
O₃	100	8 horas
CO	5.000	8 horas
	35.000	1 hora
Fuente Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Artículo 2.		

1.6.4. Marco geográfico

El proyecto de Arquitectura de IoT como Soporte para el Monitoreo, Visualización y Toma de Decisiones de Variables Climáticas en Entornos Urbanos se desarrolla en el Departamento de Cundinamarca. Específicamente en el área metropolitana de Bogotá.

Figura 2. Área Metropolitana de Bogotá



Fuente: Google Maps

1.7. METODOLOGÍA

La metodología aplicada es de tipo: cualitativa-método sistemático, con modelamiento del diseño que cumpla con los requisitos exigidos para la producción del sistema.

1.7.1. Tipo de estudio

El estudio se está llevando a cabo bajo la figura de *estudio descriptivo*, toda vez que mediante este tipo de estudio hace referencia a “*estudios observacionales, en los cuales no se interviene o manipula el factor de estudio, es decir se observa lo que ocurre con el fenómeno en estudio en condiciones naturales, en la realidad*”.³⁴

1.7.2. Método

El método aplicado en la investigación será deductivo, dado que el estudio se realizará de manera general de las arquitecturas de TI para IoT. Se llevaron a cabo comparaciones de diseños de arquitectura que mejor se adaptaron al caso de estudio y, de esta forma, se seleccionó la arquitectura más idónea para su diseño.

1.7.3. Fuentes de información

1.7.3.1. Fuentes primarias

Publicaciones de proyectos con características que tengan grandes niveles de similitud con las indicadas en los requerimientos del sistema, de igual manera se hará uso de libros e investigaciones de arquitecturas de IoT de manera general.

Documentación científica de instrumentos de medición para los procesos de diseño de arquitecturas en sistemas de alta concurrencia.

1.7.3.2. Fuentes secundarias

Para este caso de estudio, se adquirieron conocimientos concisos de la problemática de movilidad que puede llegar a experimentar un grupo de personas

³⁴ VÁSQUEZ, Isabel. Tipos de estudio y métodos de investigación, Universidad Federico Villarreal (En línea), 18 diciembre (2005).

en la ciudad de Bogotá y sus alrededores. Esta adquisición de conocimientos y experiencias se obtuvo mediante el uso de entrevistas y cuestionarios electrónicos que abarcaron la recopilación de variables mediante sensores, concurrencia de sistemas de información, organización de información en motores de bases de datos SQL y/o NoSQL, plataformas móviles y desarrollo de sitios web adaptables a navegadores de dispositivos móviles.

Mediante estas entrevistas se logró el modelamiento del diseño más adecuado según las variables que son objeto de estudio y los entornos que se manejan en el sistema. Analizar arquitecturas aplicadas a proyectos que manejen variables similares a las que se relacionarán en el diseño a realizar, de manera que se puedan identificar las partes principales de cada arquitectura.

1.7.3.3 Recolección de datos

Para la recolección de datos que permitan la realización de un estudio de arquitecturas, elementos y variables que soportan el sistema con el fin de monitoreo y control de variables climáticas para brindar soluciones a una problemática de salud que se presenta actualmente en Colombia y el mundo, se realizaron búsquedas de arquitecturas empresariales enfocadas a Internet de las Cosas, así como encuestas dirigidas a estudiantes y docentes de la Universidad Católica de Colombia, con el objeto de recopilar información sobre los hábitos de transporte y los medios de transporte que más frecuentan.

Mediante esta recolección de datos se logró el modelamiento del diseño más adecuado según las variables que se desean estudiar y los entornos que se manejan en el sistema. Analizar arquitecturas aplicadas a proyectos que manejen variables similares a las que se relacionarán en el diseño a realizar, de manera que se puedan identificar las partes principales de cada arquitectura.

2. REQUERIMIENTOS DEL SERVICIO

Teniendo en cuenta los promedios de concentración de partículas ultrafinas en varios sectores de la ciudad y, los diferentes medios de transporte que utilizan los ciudadanos, se llevó a cabo un levantamiento de información con el fin de generar una visión general de la problemática actual y, llevar a cabo el planteamiento de requerimientos funcionales y no funcionales del servicio.

2.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Para establecer los requerimientos del servicio para el proyecto *Prototipo de Plataforma Tecnológica Colaborativa como Soporte para la Medición y Estimación de la Calidad de Aire en Ambientes Móviles*, se llevó a cabo una encuesta a la comunidad de la Universidad Católica de Colombia en Bogotá, con el fin de conocer los hábitos y preferencias en los medios de transporte utilizados y que contribuyen al proyecto de investigación.

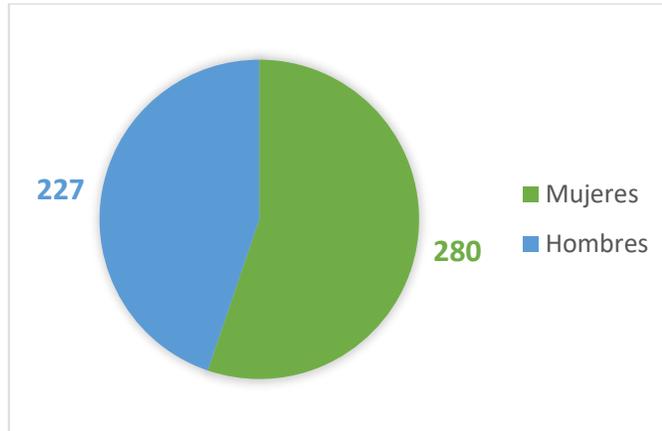
Esta encuesta fue contestada por 507 personas que utilizan varios medios de transporte. A continuación, se presentan los resultados.

2.1.1. Generalidades de la encuesta

2.1.1.1. Género de los encuestados:

La encuesta realizada, tuvo como foco personas que hacen uso continuo de medios de transporte, dentro de la población encuestada participaron:

Figura 3. Género de los encuestados

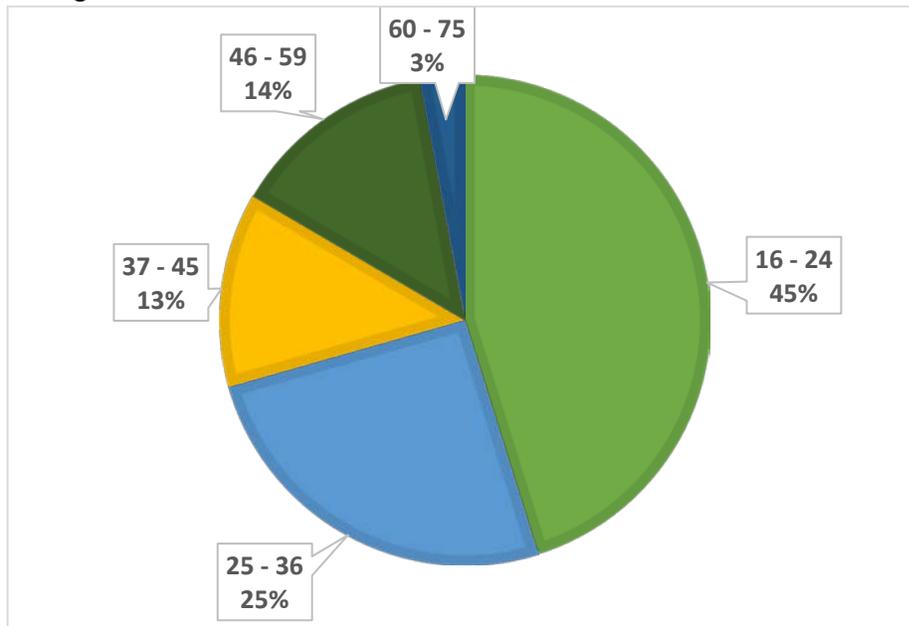


Fuente: Encuesta de hábitos y preferencias de medios de transporte. Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

2.1.1.2. Edad de los encuestados

La mayoría de los encuestados se encuentran por debajo de los 36 años, incluyendo un subgrupo representativo de personas que se encuentran entre los 16 y 24 años de edad, siendo éste el 45% de la población encuestada.

Figura 4. Rango de edades de los encuestados



Fuente: Encuesta de hábitos y preferencias de medios de transporte. Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

2.1.1.3. País de residencia

El 99,80% de la población registra como país de residencia a Colombia, lo que corresponde a que, de 506 personas participantes, una de ellas no radica como persona residente en Colombia.

2.1.1.4. Ciudad de residencia

Tabla 2. Relación de personas encuestadas por ciudad

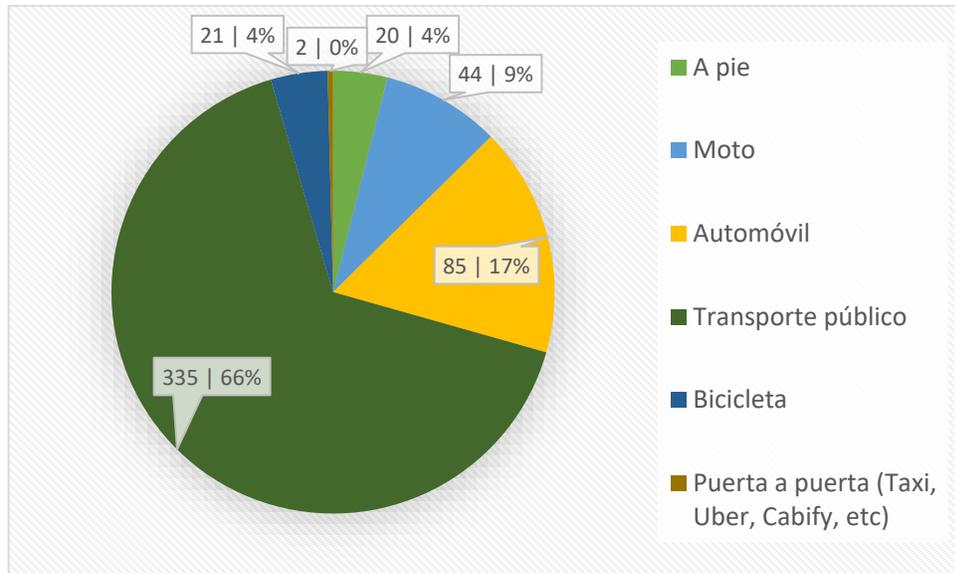
Ciudad	Cantidad de Personas	Porcentaje (%)
Bogotá	485	95,66%
Cajicá	3	0,59%
Facatativá	4	0,79%
Funza	2	0,39%
Ibagué	1	0,20%
La Calera	1	0,20%
Madrid	2	0,39%
Mosquera	3	0,59%
Sibaté	1	0,20%
Soacha	3	0,59%
Villapinzón	1	0,20%
Otros	1	0,20%

Fuente Encuesta de hábitos y preferencias de medios de transporte. Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

Aunque la mayor participación en la encuesta fue de personas que residen en Bogotá, se evidencia participación de personas que residen en ciudades aledañas a la capital colombiana.

2.1.1.5. Medio de transporte utilizado con frecuencia:

Figura 5. Medios de transporte frecuentes



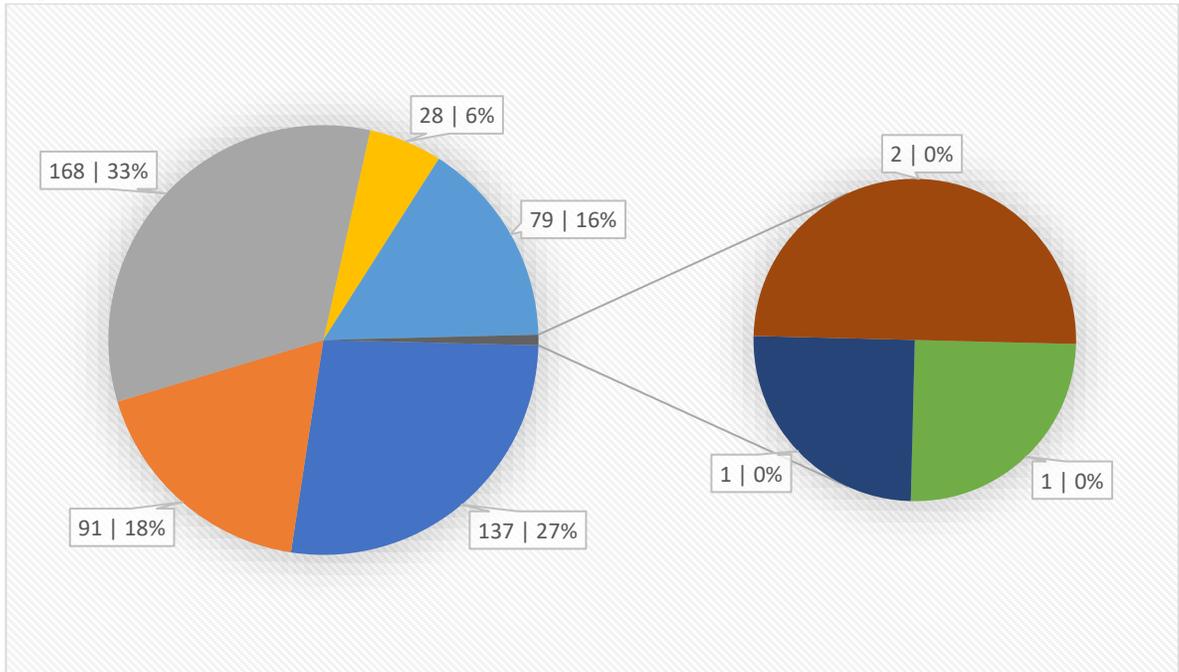
Fuente: Encuesta de hábitos y preferencias de medios de transporte. Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

Según esta información más del 66% de la población frecuenta el uso de transporte público. Sin embargo, en los resultados del medio de transporte ideal, éste no es el medio seleccionado por preferencia, si no que este comportamiento obedece a otros factores como la rapidez en los recorridos o la colectividad.

2.1.1.6. Medio de transporte ideal:

A continuación, se encuentra la tabla de valores que representa la cantidad de personas que tienen preferencias hacia algún medio de transporte de los nombrados por los encuestados.

Figura 6. Medios de transporte ideales para los usuarios



Fuente: Encuesta de hábitos y preferencias de medios de transporte. Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

Según los resultados, se identifica que un aproximado del 84% de la población encuestada tiende a tener preferencias por medios de transportes privados o catalogados como propios, como lo son el automóvil (33%), bicicleta (27%), moto (18%) y la movilización a pie (6%).

Tabla 3. Relación entre medio de transporte ideal y medio de transporte frecuentado

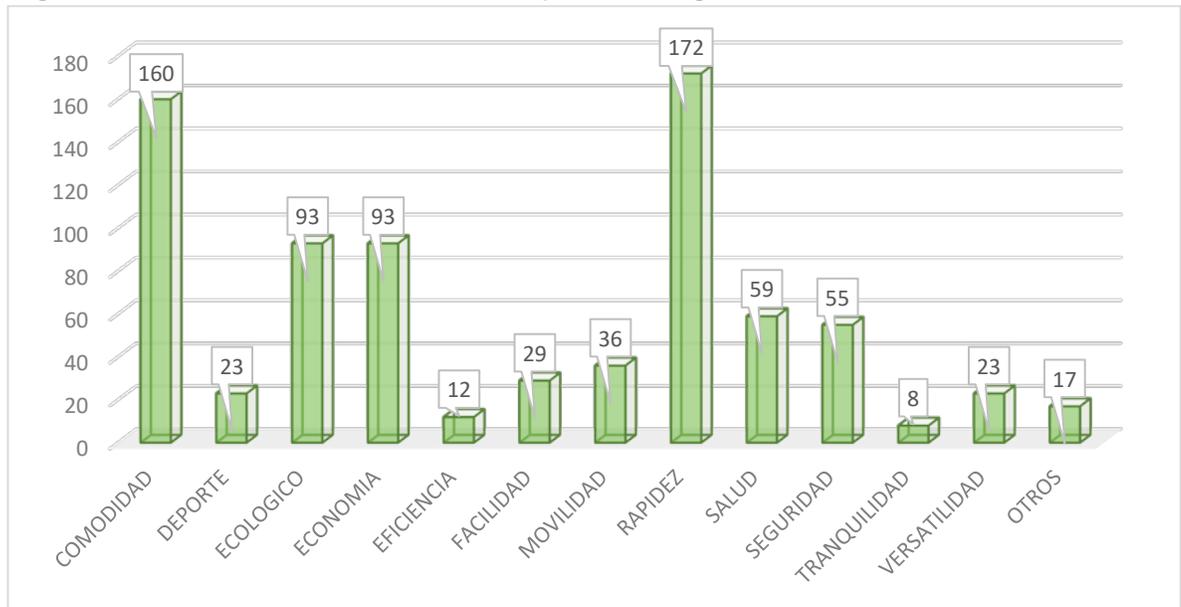
		Medio ideal					
		<i>Bicicleta</i>	<i>Moto</i>	<i>Automóvil</i>	<i>A pie</i>	<i>Transporte público</i>	<i>Carpooling</i>
Medio frecuentado	A pie	3	1	1	10	2	
	Moto	7	25	8	3		
	Automóvil	15	4	41	5	18	
	Transporte público	94	59	112	10	56	1
	Bicicleta	18	2	1			

Fuente: Encuesta de hábitos y preferencias de medios de transporte. Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

La tabla anterior hace una comparación entre el medio de transporte que los usuarios actualmente utilizan y el medio de transporte ideal.

2.1.1.7. Preferencia del medio de transporte escogido

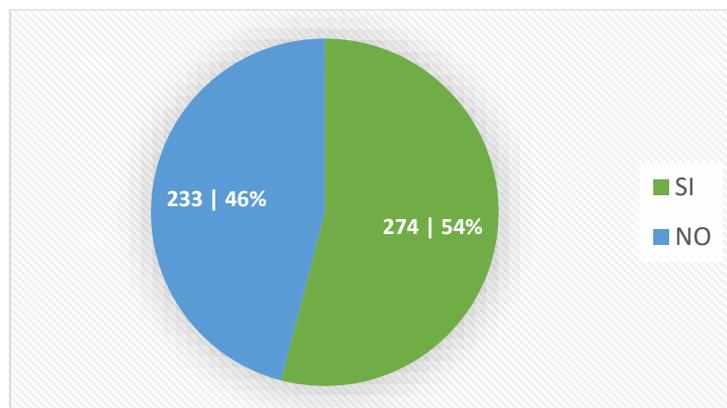
Figura 7. Idealidad del medio de transporte escogido



Fuente: Encuesta de hábitos y preferencias de medios de transporte. Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

2.1.1.8. Usuarios que tienen bicicleta

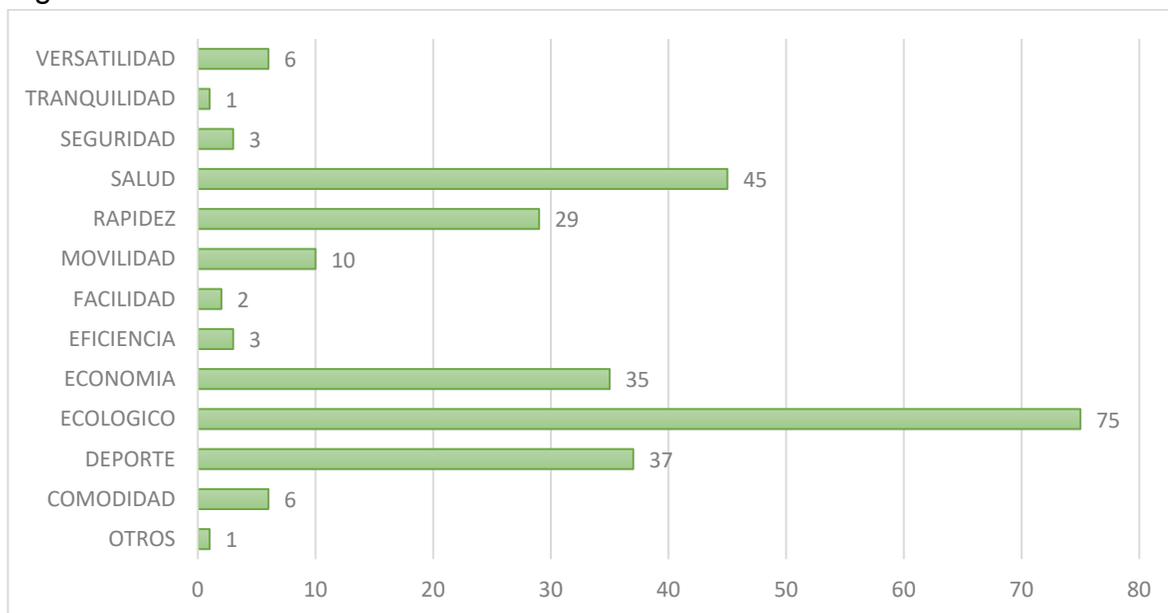
Figura 8. Usuarios encuestados con bicicleta



Fuente: Encuesta de hábitos y preferencias de medios de transporte. Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

2.1.1.9. Motivos de preferencia de la bicicleta sobre otros transportes.

Figura 9. Preferencia de la bicicleta



Fuente: Encuesta de hábitos y preferencias de medios de transporte. Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

2.1.1.10. Caracterización de bicisuarios

De acuerdo a los resultados presentados en el capítulo anterior, se puede determinar que la población considera que la bicicleta es uno de los medios ideales para la movilidad en Bogotá, por factores como salud, rapidez, tiempo, movilidad y tranquilidad.

Tabla 4. Motivos por los cuales no se usa la bicicleta

Razón	Porcentaje (%)
Seguridad	72.5
Tiempos de desplazamiento	47.3
Condiciones climáticas	41.6
Tráfico	21.9
Calidad del aire	15.4
Falta de tiempo	12.6
Incapacidad física	10
No contar con bicicleta	10
Falta de infraestructura en la ciudad (Ciclorutas)	10

Fuente: Encuesta de hábitos y preferencias de medios de transporte. Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

Así mismo, el estudio demostró que los usuarios que utilizan o desean utilizar este medio de transportes para todos sus desplazamientos, presentan preocupación por los niveles de contaminación y de calidad del aire a los cuales se ven expuestos. Aunado a lo anterior, se demostró que las horas del día en donde hay mayor movilidad, son aquellas que tienen mayor polución para los que se movilizan en medios de transporte alternativos con mayor exposición a partículas contaminantes.

Cabe resaltar que teniendo en cuenta la información de la tabla No. 3 donde se evidencia que la bicicleta es uno de los transportes ideales junto con el automóvil, los usuarios de bicicleta o biciusuarios se ven altamente afectados por los motivos que se exponen en la tabla No. 4, donde se puede observar que la población básicamente presenta inconvenientes debido a la calidad del aire presente en el medio ambiente.

Realizando un breve análisis de las estadísticas que nos da esta encuesta y centrándonos en la tabla No. 4, se puede evidenciar que las causas expuestas por los biciusuarios tienen relación con el enfoque de este proyecto en donde se busca que los usuarios que hagan uso del *Prototipo de Plataforma Tecnológica Colaborativa como Soporte para la Medición y Estimación de la Calidad de Aire en Ambientes Móviles*, disminuyan la exposición a la contaminación de los lugares por los cuales transitan a sus destinos.

Aunque el enfoque principal del proyecto en general es el beneficio de los usuarios de bicicleta, este proceso también pretende mejoras en el medio ambiente al aumentar el uso de medios de transporte amigables con el medio ambiente. Según la Secretaría Distrital de Movilidad, “entre 2016 y 2018, los viajes en bicicleta en Bogotá crecieron más de 18 %”³⁵. Por lo anterior, se puede inferir que se ha presentado un crecimiento en la población que usa bicicleta para realizar los recorridos diarios.

Una publicación realizada por la revista Dinero³⁶ en la sección de movilidad, habla de las ventajas y desventajas del uso de las motos y las bicicletas basados en un estudio realizado por el experto en transporte sustentable, Edder Velandia, quien expone que, dentro de las 10 desventajas del uso de moto y bicicleta, es común la

³⁵ Entre 2016 y 2018, los viajes en bicicleta en Bogotá crecieron un 18 %, Giovanni Suárez Bayona, [En línea] <https://conexioncapital.co/viajes-bicicleta-bogota-crecieron/>

³⁶ 10 ventajas y desventajas del uso de las motos y las bicicletas, Revista Dinero, Sección movilidad, 2014 [En línea] <https://www.dinero.com/pais/articulo/ventajas-desventajas-del-uso-motos-bicicletas/203729>

exposición que tienen los usuarios a las emisiones vehiculares de los corredores por los cuales transitan.

2.2. Requisitos del sistema y diagramas.

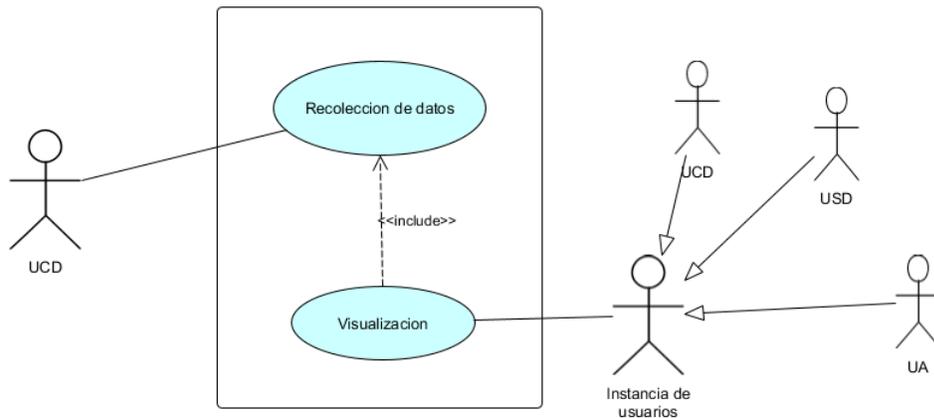
Tabla 5. Acrónimos utilizados en el desarrollo del documento

Acrónimo	Descripción
UA	Hace referencia a los usuarios que no se encuentran registrados en la plataforma y se identificarán como usuarios anónimos.
UCD	Usuarios que se encuentran registrados y manejan un dispositivo de medición, que se relaciona con la cuenta de usuario.
USD	Usuario que posee un registro en la plataforma, pero no cuenta con un dispositivo de medición relacionado.
A	Usuario administrador del sistema.

Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

Teniendo en cuenta el análisis obtenido por los resultados de la encuesta, y la preferencia de las personas por el uso de la bicicleta como medio de transporte, se establecen las representaciones del sistema y los requisitos necesarios para el sistema de información.

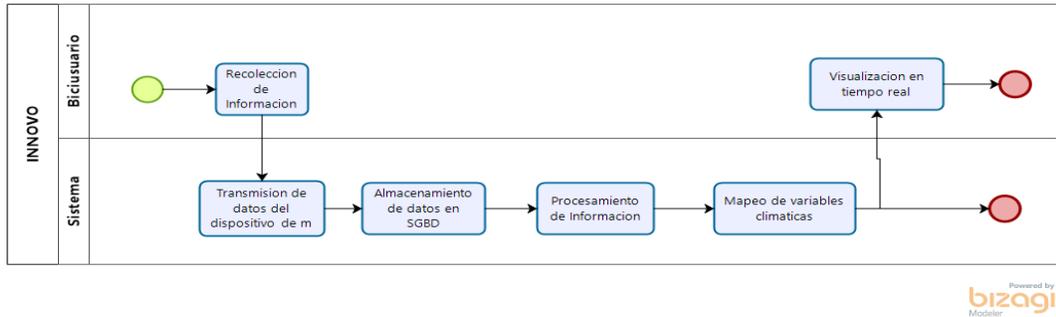
Figura 10. Ejemplo de caso de uso del sistema, interacción del biciusuario con el sistema



Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

Así mismo, se verifica la relación de los usuarios con el funcionamiento general del sistema.

Figura 11. Ejemplo básico de diagrama de actividad del sistema



Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

Dado que la dinámica de los usuarios de bicicleta durante los recorridos está expuesta a un desempeño físico considerable y, de acuerdo a la necesidad de recolectar información concerniente a la calidad del aire durante los trayectos elaborados por los usuarios de bicicleta, la transmisión entre el dispositivo recolector y el teléfono móvil o celular, debe ser a través de *Bluetooth*.

Figura 12. Funcionamiento básico de transmisión de datos.



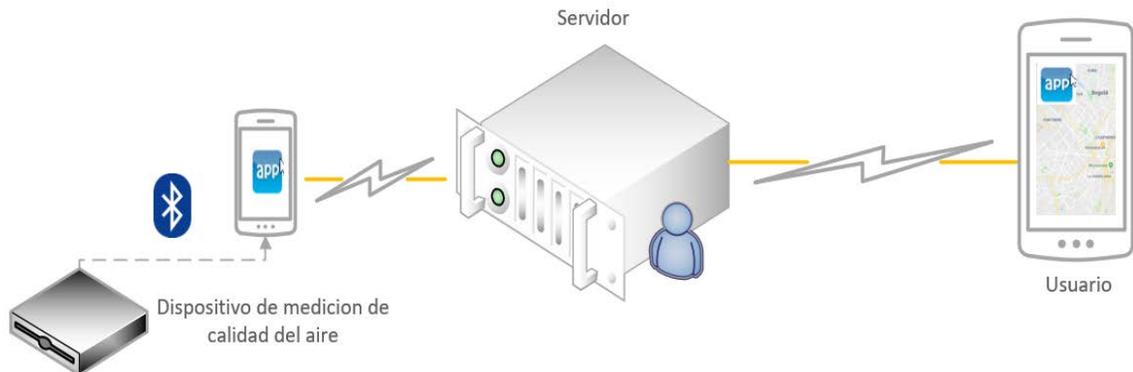
Fuente: *sudowoodo*. Mujer montando bicicleta, estilo de vector de dibujos animados plana. Ilustración de salud y fitness.

La especificación de red *Bluetooth* tiene la capacidad de transferir con un ritmo de 721 Kilobytes por segundo (Kbps) a partir de la versión 1.2. Este ancho de banda

permite la transferencia de diferentes tipos de datos (imágenes, archivos de audio, archivos de texto, etc.), según el número de bytes contenidos en la trama de transmisión.³⁷ Por lo anterior, se considera factible la conexión a través de esta especificación de red.

Posterior a la recepción de datos desde el dispositivo de medición, se da la transferencia al dispositivo móvil y de allí la información es cargada al servidor, como es representado en la siguiente imagen.

Figura 13. Arquitectura básica del sistema.



Fuente: Edwin Daniel Durán Gaviria. Especificación de requisitos de software (Servidor). Modificado por Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

2.3. CARACTERÍSTICAS DE USUARIO

Se deben establecer roles de usuarios según el uso de la plataforma. Como rol principal se encuentran: el usuario administrador del sistema, los usuarios registrados del sistema y, por último, los usuarios visitantes.

2.3.1. Administrador del sistema

Es el usuario encargado de administrar el sistema y gestionar la información en cada módulo desarrollado de la plataforma.

2.3.2. Usuarios Registrados

³⁷ Velocidad de transmisión por bluetooth, SAMSUNG, [En línea] Disponible en <https://www.samsung.com/pe/support/mobile-devices/what-is-the-speed-of-data-transfer-of-a-bluetooth-connection/>.

Son los usuarios directos del sistema que previamente se han registrado en la plataforma. Su acceso se realiza mediante usuario y contraseña y podrán acceder a su información. Así mismo, suministran los datos de las variables ambientales a través de la app en el *smartphone* y con el dispositivo de medición.

2.3.3. Visitantes

Son usuarios que consultan la información: Mapas de contaminación y generación de rutas limpias.

2.4. Restricciones, suposiciones y dependencias del sistema.

Se establecen las siguientes restricciones para la construcción del sistema:

- a. El Sistema se recomienda desarrollarse utilizando el manual de imagen institucional de la Universidad Católica de Colombia.³⁸
- b. Se continuará utilizando la metodología HCD (Desarrollo Centrado en las Personas), como metodología general del proyecto aplicando una metodología específica de desarrollo de software para esta parte específica.
- c. La app móvil será desarrollada para dispositivos con sistema operativo *Android* lo que se deberá tener en cuenta en el proceso de comunicación entre el dispositivo de medición, la app y el servidor.

De igual manera las suposiciones y dependencias que se presentan:

- a. La definición de variables ambientales puede modificarse en función de los sensores a incluir en el dispositivo de medición, lo que afectaría los requisitos de software.
- b. La evaluación del consumo de ancho de banda del envío de las variables ambientales y recepción de las consultas determinará los periodos de actualización de la información en el sistema, buscando cercanía con la visualización en “tiempo real”.

2.5. SERVIDOR

³⁸ Reglamentos y estatutos de la Universidad Católica de Colombia, [En línea] Disponible en: <https://www.ucatolica.edu.co/portal/wp-content/uploads/adjuntos/reglamentos-y-estatutos/manual-imageninstitucional.pdf>.

2.5.1. Requisitos de interfaces

Las principales interfaces a establecer son las de usuario, teniendo en cuenta los roles establecidos con anterioridad en este mismo documento.

2.5.1.1. Interfaces de usuario Administrador (A)

El usuario administrador accederá a la plataforma Web y observará una interfaz para autenticarse. Si los datos son correctos, el administrador encontrará un panel en el que podrá agregar los perfiles necesarios y la aparición de todos los módulos del sistema. El administrador también tendrá acceso al gestor de la base de datos que le permitirá agregar, editar o eliminar campos según sea necesario.

2.5.1.2. Visitante (V)

El visitante no tendrá que autenticarse ya que tendrá un módulo aparte donde se le darán permisos de consulta. Los visitantes podrán observar el mapa de contaminación (Calidad de Aire) teniendo en cuenta las variables de medición, la calidad de aire cercana a su zona (si se encuentra disponible alguna medición) y la generación de una ruta “limpia” digitando el origen y el destino.

2.5.1.3. Usuarios Registrados (U)

El usuario registrado ingresará al sistema y tendrá que autenticarse. El usuario registrado, adicional a las opciones del usuario visitante, tendrá la posibilidad de hacer seguimiento a los datos suministrados de medición de variables asociadas a la calidad del aire de los recorridos realizados. El usuario registrado, por medio del dispositivo de medición y la aplicación en el smartphone, suministran de manera automática, los datos de la calidad de aire medidos.

A continuación, se presentarán las interfaces de hardware, software y de comunicación necesarias para el desarrollo del servidor.

2.5.1.4. Interfaces de hardware

El servidor de pruebas utilizará como plataforma de Hardware una Raspberry Pi (Versión 2 o 3) y el servidor de despliegue se montará en la nube (proveedor de servicios por definir). El sistema operativo estará basado en Linux.

2.5.1.5. Interfaces de software

El sistema será desarrollado en lenguaje de programación PHP además de herramientas de apoyo como CSS, y JavaScript. Para la creación y administración de la base de datos se propone usar MongoDB para el almacenamiento de las variables obtenidas por el dispositivo recolector y MySQL para el manejo de información del usuario.

2.5.1.6. Interfaces de comunicación

El servidor que dará soporte a la plataforma tecnológica colaborativa para la medición y estimación de la calidad de aire en ambientes móviles. Los datos de entrada son suministrados por medio de una aplicación móvil (previamente recibidos del dispositivo de medición), que envía la información a través de Internet al servidor. Esto se realizará mediante un archivo plano enviado por el dispositivo telefónico por medio del protocolo FTP. La trama enviada será definida en la etapa de diseño e incluiría las variables de medición, la posición determinada por el GPS incluido en el dispositivo y el id del usuario registrado).

2.5.2. Requerimientos de Base de datos

2.5.2.1. Listado de requerimientos funcionales

Tabla 6. Listado de requerimientos funcionales relacionados con el servidor de Base de datos.

ID	REQUERIMIENTO FUNCIONAL	INTERFAZ	RIESGO	PRIORIDAD
RF1	Ingreso al sistema por autenticación	A, U	Marginal	Alta
RF2	Crear Perfiles	A	Marginal	Alta
RF3	Eliminar Perfiles	A	Crítico	Alta
RF4	Editar Perfiles	A	Crítico	Alta
RF5	Establecer Conexión	U	Crítico	Alta
RF6	Cerrar Conexión	U	Crítico	Alta
RF7	Recibir datos de variables ambientales y posicionamiento	S	Crítico	Alta
RF8	Almacenar datos de variables ambientales y posicionamiento	S	Crítico	Alta
RF9	Generar Mapa de Contaminación (Calidad de Aire)	U, V	Crítico	Alta

RF10	Generar Indicadores de Calidad de aire cercano a la zona	U, V	Marginal	Media
RF11	Generar “ruta limpia” de desplazamiento	U, V	Crítico	Alta
RF12	Generar Alarmas de Calidad de Aire	S, U, V	Crítico	Alta
RF13	Generar datos de calidad de aire suministrados por el usuario	U	Marginal	Media
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.				

2.5.2.2. Especificación de requerimientos funcionales

A continuación, se indicarán los requerimientos funcionales anteriormente mencionados, de manera específica.

Tabla 7. Requerimiento Funcional No. 1 (RF1)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF1	Ingreso al sistema por autenticación	-
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
A, U	Alta	
DESCRIPCIÓN		
Cualquiera de estos actores podrán ingresar al sistema con un usuario y contraseña asociados		
PRECONDICIÓN		
Ingresar los datos correctos en los campos de usuario y contraseña.		
ENTRADAS		SALIDAS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario (Login) 2. Contraseña (Password) 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Acceso al sistema
POSTCONDICIÓN		
La aplicación valida los datos que se ingresaron y el usuario ingresará a la página principal de la plataforma con los módulos que corresponden a su perfil.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Si los campos están en blanco se pide de nuevo que el usuario los ingrese. 2. Si los datos son erróneos se avisará al usuario, invitándolo a que ingrese los datos correctamente. 		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 8. Requerimiento Funcional No. 2 (RF2)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF2	Crear perfiles	RF1
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
A	Alta	
DESCRIPCIÓN		
El administrador podrá crear perfiles en el sistema.		
PRECONDICIÓN		
Ingresar los datos, funciones y restricciones del nuevo perfil.		
ENTRADAS		SALIDAS

1. Funciones del perfil 2. Restricciones del perfil	1. Nuevo perfil
POSTCONDICIÓN	
El nuevo perfil podrá ser asignado a cualquier actor.	
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES	
1. Si se asignan funciones que no existen se pedirá que se ingresen de nuevo. 2. En caso de estar registrado el usuario se le avisar que ya existe.	
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.	

Tabla 9. Requerimiento Funcional No. 3 (RF3)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF3	Eliminar perfiles	RF1
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
A	Alta	
DESCRIPCIÓN		
El administrador podrá eliminar perfiles en el sistema si así lo desea.		
PRECONDICIÓN		
Debe existir el perfil que se desea eliminar y seleccionar el código/ nombre identificador para eliminarlo		
ENTRADAS		SALIDAS
1. Código /Nombre del perfil		1. Perfil eliminado
POSTCONDICIÓN		
El sistema elimina el perfil seleccionado.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
1. Si el perfil a eliminar no existe se pide al usuario que ingrese un código / nombre válido.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 10. Requerimiento Funcional No. 4 (RF4)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF4	Editar perfiles	RF1
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
A	Alta	
DESCRIPCIÓN		
El administrador podrá editar perfiles en el sistema si así lo desea.		
PRECONDICIÓN		
Debe existir el perfil que se desea editar e ingresar el código/ nombre identificador para editarlo		
ENTRADAS		SALIDAS
1. Código /Nombre del perfil		1. Perfil editado
POSTCONDICIÓN		
El sistema permite la edición del perfil seleccionado.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
1. Si el perfil a editar no existe se pide al usuario que ingrese un código / nombre válido.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 11. Requerimiento Funcional No. 5 (RF5)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF5	Establecer conexión	RF1
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	

U	Alta
DESCRIPCIÓN	
Se debe realizar la conexión con la app (cliente) para poder recibir los datos de calidad del aire	
PRECONDICIÓN	
Debe estar registrado el usuario como requisito para establecer la conexión.	
ENTRADAS	SALIDAS
1. Login y password, solicitud de conexión	1. Conexión establecida
POSTCONDICIÓN	
El servidor establece la conexión entre el usuario registrado y el servidor por medio de la app.	
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES	
1. Si el usuario no está registrado, se le solicitará que se registre primero, para poder establecer la conexión y acceder a su cuenta.	
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.	

Requerimiento Funcional No. 6 (RF6)

Tabla 12. Requerimiento Funcional No. 6 (RF6)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF6	Cerrar conexión	RF5
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
U	Alta	
DESCRIPCIÓN		
Cerrar la conexión entre el servidor y la app cliente después de un periodo de inactividad.		
PRECONDICIÓN		
Debe estar establecida previamente una conexión con el servidor y tener inactividad (sin envío de datos al servidor).		
ENTRADAS	SALIDAS	
1. Periodo de inactividad	1. Desconexión con el servidor	
POSTCONDICIÓN		
El servidor desconecta la conexión entre usuario y el servidor.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 13. Requerimiento Funcional No. 7 (RF7)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF7	Recibir datos de variables ambientales y posicionamiento	RF5
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
S	Alta	
DESCRIPCIÓN		
El servidor debe conectarse con el cliente y recibir los datos a intervalos regulares de tiempo, suministrados por el app con relación a las variables ambientales a medir (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC), la posición de medición y el id del usuario.		
PRECONDICIÓN		
Debe existir el id del usuario y establecerse previamente la conexión con la app.		
ENTRADAS	SALIDAS	
1. Trama con las variables ambientales (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC), posición de medición y el id del usuario	1. Desconexión con el servidor	

POSTCONDICIÓN		
Trama con las variables ambientales (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC), posición de medición y el id del usuario		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
1. Si no existe o no está registrado el usuario, los datos se recibirán y almacenarán con un código genérico		
2. Si el cliente no recibe el ACK, se podría recibir nuevamente la misma trama de datos.		
3. Los intervalos de recepción se determinarán dependiendo del consumo del ancho de banda de la trama, para no afectar considerablemente el plan de datos del usuario.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 14. Requerimiento Funcional No. 8 (RF8)

IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF8	Almacenar datos de variables ambientales y posicionamiento	RF7
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
S	Alta	
DESCRIPCIÓN		
El servidor posteriormente a la captura de la información, procederá a almacenar en la base de datos las variables ambientales a medir (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC), la posición de medición, el id del usuario, AQI y Hora de medición.		
PRECONDICIÓN		
Debe existir el id del usuario y recibir previamente los datos desde la aplicación.		
ENTRADAS		SALIDAS
1. Variables ambientales (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC), posición de medición (altitud y longitud), id del usuario, AQI y Hora de medición.		1. Registro almacenado en la base de datos
POSTCONDICIÓN		
El sistema almacena la información en la base de datos.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
1. Si no existe o no está registrado el usuario, los datos se almacenarán con un código genérico.		
2. Si la información no se recibe con la posición de medición se descarta y no se almacenará en la base de datos.		
3. Si la información no incluye la hora de medición, se tomará la hora de entrada en el sistema.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 15. Requerimiento Funcional No. 9 (RF9)

IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF9	Generar mapa de contaminación (calidad de aire)	RF8
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
U,V	Alta	
DESCRIPCIÓN		
Se generará un mapa en donde se visualice el estado de la calidad de aire en cada punto medido, según la escala definida por el AQI. En el mapa se permitiría visualizar los puntos seleccionados dependiendo de la escala de colores de AQI. En esta visualización se podrán observar los valores de medición de las variables ambientales de manera individual (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC) y su correspondiente valor AQI. El usuario podrá elegir el periodo de observación de los datos.		
PRECONDICIÓN		
Deben existir datos almacenados de variables ambientales.		
ENTRADAS		SALIDAS
1. Zona elegida para la generación de mapa (ciudad).		1. Mapa de Calidad de Aire

2. Selección de escala AQI a observar (todas o individual).	
3. Periodo de observación de los datos	
POSTCONDICIÓN	
El servidor visualiza el mapa de contaminación (calidad de aire) de acuerdo a la zona elegida.	
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES	
1. Si no se selecciona la zona, el mapa por defecto que se mostrará es el de Bogotá.	
2. Si no se selecciona los umbrales AQI, por defecto se mostrarán todos.	
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.	

Tabla 16. Requerimiento Funcional No. 10 (RF10)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF10	Generar Indicadores de calidad de aire cercano a la zona	RF8
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
U,V	Media	
DESCRIPCIÓN		
Se generará el indicador de la calidad de aire cercano a la zona en donde se encuentra el usuario según la escala AQI.		
El usuario debe suministrar la información de su ubicación actual.		
En esta visualización se podrán observar los valores de medición de las variables ambientales de manera individual (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC) y su correspondiente valor AQI.		
El usuario podrá elegir el periodo de observación de los datos.		
PRECONDICIÓN		
Deben existir datos almacenados de variables ambientales.		
ENTRADAS		SALIDAS
1. Ubicación actual del usuario. 2. Periodo de observación de los datos.		1. Indicador de calidad de aire cercano a la zona elegida
POSTCONDICIÓN		
El servidor visualiza el indicador de la calidad de aire cercano a la zona elegida		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
1. Se mostrarán los datos más recientes de medición de la zona según lo almacenado en la base de datos, especificando al usuario la fecha de la información.		
2. Si no hay datos de medición en la zona, se le informará al usuario que no hay datos suficientes para la generación del indicador.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 17. Requerimiento Funcional No. 11 (RF11)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF11	Generar "ruta limpia" de desplazamiento	RF8
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
U,V	Crítica	
DESCRIPCIÓN		
El sistema mostrará la ruta de desplazamiento teniendo en cuenta los mejores indicadores de calidad de aire según la escala AQI, entre un origen y un destino definido por el usuario.		
PRECONDICIÓN		
El usuario seleccionará el origen y el destino para determinar la ruta.		
Deben existir datos almacenados de variables ambientales		
ENTRADAS		SALIDAS
1. Origen y destino		1. Ruta "limpia" de desplazamiento
POSTCONDICIÓN		
El servidor genera la ruta del usuario entre los puntos definidos.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
1. El sistema por defecto no tomará un punto de la ruta si no cuenta con medición.		

2. Si los datos de medición son insuficientes para la determinación de la ruta, el sistema asumirá un punto sin datos como un punto viable dentro del desplazamiento.

Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

Tabla 18. Requerimiento Funcional No. 12 (RF12)

IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF12	Generar alarmas de calidad de aire	RF8
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
S,U,V	Crítica	
DESCRIPCIÓN		
El sistema mostrará alertas de las zonas que presenten condiciones con baja calidad de aire.		
PRECONDICIÓN		
Deben existir datos almacenados de variables ambientales		
ENTRADAS		SALIDAS
-		1. Zonas con baja calidad de aire
POSTCONDICIÓN		
Alarmas de zonas con baja calidad de aire.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
1. Si el sistema no tiene datos recientes que actualicen la información de la zona a la que se generó la alarma, la alarma solo se mostrará durante el día en el cual se tomó la medición.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 18. Requerimiento Funcional No. 13 (RF13)

IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF13	Generar datos de calidad de aire suministrados por el usuario	RF1, RF8
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
U	Media	
DESCRIPCIÓN		
El sistema mostrará los datos que cada usuario ha subido al sistema según el periodo seleccionado.		
PRECONDICIÓN		
Deben existir datos almacenados de variables ambientales y usuario registrado		
ENTRADAS		SALIDAS
1. Login, Password. 2. Periodo de visualización de los datos		1. Datos de calidad de aire suministrados por el usuario
POSTCONDICIÓN		
Datos suministrados según periodo de visualización		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
1. Si los datos son erróneos se avisará al usuario, invitándolo a que ingrese los datos correctamente. 2. Por defecto el sistema mostrará los datos del último mes.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

2.5.3. Requerimientos de aplicación Web

2.5.3.1. Listado de requerimientos funcionales.

Tabla 19. Listado de requerimientos funcionales del servidor de aplicaciones

ID	REQUERIMIENTO FUNCIONAL	INTERFAZ	RIESGO	PRIORIDAD
RF1	Solicitud de creación del usuario	U	Crítico	Alta

RF2	Autenticar el ingreso del usuario	U	Crítico	Alta
RF3	Editar perfil del usuario	U	Marginal	Media
RF4	Cerrar perfil del usuario	U	Marginal	Alta
RF5	Registrar dispositivo de censado	U	Crítico	Alta
RF6	Establecer conexión con el dispositivo de censado	U	Crítico	Alta
RF7	Recibir datos de variables ambientales y posicionamiento del dispositivo de censado	A	Crítico	Alta
RF8	Transmitir datos de variables ambientales y posicionamiento del dispositivo al servidor	A	Crítico	Alta
RF9	Solicitar la generación de una ruta	U,V	Crítico	Alta
RF10	Visualización de alarmas	U	Marginal	Media
RF11	Visualizar el mapa de contaminación	U,V	Crítico	Alta
RF12	Consultar indicadores de calidad del aire de la zona	U,V	Crítico	Alta
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.				

2.5.3.2. Especificación de requerimientos funcionales.

Requerimiento Funcional No. 1 (RF1)

Tabla 20. Requerimiento Funcional No. 20 (RF20)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF1	Solicitud de creación del usuario	-
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
U	Alta	
DESCRIPCIÓN		
Un usuario solicita el registro al sistema de monitoreo.		
PRECONDICIÓN		
Ingresar los datos correctos en los campos.		
ENTRADAS		SALIDAS
1. Nombres completos 2. Información de contacto 3. Datos de la bicicleta		1. Usuario (Login) 2. Contraseña (Password)
POSTCONDICIÓN		
La aplicación valida los datos que se ingresaron y el usuario ingresará al panel principal de la aplicación móvil con los módulos que corresponden a su perfil.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
1. Si los campos están en blanco se pide de nuevo que el usuario los ingrese. 2. Si los datos son erróneos se avisará al usuario, invitándolo a que ingrese los datos correctamente. 3. Si los datos del usuario ya existen en el sistema se reportará al usuario.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Requerimiento Funcional No. 2 (RF2)

Tabla 20. Requerimiento Funcional No. 2 (RF2)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF2	Autenticar el ingreso del usuario	RF1
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
U	Alta	
DESCRIPCIÓN		
Un usuario podrá ingresar al sistema con un usuario y contraseña asociados.		
PRECONDICIÓN		
Ingresar los datos correctos en los campos de usuario y contraseña.		
ENTRADAS	SALIDAS	
1. Usuario (Login) 2. Contraseña (Password)	1. Acceso al sistema	
POSTCONDICIÓN		
La aplicación valida los datos que se ingresaron y el usuario ingresará al panel principal de la aplicación móvil con los módulos que corresponden a su perfil.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
1. Si los campos están en blanco se pide de nuevo que el usuario los ingrese. 2. Si los datos son erróneos se avisará al usuario, invitándolo a que ingrese los datos correctamente.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 21. Requerimiento Funcional No. 3 (RF3)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF3	Editar perfil del usuario	RF2
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
U	Media	
DESCRIPCIÓN		
Un usuario podrá editar un perfil si así lo desea.		
PRECONDICIÓN		
Debe existir el perfil que desea editar.		
ENTRADAS	SALIDAS	
1. Datos por modificar	1. Perfil editado	
POSTCONDICIÓN		
La aplicación permite editar el perfil seleccionado.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
1. Si los datos son erróneos se avisará al usuario, invitándolo a que ingrese los datos correctamente.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 22. Requerimiento Funcional No. 4 (RF4)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF4	Cerrar perfil del usuario	RF2
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
U	Media	
DESCRIPCIÓN		
Un usuario podrá cerrar su perfil si así lo desea.		
PRECONDICIÓN		
Debe existir el perfil que desea cerrar.		
ENTRADAS	SALIDAS	
	1. Perfil eliminado	
POSTCONDICIÓN		
La aplicación elimina el perfil del usuario.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		

Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

Requerimiento Funcional No. 5 (RF5)

Tabla 23. Requerimiento Funcional No. 5 (RF5)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF5	Registrar dispositivo de censado	RF2
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
U	Alta	
DESCRIPCIÓN		
Un usuario solicita el registro de un dispositivo de censado asociado a su perfil.		
PRECONDICIÓN		
La dirección MAC del dispositivo de censado está registrada en el servidor.		
ENTRADAS	SALIDAS	
1. Dirección MAC del dispositivo de censado	1. Dispositivo asociado al perfil del usuario	
POSTCONDICIÓN		
La aplicación valida los datos que se ingresaron de la dirección MAC y si esta se encuentra registrada como libre en el servidor es asociada al perfil del usuario.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
1. Si la dirección MAC del dispositivo de censado no se encuentra registrada en el servidor, se debe generar un mensaje de error. 2. Si la dirección MAC del dispositivo de censado ya se encuentra asociada a otro perfil de usuario, se debe generar un mensaje de error		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 24. Requerimiento Funcional No. 6 (RF6)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF6	Establecer conexión con el dispositivo de censado	RF2
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
U	Alta	
DESCRIPCIÓN		
Establecer la Conexión con el dispositivo de censado para poder recibir los datos de calidad del aire.		
PRECONDICIÓN		
El usuario debe tener asociado a su perfil un dispositivo de censado.		
ENTRADAS	SALIDAS	
	1. Dispositivo conectado	
POSTCONDICIÓN		
La aplicación establece conexión con el dispositivo de censado por medio del protocolo BLE.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
1. Si no se puede establecer conexión con el dispositivo de censado se debe generar un mensaje de error		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 25. Requerimiento Funcional No. 7 (RF7)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF7	Recibir datos de variables ambientales y posicionamiento del dispositivo de censado	RF6
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	

A	Alta
DESCRIPCIÓN	
La aplicación debe conectarse con el dispositivo de censado y recibir los datos de las variables ambientales a medir (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC), y las coordenadas geográficas de medición. Estos datos se solicitan al dispositivo a intervalos regulares de tiempo.	
PRECONDICIÓN	
El usuario debe tener asociado a su perfil un dispositivo de censado.	
ENTRADAS	SALIDAS
1. Trama con las variables ambientales (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC), y las coordenadas geográficas de medición.	1. Datos recibidos correctamente
POSTCONDICIÓN	
La aplicación recibe los datos para posteriormente ser transmitidos al servidor.	
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES	
1. Si no se puede establecer conexión con el dispositivo de censado se debe generar un mensaje de error.	
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.	

Tabla 26. Requerimiento Funcional No. 8 (RF8)

IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF8	Transmitir los datos de variables ambientales y posicionamiento al servidor	RF7
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
A	Alta	
DESCRIPCIÓN		
La aplicación debe conectarse con el dispositivo de censado y recibir los datos de las variables ambientales a medir (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC), las coordenadas geográficas de medición, el ID del usuario, y un timestamp. Estos datos se transmiten al servidor a intervalos regulares de tiempo.		
PRECONDICIÓN		
El usuario debe tener asociado a su perfil un dispositivo de censado y tener una conexión activa con el servidor.		
ENTRADAS	SALIDAS	
1. Trama con las variables ambientales (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC), y las coordenadas geográficas de medición, el ID del usuario, y un timestamp.	1. Datos recibidos correctamente	
POSTCONDICIÓN		
La aplicación recibe una confirmación de la recepción de los datos.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
1. Si no se puede establecer conexión con el servidor se debe generar un mensaje de error y almacenar en el Smartphone los datos para que una vez restablecida la conexión se puedan enviar.		
2. Si la aplicación no recibe el ACK, se debe reenviar la misma trama de datos.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 27. Requerimiento Funcional No. 9 (RF9)

IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF9	Solicitar la generación de una ruta	-
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	

U,V	Alta
DESCRIPCIÓN	
El sistema mostrará una ruta para el desplazamiento teniendo en cuenta los mejores indicadores de calidad de aire, según la escala AQI, entre un origen y un destino definido por el usuario.	
PRECONDICIÓN	
Deben existir datos almacenados de variables ambientales.	
ENTRADAS	SALIDAS
1. Origen. 2. Destino	1. Ruta para el desplazamiento
POSTCONDICIÓN	
La aplicación muestra la ruta del usuario entre los puntos definidos.	
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES	
1. El sistema por defecto no tomará un punto de la ruta si no cuenta con medición. 2. Si los datos de medición son insuficientes para la determinación de la ruta, el sistema asumirá un punto sin datos como un punto viable dentro del desplazamiento.	
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.	

Tabla 28. Requerimiento Funcional No. 10 (RF10)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF10	Visualización de alarmas	-
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
U	Marginal	
DESCRIPCIÓN		
La aplicación mostrará las alertas, generadas por el servidor, de las zonas que presenten condiciones con baja calidad de aire.		
PRECONDICIÓN		
Deben existir datos almacenados de variables ambientales.		
ENTRADAS	SALIDAS	
	1. Alerta visual	
POSTCONDICIÓN		
El usuario podrá solicitar la generación de una nueva ruta.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
N/A		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 29. Requerimiento Funcional No. 11 (RF11)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF11	Visualizar el mapa de contaminación	-
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
U,V	Crítico	
DESCRIPCIÓN		
La aplicación mostrará un mapa en donde se visualice el estado de la calidad de aire en cada punto medido, según la escala definida por el AQI. En el mapa se permitiría visualizar los puntos seleccionados dependiendo de la escala de colores de AQI. En esta visualización se podrán observar los valores de medición de las variables ambientales de manera individual (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC) y su correspondiente valor AQI. El usuario podrá elegir el periodo de observación de los datos.		
PRECONDICIÓN		
Deben existir datos almacenados de variables ambientales.		
ENTRADAS	SALIDAS	
1. Zona elegida para la generación de mapa (ciudad). 2. Selección de escala AQI a observar (todas o individual). 3. Periodo de observación de los datos	1. Mapa de calidad del aire	

POSTCONDICIÓN
La aplicación permite la consulta del mapa de calidad del aire.
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES
1. Si no se selecciona la zona, el mapa por defecto que se mostrará es el de Bogotá. 2. Si no se selecciona la variable ambiental a visualizar, por defecto se mostrarán todas.
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

Tabla 30. Requerimiento Funcional No. 12 (RF12)		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	REQUERIMIENTO ANTECESOR
RF12	Consultar indicadores de calidad del aire de la zona	-
ACTOR	PRIORIDAD DE DESARROLLO	
U,V	Crítico	
DESCRIPCIÓN		
La aplicación mostrará un mapa en donde se visualice el estado de la calidad de aire en la zona donde se encuentra, En esta visualización se podrán observar los valores de medición de las variables ambientales de manera individual (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC) y su correspondiente valor AQI. El usuario podrá elegir el periodo de observación de los datos.		
PRECONDICIÓN		
Deben existir datos almacenados de variables ambientales.		
ENTRADAS		SALIDAS
1. Posicionamiento del usuario		1. Indicador de calidad del aire
POSTCONDICIÓN		
La aplicación permite la consulta del indicador de calidad del aire.		
MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES		
1. Se mostrarán los datos más recientes de medición de la zona según lo almacenado en la base de datos, especificando al usuario la fecha de la información. 2. Si no hay datos de medición en la zona, se le informará al usuario que no hay datos suficientes para la generación del indicador.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

2.5.4. Listado de requerimientos no funcionales.

Tabla 31. Listado de requerimientos no funcionales relacionados con el servidor.			
ID	REQUERIMIENTO NO FUNCIONAL	RIESGO	PRIORIDAD
RNF1	Seguridad	Crítico	Alta
RNF2	Disponibilidad	Crítico	Alta
RNF3	Mantenibilidad	Crítico	Alta
RNF4	Fiabilidad	Marginal	Alta
RNF5	Portabilidad	Marginal	Media
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.			

2.5.5. Especificación de requerimientos no funcionales.

Tabla 32. Requerimiento no funcional No. 1 (RNF1) - Seguridad		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	PRIORIDAD DE DESARROLLO
RNF1	Seguridad	Alta
DESCRIPCIÓN		

Propiedad del sistema para no permitir el acceso a usuarios no autorizados o sin autenticarse con el fin de prevenir la modificación y eliminación de información.
CRITERIO CONCEPTUAL
El sistema verificará por medio de un usuario y contraseña el control de acceso de un administrador y de los usuarios registrados del sistema.
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.

Requerimiento no funcional de Disponibilidad

Tabla 33. Requerimiento no funcional No. 2 (RNF2) - Disponibilidad		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	PRIORIDAD DE DESARROLLO
RNF2	Disponibilidad	Alta
DESCRIPCIÓN		
El sistema debe asegurar la continuidad operacional del mismo 7/24 debido a que los datos de medición se pueden almacenar en cualquier momento y de igual manera, ser consultados a cualquier hora.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 34. Requerimiento no funcional No. 3 (RNF3) - Mantenibilidad		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	PRIORIDAD DE DESARROLLO
RNF3	Mantenibilidad	Alta
DESCRIPCIÓN		
Propiedad del sistema de proporcionar la facilidad de realizar modificaciones con el fin de corregir fallos, mejorar su rendimiento u otros atributos y adaptarse a cambios los cambios del entorno.		
CRITERIO CONCEPTUAL		
La codificación del sistema debe tener una estructura de bajo acoplamiento, de forma que si se debe realizar un cambio en un módulo, este cambio sea invisible para los otros módulos o los afecte en lo más mínimo posible.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Tabla 35. Requerimiento no funcional No. 4 (RNF4) - Fiabilidad		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	PRIORIDAD DE DESARROLLO
RNF4	Fiabilidad	Alta
DESCRIPCIÓN		
El sistema deberá tener el mínimo número de errores posibles durante su uso.		
CRITERIO CONCEPTUAL		
El sistema no deberá presentar fallos críticos en su operación, en caso de presentarse, se deberá corregir en un plazo no mayor a un día.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

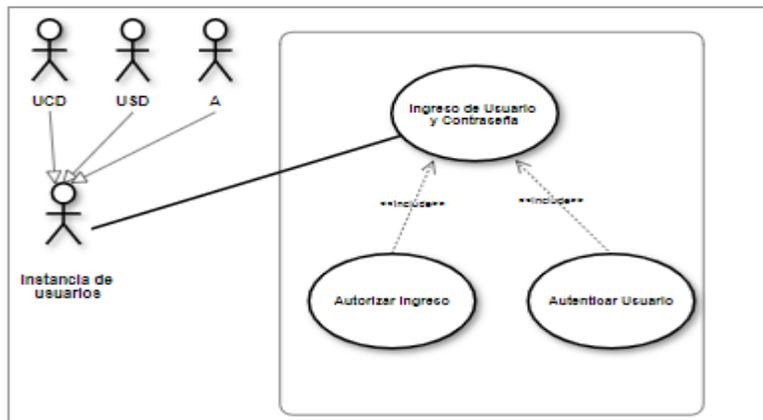
Tabla 36. Requerimiento no funcional No. 5 (RNF5) – Portabilidad		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	PRIORIDAD DE DESARROLLO
RNF5	Portabilidad	Media
DESCRIPCIÓN		
El sistema al ser web podrá visualizarse en cualquier sistema operativo y dispositivo que tenga acceso a Internet. Su implementación estará sujeta a uso de sistema operativo Linux y base de datos.		
CRITERIO CONCEPTUAL		
El servicio podrá ser accedido desde cualquier equipo conectado a la red.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

2.5.6. Diagramas del sistema y casos de uso

Tabla 37. Listado de estados de transacción	
Activa	La transacción se encuentra en ejecución
Fallida	La ejecución toma ejecución por excepción
Abortada	La transacción es revocada y se retrocede todo proceso realizado durante ella.
Finalizada	El proceso de la solicitud es finalizado con éxito, llevado a cabo por el escenario normal o el alternativo.
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.	

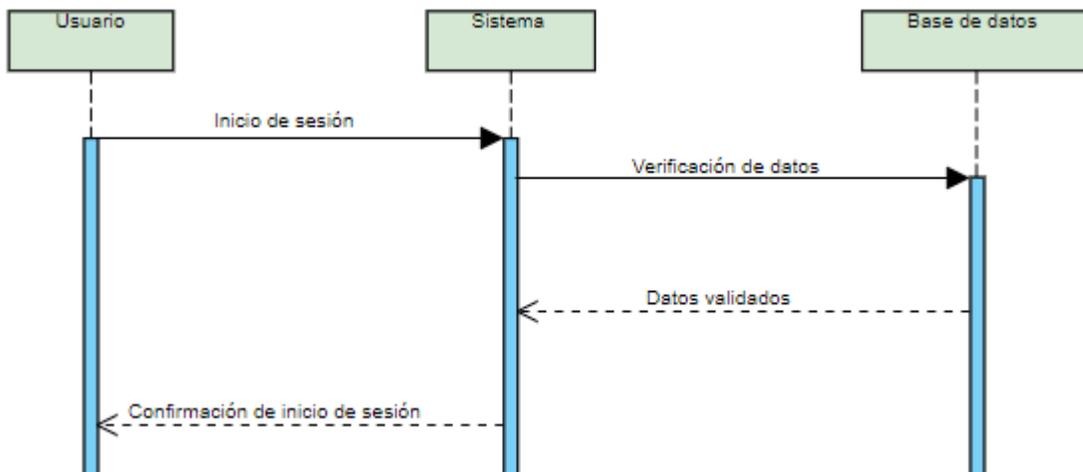
Tabla 38. Caso de Uso No. 1		
PROYECTO		
Sistema de monitoreo, visualización y toma de decisiones de variables climáticas en entornos urbanos		
DESCRIPCIÓN		
Los usuarios de la plataforma que tienen cuenta relacionada, deben tener la capacidad de ingresar al sistema.		
OBJETIVO		
Ingresar a la plataforma con autenticación de usuarios		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	
CU1	Ingreso con autenticación	
ACTORES	VERSIÓN	ESTADO
A, U	0	Activa
PRECONDICIÓN		
Debe existir un registro previo en la plataforma, que contenga la información del usuario que será usada para la autenticación en los próximos ingresos.		
ESCENARIO NORMAL		
<ul style="list-style-type: none"> - Ingreso de Usuario y contraseña correspondientes. - Proceso de validación con los datos existentes en la base de datos. - Acceso al sistema. 		
ESCENARIO ALTERNATIVO		
<ul style="list-style-type: none"> - Ingreso de Usuario y contraseña correspondientes. - Proceso de validación con los datos existentes en la base de datos. - Los datos ingresados no corresponden a ninguno relacionado en la base de datos. - Solicita ingresar de nuevo los datos necesarios, o registrar en la plataforma. 		
ESCENARIO DE EXCEPCIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> - El usuario ya se encuentra activo en el sistema 		
POSTCONDICIÓN		
El sistema realiza la validación de los datos ingresados y permite el ingreso a la página principal del sistema con los módulos correspondientes al perfil que posee.		
Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz.		

Figura 14. Caso de uso de autenticación de usuarios



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Figura 15. Diagrama de secuencia para la autenticación de usuarios

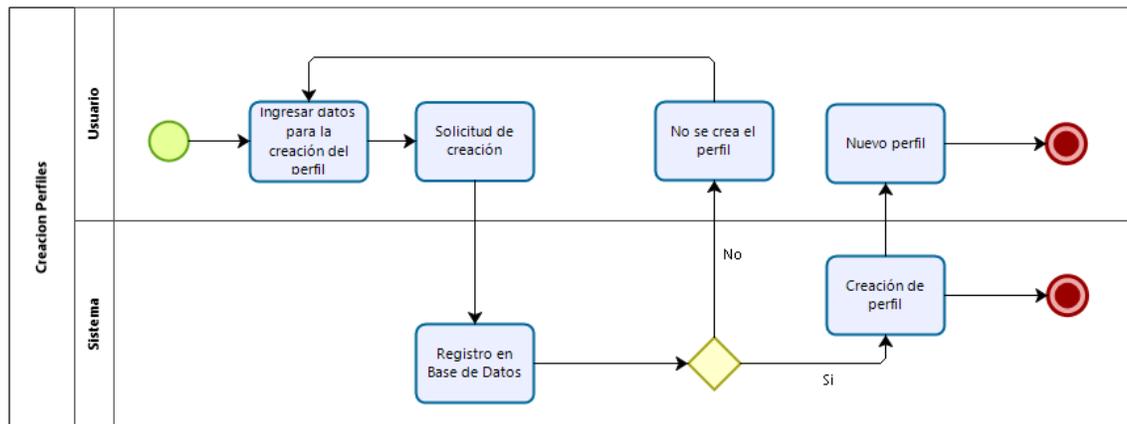


Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Tabla 39. Caso de Uso No. 2
PROYECTO
Sistema de monitoreo, visualización y toma de decisiones de variables climáticas en entornos urbanos
DESCRIPCIÓN
Se deben crear perfiles acorde a las funciones y módulos disponibles que se desean asignar a los diferentes actores del sistema.

OBJETIVO		
Crear perfiles con datos, funciones y restricciones según se desee		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	
CU2	Creación de perfiles	
ACTORES	VERSIÓN	ESTADO
A	0	Activa
PRECONDICIÓN		
El Administrador del sistema debe ingresar con los datos para autenticación y hacer el ingreso las restricciones y permisos del perfil a crear.		
ESCENARIO NORMAL		
Ingreso del Administrador al sistema. Ingreso de parámetros para el nuevo perfil.		
ESCENARIO ALTERNATIVO		
Ingreso de Usuario y contraseña correspondientes del Administrador. No ingresar parámetros y guardar el registro. Editar el registro con los parámetros del perfil creado.		
ESCENARIO DE EXCEPCIÓN		
Asignación de funciones inexistentes o inválidas.		
POSTCONDICIÓN		
El sistema crea nuevo perfil para ser asociado a uno o varios de los actores del sistema.		
Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.		

Figura 15. Diagrama de actividades para la creación de perfiles



Powered by
bizagi
Modeler

Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Tabla 40. Caso de Uso No. 3
PROYECTO
Sistema de monitoreo, visualización y toma de decisiones de variables climáticas en entornos urbanos

DESCRIPCIÓN		
El sistema debe estar en la capacidad de eliminar perfiles creados.		
OBJETIVO		
Eliminar perfiles		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	
CU3	Eliminar perfiles	
ACTORES	VERSIÓN	ESTADO
A	0	Activa
PRECONDICIÓN		
El Administrador del sistema debe ingresar con los datos para autenticación y hacer la consulta del perfil que desea eliminar.		
ESCENARIO NORMAL		
Ingreso del Administrador al sistema. Ingreso de Código o nombre del perfil. Eliminar el registro del perfil seleccionado.		
ESCENARIO ALTERNATIVO		
Ingreso de Usuario y contraseña correspondientes del Administrador. Ingresar parámetros de consulta erróneos. Solicitar de nuevo la información del perfil a eliminar. Eliminar perfil del sistema.		
ESCENARIO DE EXCEPCIÓN		
Fallo en el proceso de eliminación.		
POSTCONDICIÓN		
El sistema elimina el perfil seleccionado por el administrador del sistema.		
Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.		

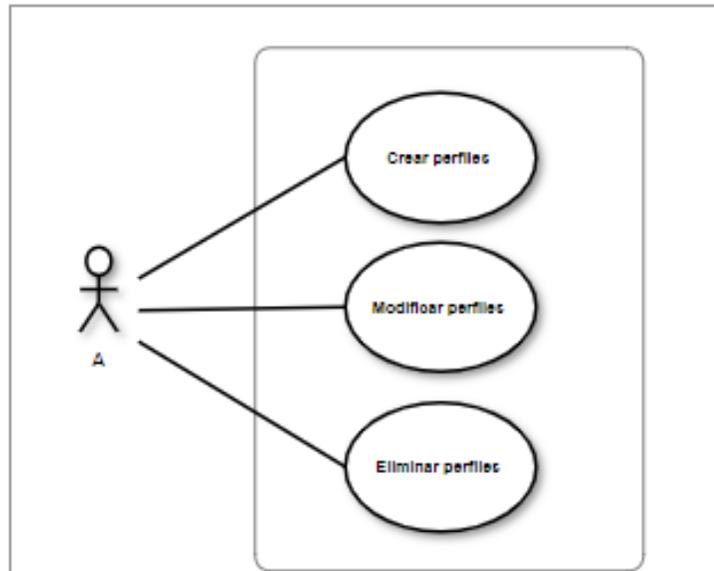
Tabla 41. Caso de Uso No. 4		
PROYECTO		
Sistema de monitoreo, visualización y toma de decisiones de variables climáticas en entornos urbanos		
DESCRIPCIÓN		
El sistema debe estar en la capacidad de permitir modificaciones en perfiles creados.		
OBJETIVO		
Modificar perfiles creados.		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	
CU4	Editar perfiles	
ACTORES	VERSIÓN	ESTADO
A	0	Activa
PRECONDICIÓN		
El Administrador del sistema debe ingresar con los datos para autenticación y hacer la consulta del perfil que desea editar, el cual ya debe estar existente en el sistema.		
ESCENARIO NORMAL		
Ingreso del Administrador al sistema. Ingreso de Código o nombre del perfil. Editar perfil.		
ESCENARIO ALTERNATIVO		
Ingreso de Usuario y contraseña correspondientes del Administrador. Ingresar parámetros de consulta erróneos. Solicitar de nuevo la información del perfil a eliminar. Editar perfil del sistema.		
ESCENARIO DE EXCEPCIÓN		
Fallo en el proceso de edición. El perfil a editar no existe.		

POSTCONDICIÓN

El sistema permite la edición del perfil seleccionado.

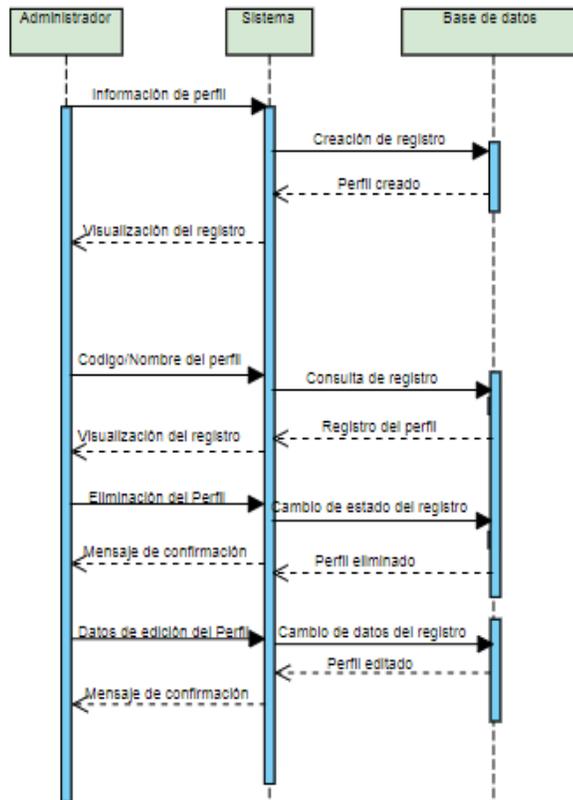
Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Figura 16. Diagrama de casos de uso para gestión de perfiles



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Figura 17. Diagrama de secuencia para creación de perfiles



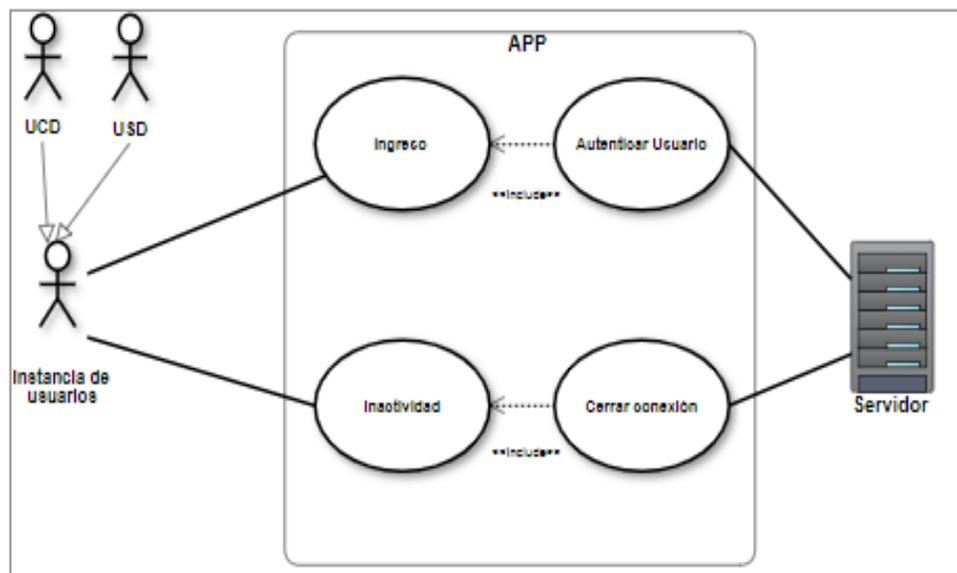
Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Tabla 42. Caso de Uso No. 5		
PROYECTO		
Sistema de monitoreo, visualización y toma de decisiones de variables climáticas en entornos urbanos		
DESCRIPCIÓN		
Se debe realizar la conexión con la app (cliente) para poder recibir los datos de calidad del aire.		
OBJETIVO		
Establecer conexión entre el usuario y el servidor		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	
CU5	Establecer conexión	
ACTORES	VERSIÓN	ESTADO
U	0	Activa
PRECONDICIÓN		
El usuario debe estar registrado para establecer conexión con el servidor mediante la aplicación		
ESCENARIO NORMAL		
Ingreso del usuario a la aplicación. Solicitud de conexión. Conexión establecida.		
ESCENARIO ALTERNATIVO		
Usuario no registrado. Ingreso de datos de registro. Solicitud de conexión. Conexión establecida.		
ESCENARIO DE EXCEPCIÓN		
Fallo de conexión con el servidor por desconexión a la red.		

POSTCONDICIÓN
El servidor establece la conexión entre el usuario registrado y el servidor por medio de la aplicación.
Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Tabla 43. Caso de Uso No. 6		
PROYECTO		
Sistema de monitoreo, visualización y toma de decisiones de variables climáticas en entornos urbanos		
DESCRIPCIÓN		
El sistema debe permitir el cierre de la conexión entre el cliente y el servidor.		
OBJETIVO		
Cerrar conexión entre el usuario y el servidor		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	
CU6	Cerrar conexión	
ACTORES	VERSIÓN	ESTADO
U	0	Activa
PRECONDICIÓN		
Según el tiempo de inactividad del usuario se realiza el cierre de la conexión.		
ESCENARIO NORMAL		
Usuario con conexión activa con el servidor Cierre de conexión establecida.		
ESCENARIO ALTERNATIVO		
.		
ESCENARIO DE EXCEPCIÓN		
.		
POSTCONDICIÓN		
El servidor realiza el cierre de la conexión entre el usuario registrado y el servidor por medio de la aplicación.		
Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.		

Figura 18. Diagrama de caso de uso para creación de perfiles



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

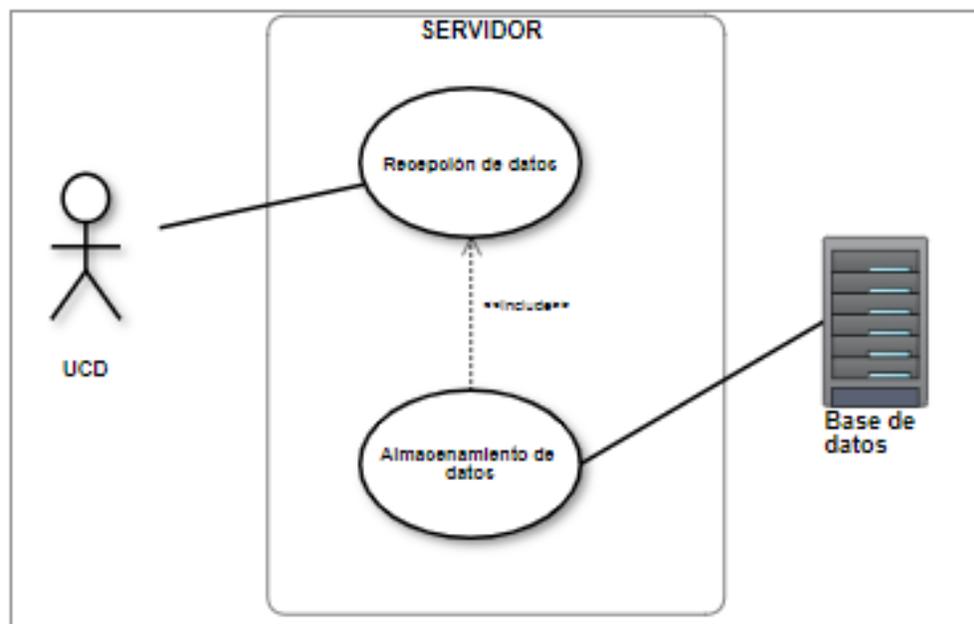
Tabla 44. Caso de Uso No. 7

PROYECTO		
Sistema de monitoreo, visualización y toma de decisiones de variables climáticas en entornos urbanos		
DESCRIPCIÓN		
El servidor debe conectarse con el cliente y recibir los datos a intervalos regulares de tiempo, suministrados por el app con relación a las variables ambientales a medir (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC), la posición de medición y el id del usuario.		
OBJETIVO		
Recepción de datos de variables ambientales, para mantener el sistema con la información más completa en tiempos regulares de medición.		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	
CU7	Recibir datos de variables ambientales y posicionamiento	
ACTORES	VERSIÓN	ESTADO
S	0	Activa
PRECONDICIÓN		
Debe existir registro del usuario y conexión con el servidor de aplicación.		
ESCENARIO NORMAL		
Recepción de variables ambientales. Envío de información mediante la conexión establecida. Datos actualizados y disponibles.		
ESCENARIO ALTERNATIVO		
Recepción de variables. Fallo en el envío de información. Activación proceso de contingencia por fallo de conexión. Restablecimiento de conexión cliente-servidor. Envío de información. Actualización de datos.		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Si no existe o no está registrado el usuario, los datos se recibirán y almacenarán con un código genérico 2. Si el cliente no recibe el ACK, se podría recibir nuevamente la misma trama de datos. 3. Los intervalos de recepción se determinarán dependiendo del consumo del ancho de banda de la trama, para no afectar considerablemente el plan de datos del usuario. 		
ESCENARIO DE EXCEPCIÓN		
Fallo de conexión con el servidor por desconexión a la red.		
POSTCONDICIÓN		
Trama con las variables ambientales (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC), posición de medición y el id del usuario.		
Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.		

Tabla 45. Caso de Uso No. 8		
PROYECTO		
Sistema de monitoreo, visualización y toma de decisiones de variables climáticas en entornos urbanos		
DESCRIPCIÓN		
El servidor debe permitir el almacenamiento de los datos capturados incluyendo geolocalización, identificación del usuario, AQI y la hora de la medición		
OBJETIVO		
Almacenamiento de datos medidos en la base de datos del sistema.		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	
CU8	Almacenar datos	
ACTORES	VERSIÓN	ESTADO
S	0	Activa
PRECONDICIÓN		
Debe existir el id del usuario y recibir previamente los datos desde la aplicación.		
ESCENARIO NORMAL		

Usuario registrado. Medición de variables. Envío de datos a la base. Registro de variables medidas
ESCENARIO ALTERNATIVO
Usuario sin registro en el sistema. Creación de usuario. Conexión cliente-servidor. Envío de datos. Registro en base de datos.
ESCENARIO DE EXCEPCIÓN
Recepción de datos sin geolocalización, se descartaran
POSTCONDICIÓN
Registro de variables en base de datos.
Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Figura 19. Diagrama de caso de uso para almacenamiento en base de datos

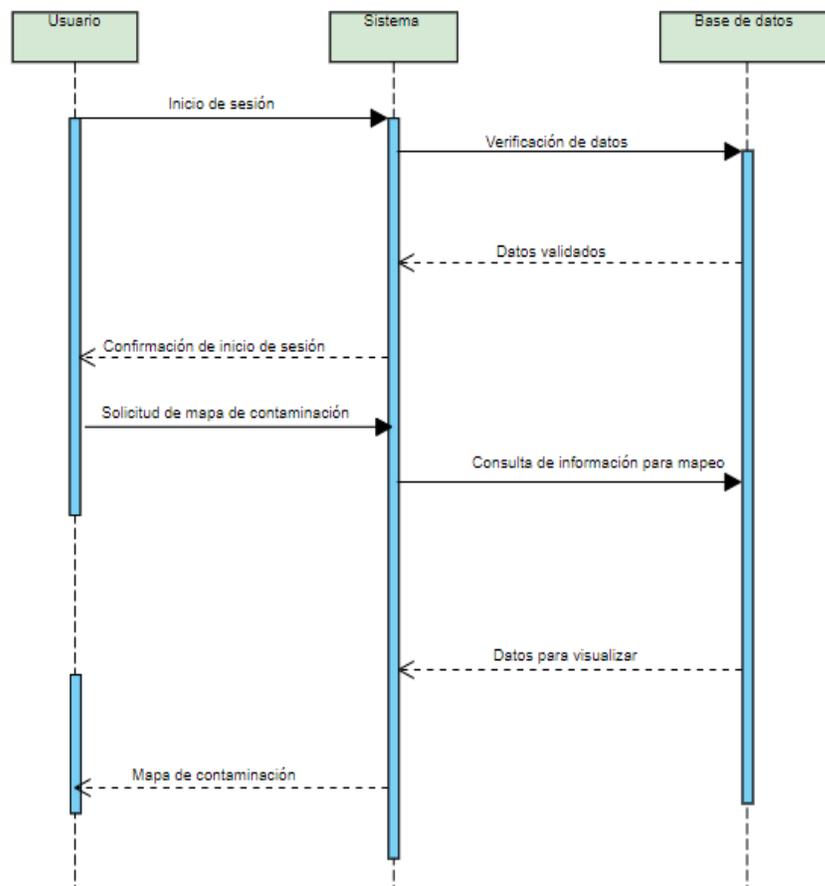


Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Tabla 46. Caso de Uso No. 9	
PROYECTO	
Sistema de monitoreo, visualización y toma de decisiones de variables climáticas en entornos urbanos	
DESCRIPCIÓN	
Se generará un mapa en donde se visualice el estado de la calidad de aire en cada punto medido, según la escala definida por el AQI. En el mapa se permitiría visualizar los puntos seleccionados dependiendo de la escala de colores de AQI. En esta visualización se podrán observar los valores de medición de las variables ambientales de manera individual (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC) y su correspondiente valor AQI. El usuario podrá elegir el periodo de observación de los datos.	
OBJETIVO	
El sistema debe generar un mapa de contaminación según los registros existentes de mediciones y posicionamiento.	
IDENTIFICADOR	NOMBRE

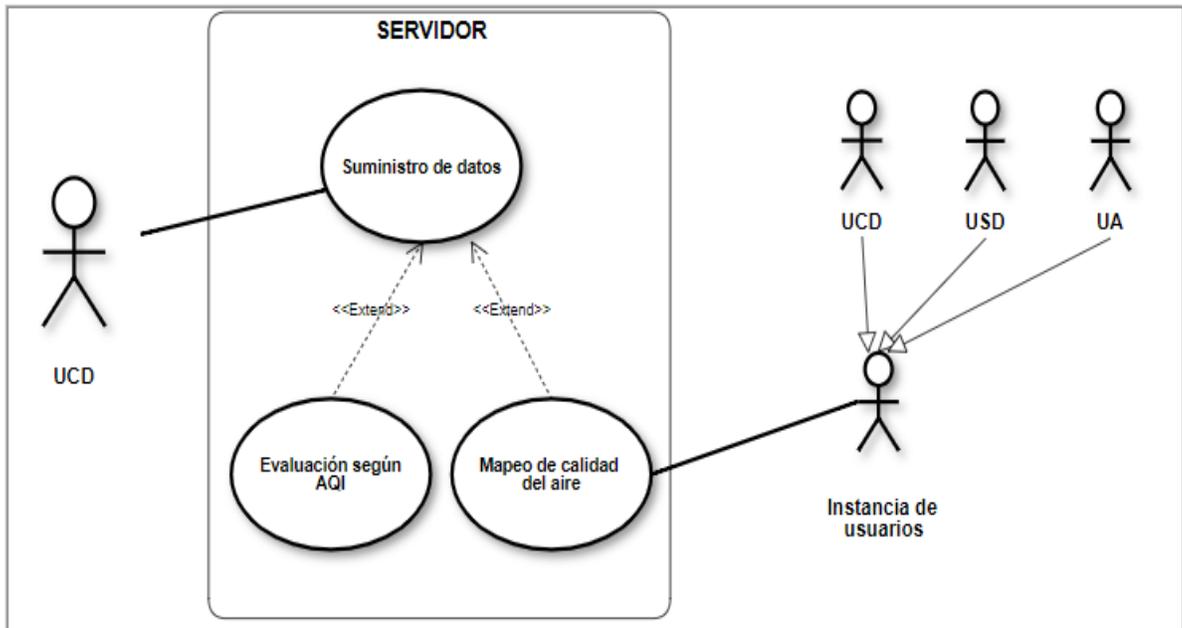
CU9	Generar mapa de contaminación (calidad de aire)	
ACTORES	VERSIÓN	ESTADO
U, V	0	Activa
PRECONDICIÓN		
Deben existir datos almacenados de variables ambientales.		
ESCENARIO NORMAL		
Usuario registrado o no. Registro de variables medidas en posición solicitada. Selección de escala AQI a observar y periodo de tiempo. Mapa de contaminación		
ESCENARIO ALTERNATIVO		
Sin criterios de medición, se tomarán los estipulados por defecto		
ESCENARIO DE EXCEPCIÓN		
.		
POSTCONDICIÓN		
Mapa de calidad del aire en la ubicación solicitada.		
Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.		

Figura 20. Diagramas de secuencia para solicitud de mapa de contaminación para UR o usuarios registrados



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Figura 21. Diagramas de caso de uso para suministro y mapeo de datos



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Tabla 47. Caso de Uso No. 10		
PROYECTO		
Sistema de monitoreo, visualización y toma de decisiones de variables climáticas en entornos urbanos		
DESCRIPCIÓN		
Se generará el indicador de la calidad de aire cercano a la zona en donde se encuentra el usuario según la escala AQI. El usuario debe suministrar la información de su ubicación actual. En esta visualización se podrán observar los valores de medición de las variables ambientales de manera individual (PM10, PM 2.5, PM1.0, CO, NO2, C2H5OH, H2, CH4, SO2, CO2, NH3, SNO2, eCO2, TVOC) y su correspondiente valor AQI. El usuario podrá elegir el periodo de observación de los datos.		
OBJETIVO		
Según la ubicación del usuario, el sistema debe suministrar los niveles de contaminación de esa zona, teniendo en cuenta registros que se encuentran relacionados a esa posición.		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	
CU10	Generar Indicadores de calidad de aire cercano a la zona	
ACTORES	VERSIÓN	ESTADO
U, V	0	Activa
PRECONDICIÓN		
Deben existir datos almacenados de variables ambientales.		
ESCENARIO NORMAL		
Usuario registrado. Ingreso al sistema con ubicación activa. Envío de ubicación del usuario. Generación de Indicadores en la escala AQI		
ESCENARIO ALTERNATIVO		
Se generarán los indicadores teniendo en cuenta los registros más recientes de la zona donde el usuario se encuentre.		
ESCENARIO DE EXCEPCIÓN		

Sin datos de medición en la ubicación se informa al usuario.
POSTCONDICIÓN
Indicadores de calidad cercano a la zona.
Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

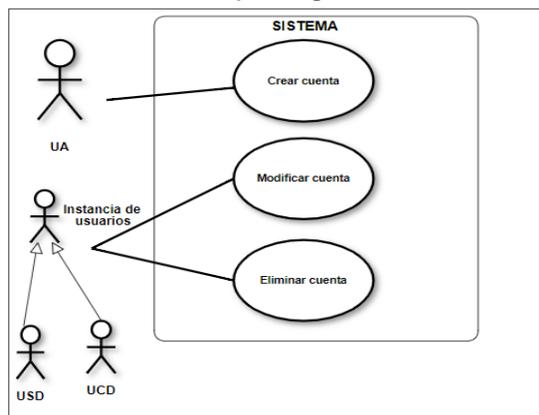
Tabla 48. Caso de Uso No. 11		
PROYECTO		
Sistema de monitoreo, visualización y toma de decisiones de variables climáticas en entornos urbanos		
DESCRIPCIÓN		
El sistema mostrará la ruta de desplazamiento teniendo en cuenta los mejores indicadores de calidad de aire según la escala AQI, entre un origen y un destino definido por el usuario.		
OBJETIVO		
Se generará la ruta con índices de contaminación menores, según las mediciones reportadas en los registros de la zona de tránsito presente entre los lugares de la solicitud.		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	
CU11	Generar "ruta limpia" de desplazamiento	
ACTORES	VERSIÓN	ESTADO
U, V	0	Activa
PRECONDICIÓN		
El usuario seleccionará el origen y el destino para determinar la ruta. Deben existir datos almacenados de variables ambientales		
ESCENARIO NORMAL		
Usuario registrado. Ingreso de origen y destino. Búsqueda de registros existentes entre el punto de origen y destino. Generación de la ruta.		
ESCENARIO ALTERNATIVO		
Si el sistema no cuenta con mediciones en algunos lugares del mapa, no calculará la ruta óptima por dichos espacios.		
ESCENARIO DE EXCEPCIÓN		
Si los datos en el sistema son insuficientes el sistema generará el mapa de "Ruta limpia" asumiendo que algunos puntos sin medición son los más viables		
POSTCONDICIÓN		
El servidor visualiza el indicador de la calidad de aire cercano a la zona elegida		
Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.		

Tabla 49. Caso de Uso No. 12		
PROYECTO		
Sistema de monitoreo, visualización y toma de decisiones de variables climáticas en entornos urbanos		
DESCRIPCIÓN		
El sistema mostrará alertas de las zonas que presenten condiciones con baja calidad de aire.		
OBJETIVO		
El sistema debe estar en la capacidad de generar alertas con información acerca de la calidad de aire.		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	
CU12	Generar alarmas de calidad de aire	
ACTORES	VERSIÓN	ESTADO
S, U, V	0	Activa
PRECONDICIÓN		
Deben existir datos almacenados de variables ambientales.		
ESCENARIO NORMAL		
Usuario registrado. Registro de variables medidas. Generar alertas de calidad del aire		
ESCENARIO ALTERNATIVO		

ESCENARIO DE EXCEPCIÓN
Si no hay nuevos registros en la base relacionados en la zona de posicionamiento del usuario, no se generará alerta.
POSTCONDICIÓN
Alarmas de zonas con baja calidad de aire.
Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

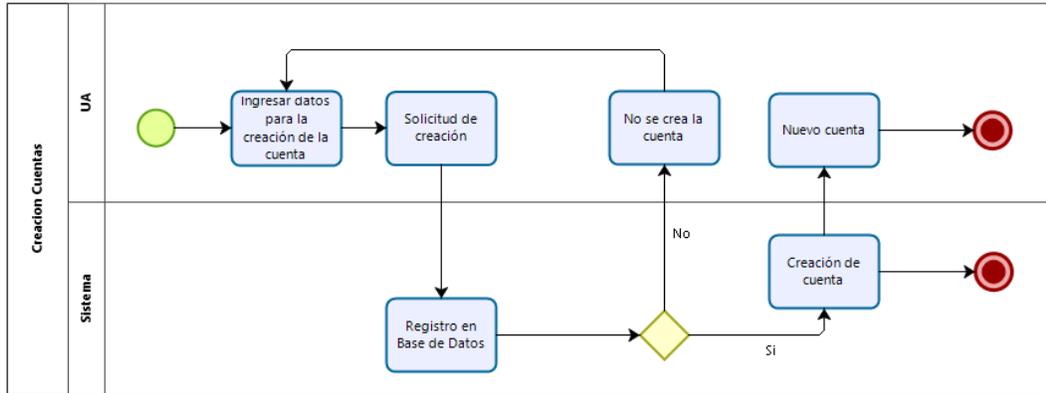
Tabla 50. Caso de Uso No. 13		
PROYECTO		
Sistema de monitoreo, visualización y toma de decisiones de variables climáticas en entornos urbanos		
DESCRIPCIÓN		
El sistema mostrará los datos que cada usuario ha subido al sistema según el periodo seleccionado.		
OBJETIVO		
Al sistema se le proveerá la información necesaria a medida de la recepción de datos de los usuarios del dispositivo medidor.		
IDENTIFICADOR	NOMBRE	
CU13	Generar datos de calidad de aire suministrados por el usuario	
ACTORES	VERSIÓN	ESTADO
U	0	Activa
PRECONDICIÓN		
Deben existir datos almacenados de variables ambientales y usuario registrado.		
ESCENARIO NORMAL		
Usuario registrado. Solicitud de datos de calidad con periodo de visualización.		
ESCENARIO ALTERNATIVO		
Si no se tiene información para generar los datos, se informará al usuario que no es posible su generación		
ESCENARIO DE EXCEPCIÓN		
-		
POSTCONDICIÓN		
Datos suministrados según periodo de visualización		
Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.		

Figura 22. Diagramas de caso de uso para gestión de cuentas



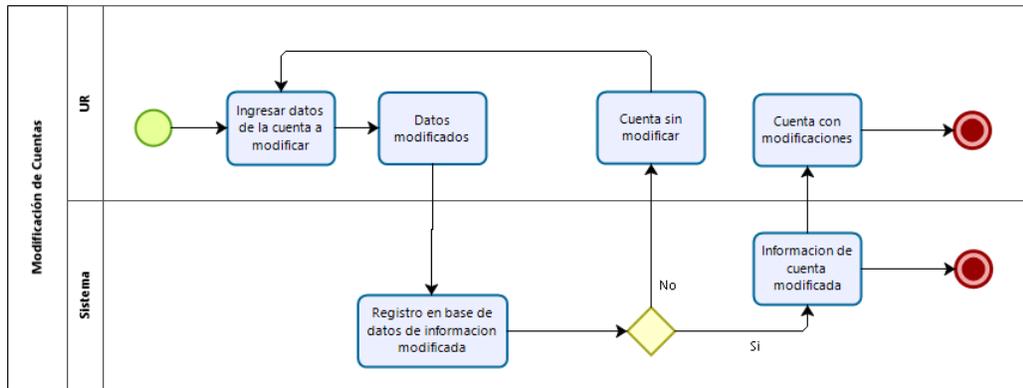
Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Figura 23. Diagramas de actividades para creación de cuentas



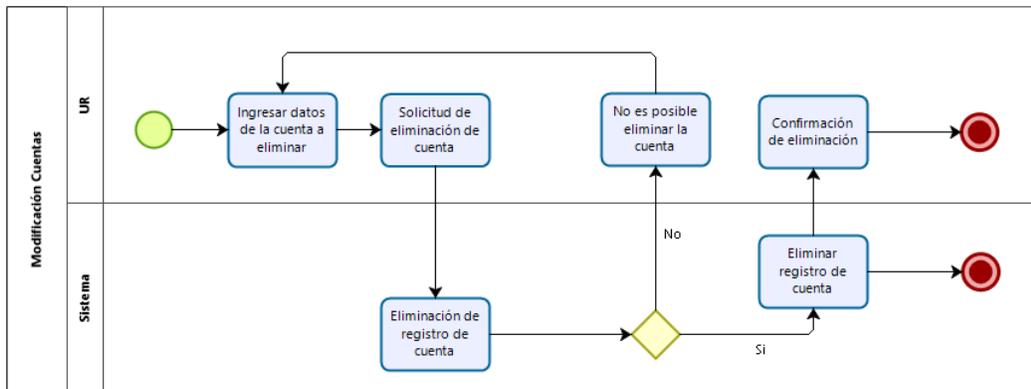
Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Figura 24. Diagramas de actividades para modificación de cuentas



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Figura 25. Diagramas de actividades para eliminación de cuentas



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

2.5.7 Mockups

Se establecen los esquemas básicos o *mockups* de la aplicación móvil.

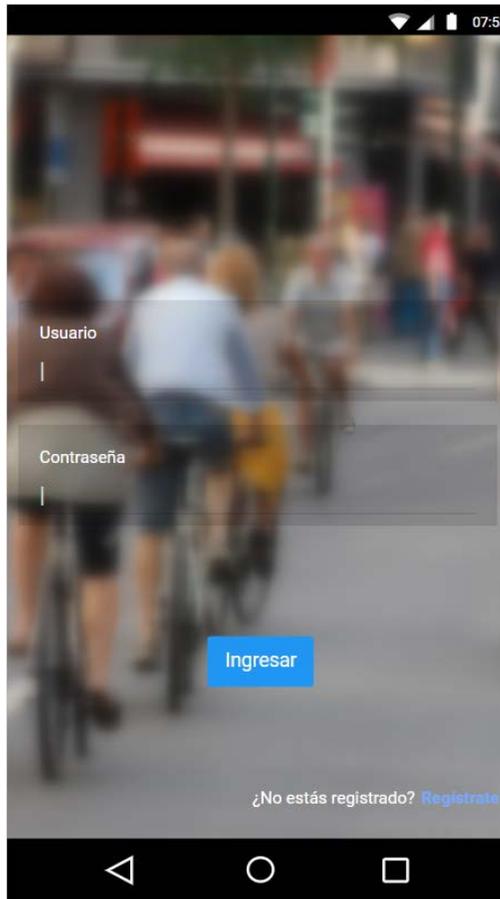
Figura 26. Esquema inicial de la aplicación



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Cuando una persona selecciona la opción *Iniciar*, se despliega la pantalla de ingreso de datos para el inicio de sesión. Si el usuario ya se encuentra registrado, bastará con introducir los datos necesarios para el inicio de sesión. Por otra parte, si el usuario desea registrarse, deberá seleccionar la opción *Regístrate*, como se muestra en la figura 27.

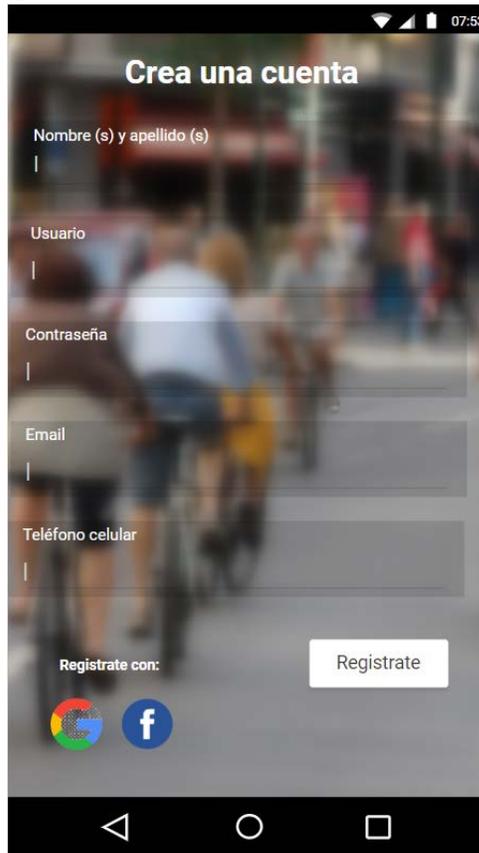
Figura 27. Pantalla de inicio de sesión y opción de registro



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

En la Figura No. 28 se encuentra el bosquejo de la pantalla que permite hacer el registro de los usuarios, ya sea por conexión directa con datos de Facebook, o con Google según el criterio del usuario. De igual forma se establece el formulario para hacer registro con datos propios del usuario.

Figura 28. Pantalla de registro de usuarios

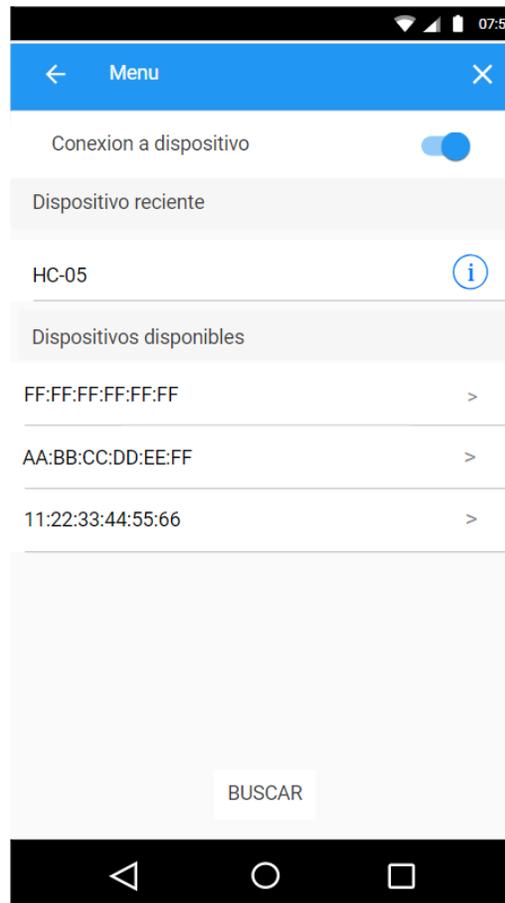


Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Dentro del proceso de registro se encuentra la opción de enlazar el dispositivo que se usará para la medición de variables climáticas

Al seleccionar la opción de "Buscar", el sistema generará el listado de dispositivos disponibles para la conexión del dispositivo. Ahora bien, en caso de que quiera cambiarse el dispositivo, el sistema mostrará los dispositivos de medición que recientemente se han utilizado con el teléfono móvil.

Figura 29. Pantalla de búsqueda de dispositivos y resultado de dispositivos cercanos



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Cuando se realiza el inicio de sesión en el sistema, se permite ver la medición de la calidad del aire en el lugar de la ubicación actual del usuario y se presentan las opciones de: *Ver detalles de medición, Mapa de Contaminación, Ruta y Conjunto de variables*. Estas opciones se ampliarán a continuación.

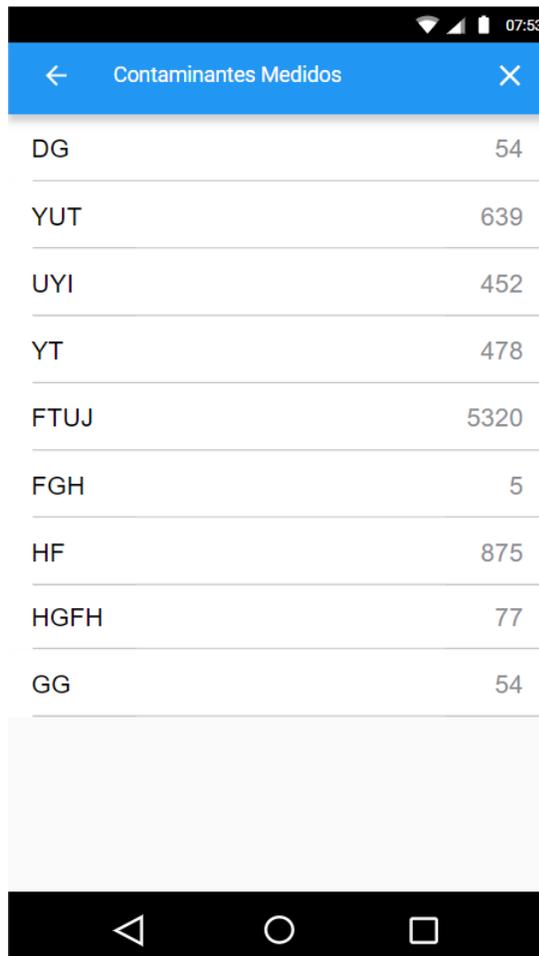
Figura 30. Menú de opciones e indicador principal.



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Cuando el usuario registrado en el sistema ingresa y selecciona la opción *Ver detalles de medición*, el sistema genera un reporte donde se visualiza la medida de cada variable de entorno que se capturó en el lugar del usuario.

Figura 31. Medición de variables actuales



The screenshot shows a mobile application interface with a blue header bar containing a back arrow, the text "Contaminantes Medidos", and a close 'X' icon. The status bar at the top right shows the time as 07:53. Below the header is a list of contaminants with their corresponding values, separated by horizontal lines. The bottom of the screen shows the standard Android navigation bar with back, home, and recent apps icons.

Contaminante	Valor
DG	54
YUT	639
UYI	452
YT	478
FTUJ	5320
FGH	5
HF	875
HGFH	77
GG	54

Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

En la opción *Mapa de contaminación*, se genera la vista de los niveles de contaminación según los registros de la base de datos. La visualización de opciones varía en función del registro del usuario, es decir, si es un usuario registrado en el sistema o si es un usuario visitante.

Figura 32. Visualización de usuario visitante del mapa de contaminación



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

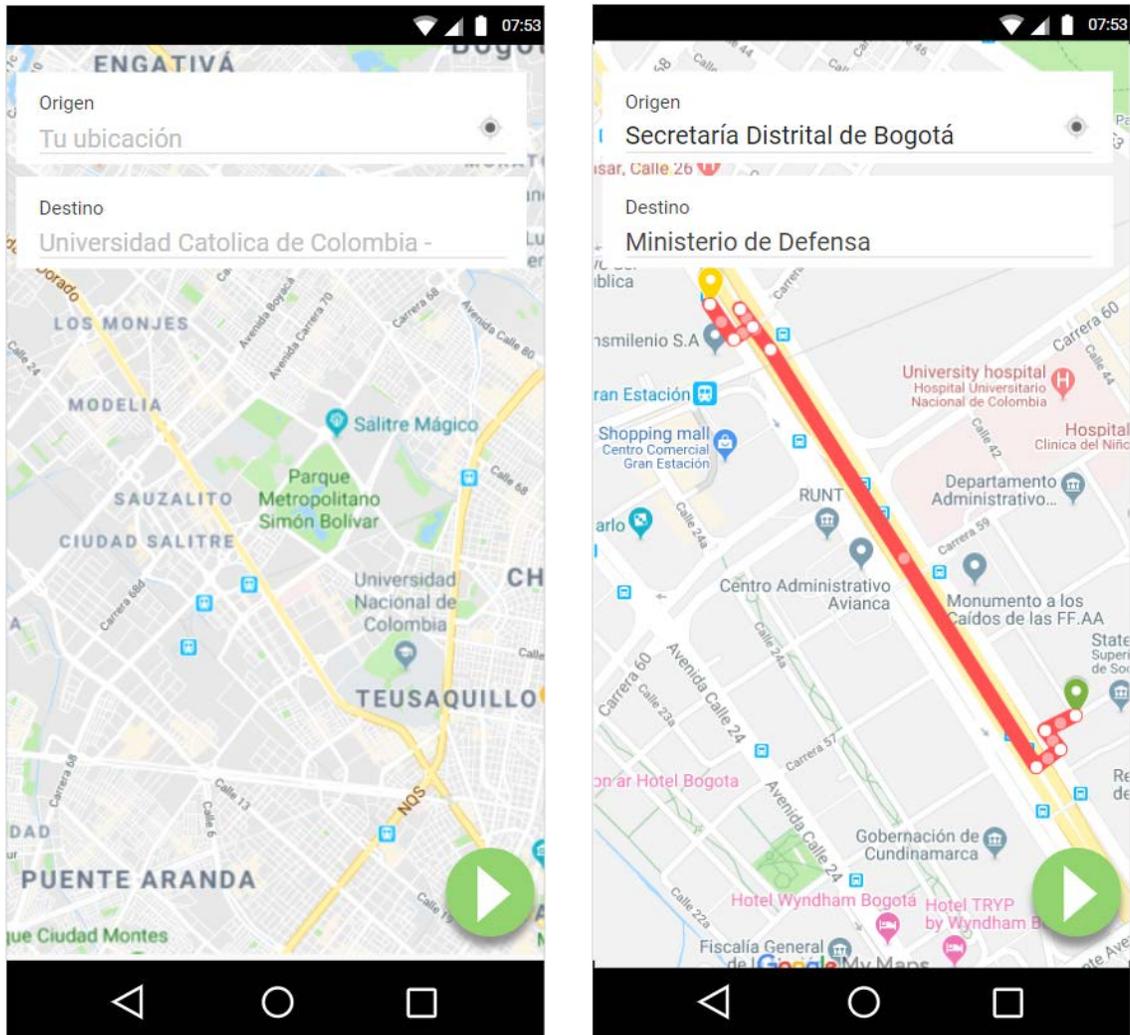
Figura 33. Visualización de usuario registrado del mapa de contaminación



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Cuando un usuario desea realizar su recorrido, la plataforma le permitirá conocer la ruta que contiene menor nivel de contaminación. Para ello, deberá registrar un punto de partida u *origen*, y un punto de llegada o *destino*.

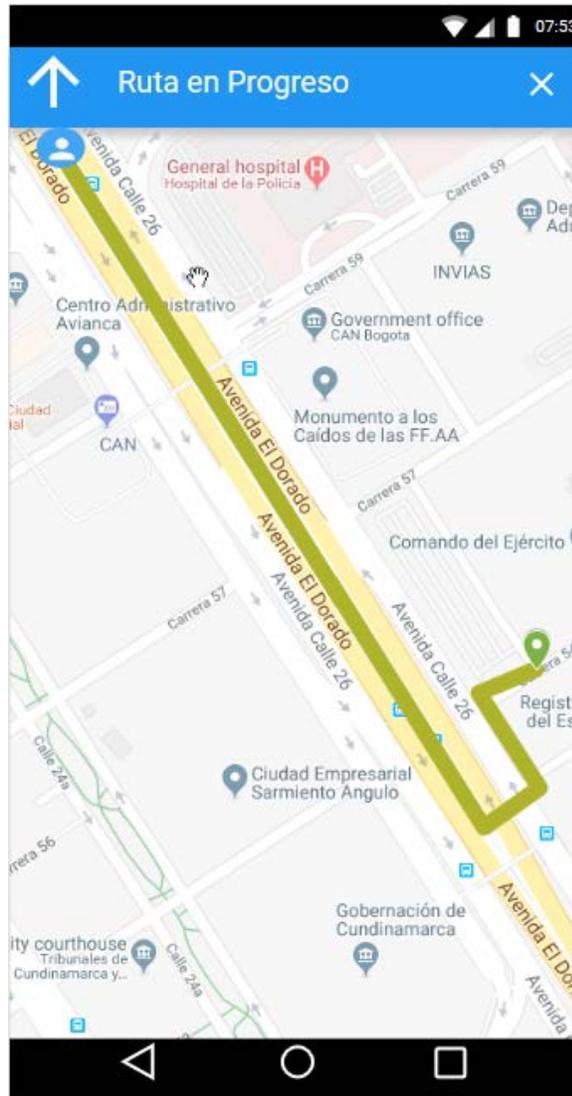
Figura 34. Visualización de generación de rutas y opción de recorrido óptimo



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Si el usuario desea realizar su recorrido con el acompañamiento de la plataforma, selecciona la opción de iniciar el recorrido (flecha blanca en círculo verde), lo cual permite conocer en qué parte del mapa se encuentra en tiempo real y el estado actual de los niveles de contaminación según las medidas disponibles con base en el AQI.

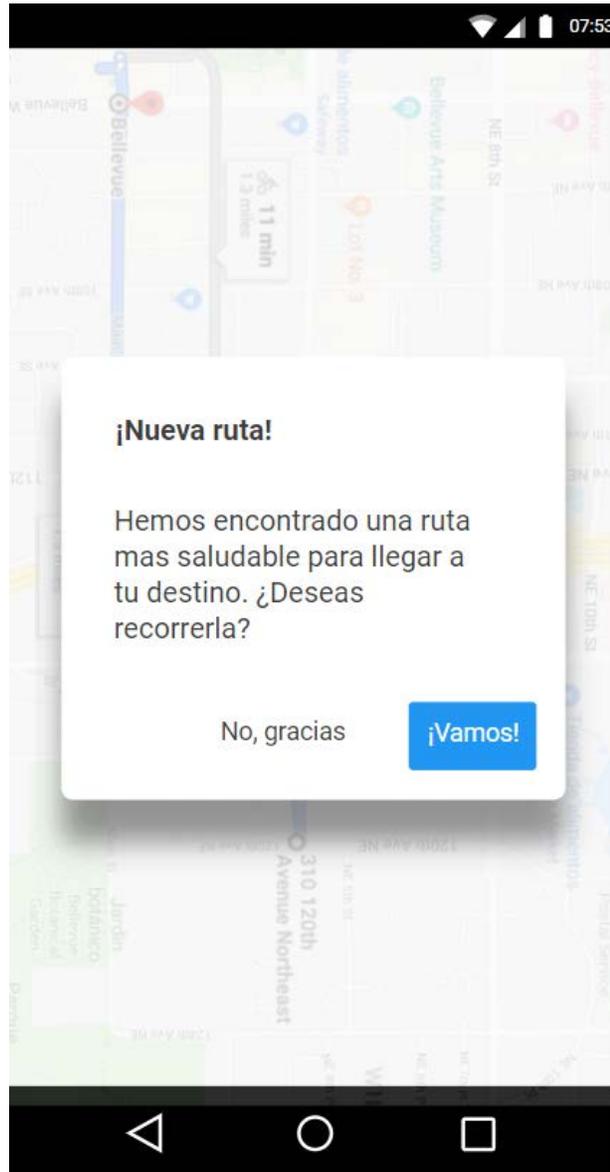
Figura 35. Ruta de recorrido del usuario



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Durante el recorrido, el sistema tendrá la capacidad de enviar un mensaje de alerta al usuario, sugiriendo nuevas rutas con niveles de contaminación menores.

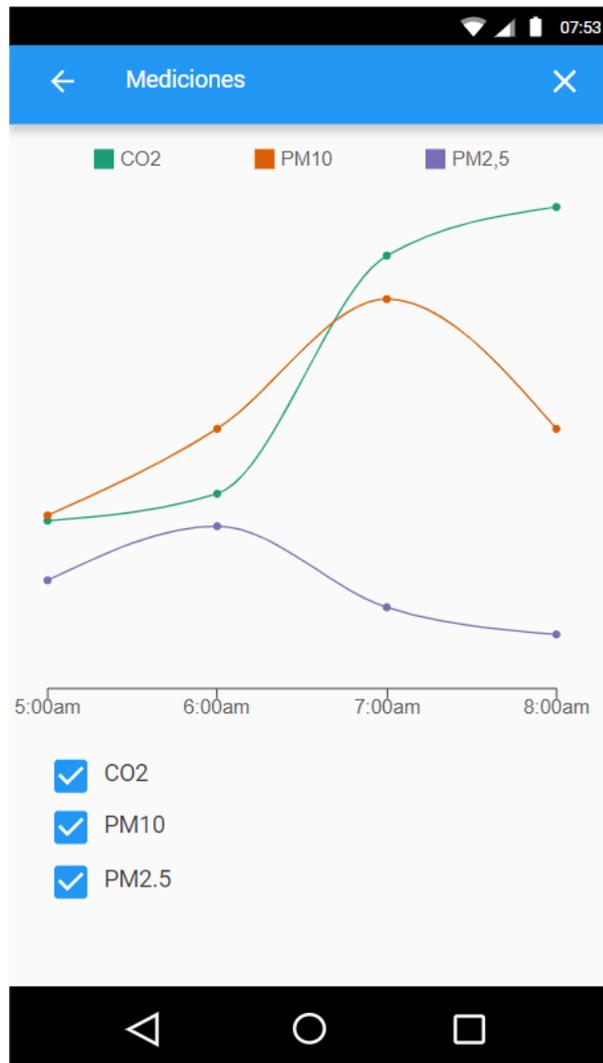
Figura 36. Mensaje de alerta con recorrido óptimo.



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

La opción de *Conjunto de variables*, el usuario podrá visualizar estadísticas específicas según el criterio de lo que desea conocer a nivel de variables y de tiempo.

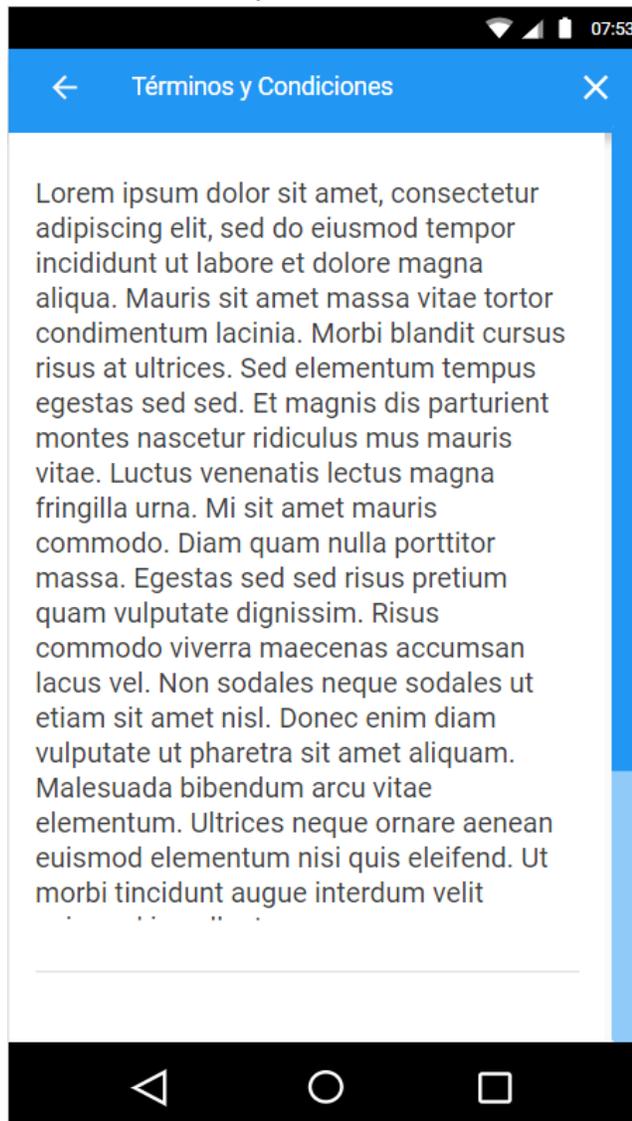
Figura 37. Estadísticas de variables de entorno solicitadas



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Para protección de la información del cliente la plataforma cuenta con la visualización de los términos y condiciones, como se muestra en la figura 37.

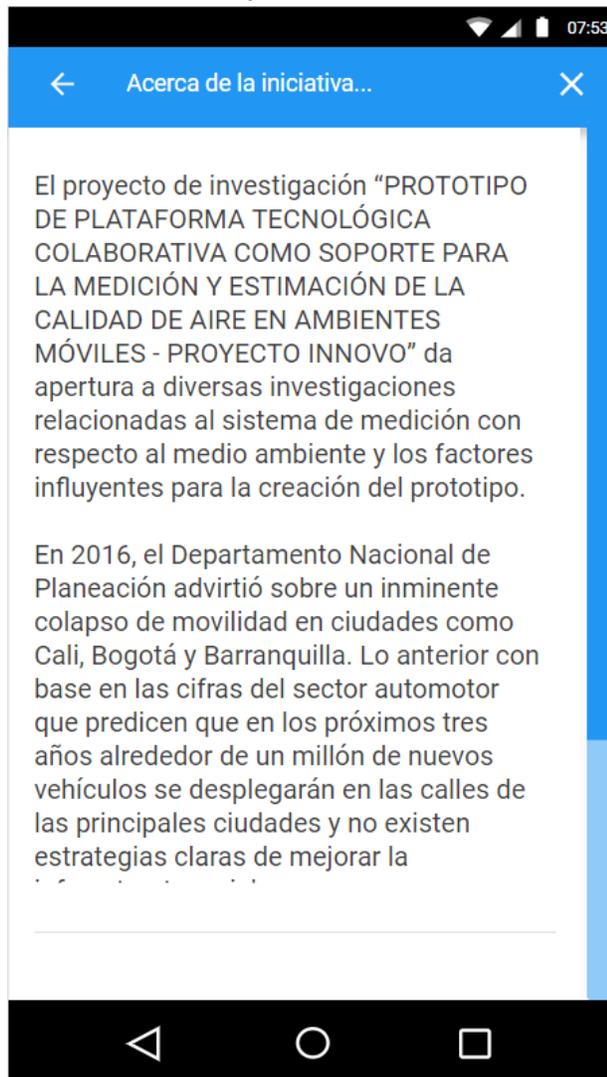
Figura 38. Visualización de términos y condiciones



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

Si el usuario indica en la pantalla principal que desea conocer acerca de la aplicación seleccionando la opción *Acerca de*, se mostrará información general del proyecto, así como información general de la aplicación y su funcionamiento.

Figura 39. Visualización de términos y condiciones



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

3. PROPUESTA ARQUITECTURAL

3.1. Propuesta almacenamiento de información

Para el desarrollo de la solución en cuanto al desarrollo, se propone que su desarrollo se realice orientado al almacenamiento de información en bruto en un motor de base de datos no relacional (NoSQL) e información estructurada en una base de datos estructural (SQL).

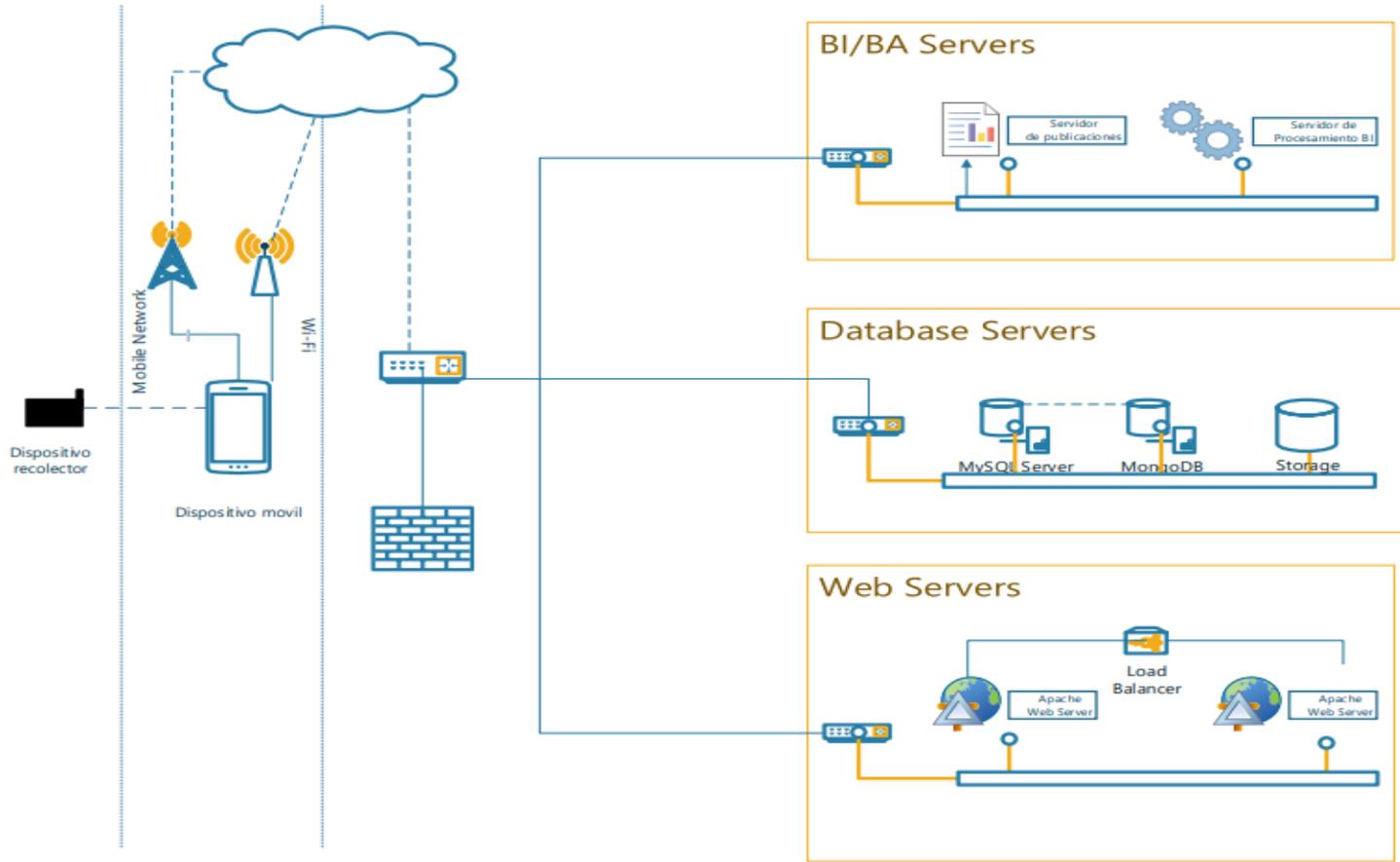
El motor de base de datos relacional se utilizará para el almacenamiento de la información que permita generar una relación con recorridos realizados anteriormente con ayuda de la plataforma, de manera que se pueda contemplar un histórico por cada usuario registrado en la plataforma. Así mismo, se tendrá en cuenta la relación de los usuarios con su información.

Los usuarios en la base de datos relacional tendrán un token de identificación único, que funcionará como llave de enlace con la información que llegará a la base de datos NoSQL, de tal forma que puedan realizar las consultas de histórico de rutas teniendo una relación principal entre la base de datos relacional que tendrá el número de registro donde se encuentran los recorridos, según la solicitud que se realice al sistema.

Para el proceso de transmisión de datos entre los dispositivos se llevaran a cabo mediante un envío de datos vía Bluetooth con las variables medidas con el dispositivo de medición.

3.2. Arquitectura propuesta

Figura 40. Propuesta de Arquitectura TI



Fuente: Andrés Manrique y Marilyn Ruiz.

La arquitectura constará de:

- 3.2.1. Dispositivo recolector: Será el dispositivo de recolección de variables ambientales. Se conectará via *Bluetooth* al dispositivo móvil
 - 3.2.2. Dispositivo móvil: Cualquier dispositivo de comunicación móvil que cuente con un sistema operativo Android 4.3 o superior y con conexión activa a internet.
 - 3.2.3. BI/BA Servers: Son los servidores de inteligencia de negocio y analítica del negocio. Tendrá un componente de Extracción, Transformación y Carga de información y un servidor de publicación de reporte en tiempo real.
 - 3.2.4. Database servers: Servidores de almacenamiento de datos y almacenamiento de disco. Existirá un servidor de base de datos MySQL Server (base de datos relacional) y un servidor MongoDB (Base de datos No Relacional).
 - 3.2.5. Web Servers: Servidores encargados de disponer a través de internet, la aplicación web y el manejo de peticiones para los clientes Android.
- 3.3. Arquitectura empresarial

Para asegurar el éxito de la implementación del proyecto, es necesario proponer directrices que permitan soportar los procesos de monitoreo, visualización y toma de decisiones de variables climáticas en entornos urbanos. Para ello, es necesario realizar un breve acercamiento a los marcos de trabajo o *frameworks* que actualmente se utilizan en la industria y en el mundo empresarial, con el fin de llevar a cabo un análisis comparativo entre los marcos de trabajo y adoptar el más idóneo para el caso de estudio.

Figura 41. Visión de arquitectura empresarial



Fuente: Grupo Lanit. Visión de la Arquitectura Empresarial.

Los marcos de trabajo de arquitectura empresarial se han desarrollado desde 1987, cuando Zachman publicó su artículo *A framework for information systems architecture*. Posteriormente, se han desarrollado otros marcos de trabajo, entre los que se encuentran: *Arquitectura de Información Empresarial de IBM*, *The Open Group Architectural Framework (TOGAF)*, *The Zachman Framework for Enterprise Architectures (Zachman)*, entre otros.

Para este estudio, se tomaron los marcos de trabajo Zachman, TOGAF y FEAF. Éste último, considerando la posibilidad de implementar los componentes y el desarrollo del proyecto en el sector público.

3.3.1. Marco de Trabajo *Zachman*

El marco de trabajo Zachman, permite clasificar los elementos significativos para desarrollar el sistema de información para la empresa. En este modelo se presenta una división, en la primera se tienen en cuenta interrogantes de clasificación de la información: ¿qué?, ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿quién?, ¿dónde? y ¿por qué?. Cada

clasificación representa una perspectiva de alta gerencia del modelo de negocio actual de la empresa (ámbito, modelo de negocio, modelo de sistemas, modelo de tecnología, ensamblaje de componentes y operación empresarial).

Tabla 51. Representación del esquema del marco de trabajo *Zachman*.

Clasificación	¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Por qué?
Perspectivas						
Planificador						
Propietario						
Diseñador						
Constructor						
Implementador						
Operación de la empresa						

Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura. Representación del marco de trabajo de Zachman.³⁹

Componentes de la matriz⁴⁰

Interrogantes

- ¿Qué?: Datos, información y/u objetivos del negocio.
- ¿Cómo?: Proceso de negocio.
- ¿Dónde?: Donde está la operación del negocio.
- ¿Quién?: Conformación de la unidad de negocio.
- ¿Cuándo?: Horarios de negocio.
- ¿Por qué?: El motivo de la importancia que tienen todos los aspectos anteriores en el negocio.

³⁹ Representación del marco de trabajo Zachman, Arquitectura Empresarial de la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI, Sebastián Castaño Fernández y Yenny Paola Varón G., Diciembre de 2017 [En línea]

<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/690/2/Var%C3%B3n%20G.%2C%20Yenny%20Paola%20-%202017.pdf>

⁴⁰ Componentes del marco de trabajo Zachman, Warren Singer 2007 [En línea]

http://www.technical-communicators.com/articles/zachman_framework.pdf

Perspectivas

- Planificador: Se refiere al alcance del negocio o la vista contextual.
- Propietario: La vista conceptual que hace referencia al modelo de negocio.
- Diseñador: El modelo del sistema que proporciona la vista lógica del negocio.
- Constructor: La Vista física de la entidad de negocio con el modelo del sistema.
- Implementador: Compete a una vista fuera de contexto con representaciones detalladas de todos los componentes del negocio.
- Operación de la empresa: Proporciona una vista a nivel de usuario (puede ser cliente) de las operaciones que se llevan a cabo en el negocio.

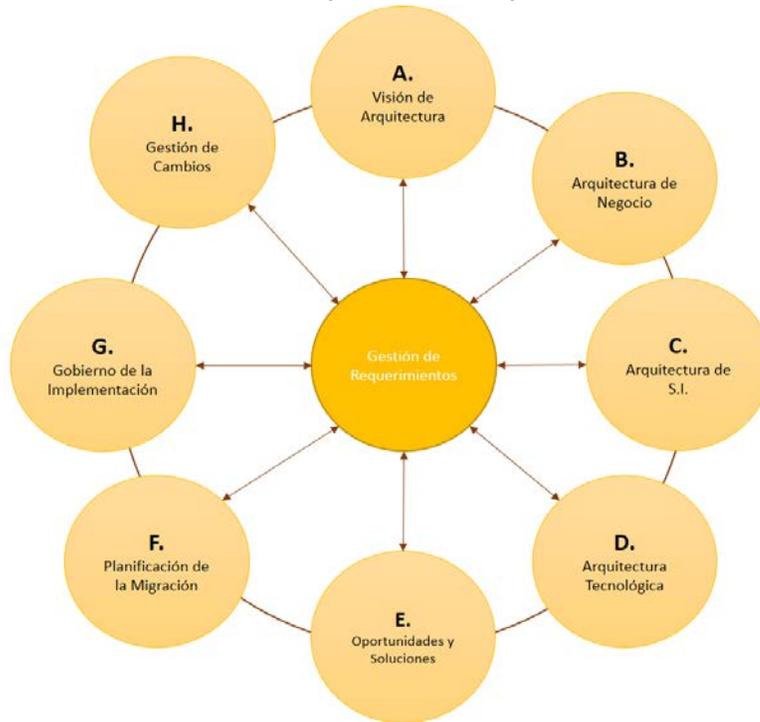
3.3.2. TOGAF

TOGAF (por sus siglas en inglés, *The Open Group Architecture Framework*), es un marco de trabajo de proceso iterativo que se utiliza como un modelo estándar en la colaboración de procesos de adaptación, producción, el uso y mantenimiento de arquitectura en empresas.

Este marco de trabajo tiene como enfoque principal la satisfacción de las necesidades y objetivos del negocio, el proceso iterativo que se lleva a cabo es de manera cíclica de manera que el proceso de adaptación y crecimiento de la arquitectura adquiera mayor madurez y que se encuentre en constante mejora.

TOGAF, a diferencia de otras arquitecturas empresariales o marcos de trabajo, contiene una fase preliminar que permite conocer el estado del sistema de información antes de su implementación y ello permite identificar que principios de la arquitectura son aplicables para el modelo de negocio.

Imagen 42. Ciclo de desarrollo de arquitectura empresarial – TOGAF.



Fuente: The Open Group Architecture Framework. *A pocket Guide* Versión 9.1.

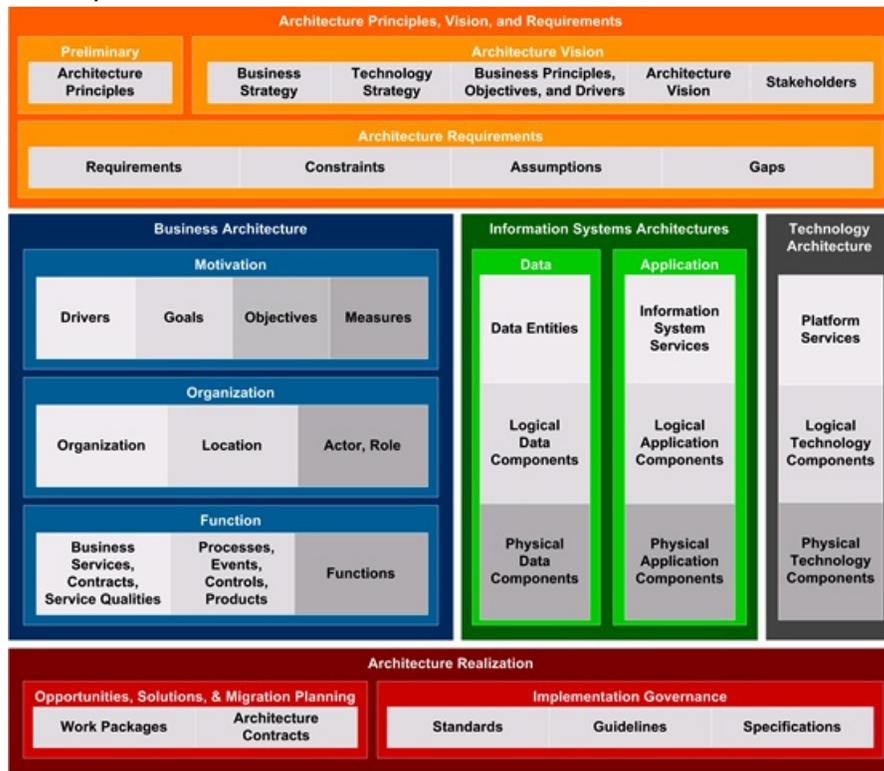
Dentro del ciclo de desarrollo de la arquitectura, se estipulan las fases de implementación donde⁴¹:

- Fase A. Visión de arquitectura: En esta fase identifican los cambios que tendrá la organización después de la implementación de los principios aplicados.
- Las fases B, C y D hacen referencia al desarrollo de arquitecturas base y se realiza un análisis de la arquitectura propuesta a implementar, teniendo en cuenta puntos como el enfoque de negocio, aplicaciones, datos y tecnología.
- Fase E. Oportunidades y Soluciones: Esta etapa es de planeación de cómo se llevará a cabo el proceso de implementación y las entregas que se realizarán
- Fase F. Planificación y migración: Esta fase es en la cual se desarrolla el plan de implementación y para los proyectos en los que el negocio tenía una arquitectura base, se establece el plan de migración entre la arquitectura base y la nueva.

⁴¹ TOGAF Versión 9.1- Guía de Bolsillo, Andrew Josey et al, Fases de TOGAF, [En línea] <https://www.vanharen.net/Samplefiles/9789087537104SMPL.pdf>

- Fase G. Gobierno de la implementación: En esta fase se centra la atención, en la supervisión y acompañamiento del proceso de implementación que se lleva a cabo, de manera que se asegure la satisfacción y/o conformidad respecto a los objetivos del negocio.
- Fase H. Gestión de cambios de la arquitectura: Esta fase corresponde a seguimiento y mejora continua, para maximizar el valor que tiene la arquitectura en la organización

Imagen 43. Bloques de construcción de TOGAF.



Fuente: The Open Group Architecture Framework. *A pocket Guide* Versión 9.1.

3.3.3. FEA⁴²

Marco de arquitectura empresarial federal, este marco restringe su uso al ámbito gubernamental, público y estatal. Por lo tanto, la implementación de esta arquitectura es utilizada para facilitar el desarrollo de proceso de información

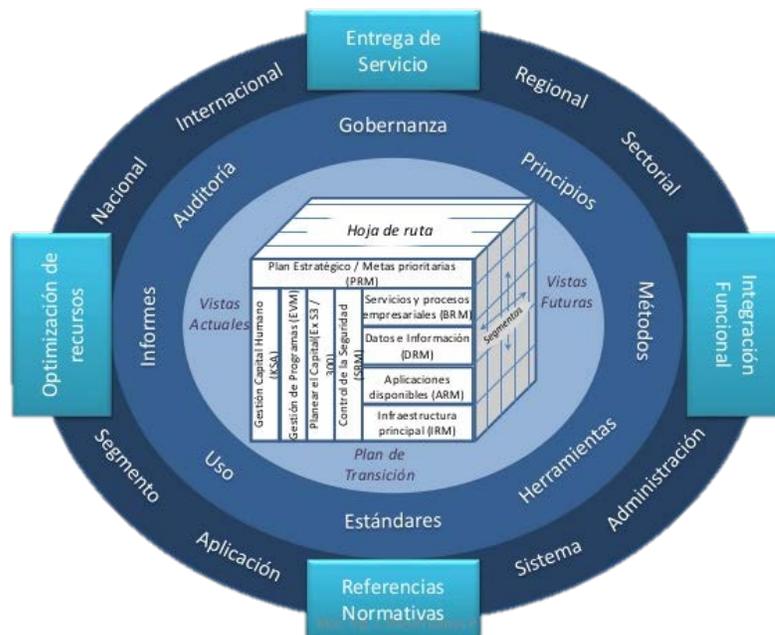
⁴² Marco FEA, MODELO DE REFERENCIA PARA LA MEDICIÓN DE CAPACIDADES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE ARQUITECTURA EMPRESARIAL CASO: GOBIERNO COLOMBIANO. [En línea] <http://investigacionsis.fuac.edu.co/html/RepositorioOJS/ojsfuac/ojs/index.php/UACISIS/article/download/15/59>

compartida entre este tipo de entidades y de igual manera procesos de comunicación existentes. FEAF se describe en seis dominios:

- Estrategia
- Negocio
- Datos
- Aplicación
- Infraestructura
- Seguridad

Los dominios anteriormente mencionados son enfoques de alta importancia en el manejo de datos gubernamentales para la interoperabilidad entre las agencias pertenecientes al gobierno.

Figura 44. Enfoque estructural de dominios de FEAF.



Fuente: John Gotze. The changing role of the enterprise architect.

3.3.4. Selección de la arquitectura empresarial

Por las descripciones anteriormente expuestas en los numerales anteriores, se selecciona el marco de trabajo TOGAF para el desarrollo del presente proyecto, toda vez que, al ser una de las arquitecturas más usadas a nivel empresarial, posee una amplia documentación de su implementación disponible al público para la aplicación en proyectos que estarán en constante crecimiento.

El proceso iterativo que se realiza en esta arquitectura permite mantener el negocio en las mejores condiciones de conformidad y completitud frente a las necesidades del cliente, adaptándose a los cambios que requiera el sistema de manera ágil y con procesos que tienden a tardar tiempos cortos de mejoramiento.

El sistema de *Prototipo de Plataforma Tecnológica Colaborativa como Soporte para la Medición y Estimación de la Calidad de Aire en Ambientes Móviles - Proyecto Innovo*, es una plataforma que por el uso esperado se mantendrá en constante crecimiento y actualización de manera que el funcionamiento sea lo más cercano al esperado por los usuarios, atendiendo solicitudes de actualización y mejora continua.

3.4. Prototipo

Se lleva a cabo la construcción de un prototipo que, de manera general, genere una visión de la aplicación de la arquitectura propuesta. Para ello, se consideraron los siguientes componentes:

3.4.1. Sensor MQ-135 ⁴³

El sensor MQ-135 tiene la capacidad de medir la calidad del aire, detectando la concentración de gases en el ambiente.

Los gases que mide son: Benceno, alcohol, humo y amoniaco⁴⁴.

Figura 45. Sensor Arduino MQ-135



Fuente: Geekbot Electronics

⁴³ Sensor de calidad del aire MQ-135 [En línea] <https://naylampmechatronics.com/sensores-gas/73-sensor-calidad-aire-mq135.html>

⁴⁴ Technical Data MQ-135 [En línea] <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>

3.4.2. Bluetooth module HC-05

Módulo de conexión vía bluetooth de tipo serial para dispositivos *Arduino*, que permite una conexión con el dispositivo receptor de bluetooth no mayor a cien (100) metros.

Figura 46. Módulo *Bluetooth* HC-05

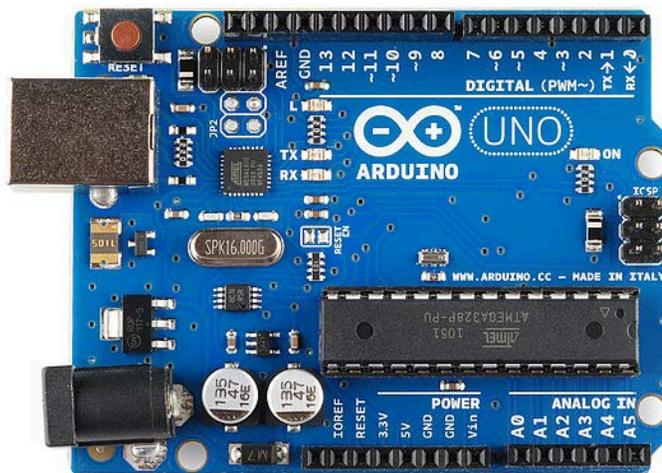


Fuente: Components 101

3.4.3. Arduino UNO

Es un microcontrolador de código abierto, basado en el microchip ATmega328.

Figura 47. Tarjeta arduino UNO

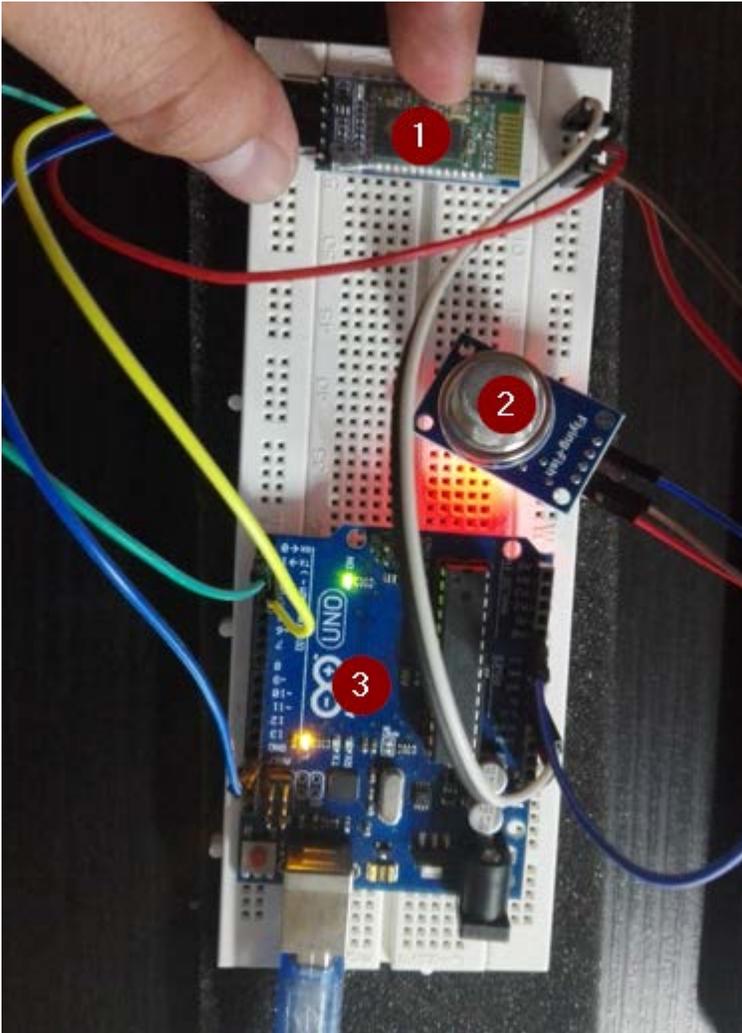


Fuente: Sparkfun. What is an Arduino?

3.4.4. Prueba de Concepto

Para la prueba de concepto, se realiza el prototipo en Arduino:

Figura 48. Prototipo de medicion Arduino



Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz

Se aprecia en la imagen el dispositivo de comunicación *bluetooth* (1), sensor de calidad de aire MQ-135 (2) y tarjeta Arduino UNO (3).

Así mismo se realiza una aplicación en Android para la visualización de datos recibidos por el sensor. A continuación, se muestra una captura de pantalla con el resultado del dato recibido por el sensor, seguido de la ubicación por latitud y longitud. Éstos últimos datos, son capturados por el GPS del teléfono móvil.

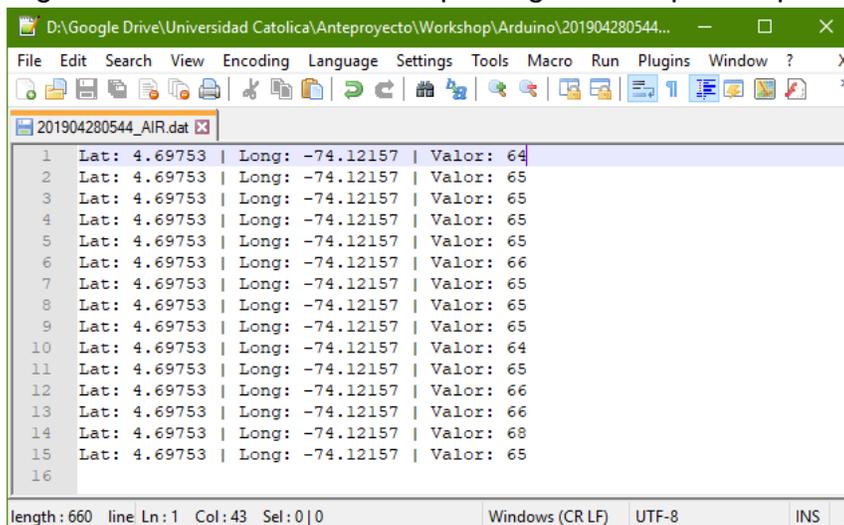
Figura 49. Aplicación de prueba en Android para la recepción de datos desde Bluetooth



Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz

Esta aplicación guarda en el teléfono móvil un archivo plano con el resultado de la trama. A continuación, se detalla una muestra del archivo plano.

Figura 50. Muestra de archivo plano generado por la aplicación.



Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz

4. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

4.1. ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE TRABAJO (EDT)

- a. Planear la investigación
- b. Recolectar información
- c. Analizar información
- d. Definir Objetivos
- e. Definir de alcances y limitaciones
- f. Desarrollar las factibilidades del proyecto
- g. Definir requerimientos
- h. Depurar casos de uso
- i. Documentar casos de uso
- j. Diagramar secuencia
- k. Diagramar actividades
- l. Seleccionar de herramientas
- m. Diseñar los servicios a utilizar
- n. Planear de calidad
- o. Planear de riesgos
- p. Planear de pruebas
- q. Diseñar modelo de flujo de datos
- r. Diseñar diagrama de comunicación
- s. Diseñar arquitectura
- t. Validar captura de datos
- u. Validar comunicación de sistemas
- v. Probar transmisión de tramas
- w. Validar soporte de alto flujo de datos
- x. Validar alta concurrencia
- y. Probar consultas continuas
- z. Validar de arquitectura empresarial
- aa. Documentar resultados de la validación de arquitectura diseñada
- bb. Documentar resultados de la validación de arquitectura diseñada
- cc. Entregar documentación de proyectos con aplicación de arquitecturas IoT
- dd. Entregar Documentación de Pruebas
- ee. Entregar artículo de investigación

4.2. LISTADO DE HITOS

Tabla 52. Listado de hitos de trabajo

HITO	DESCRIPCIÓN	FECHA
Documento de levantamiento de requerimientos	En este documento se verá reflejada la primera etapa del proyecto con los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema.	15/02/2019
Documentos de diagrama de Actividades	Documento de presentación de diagrama de actividades del sistema	15/02/2019
Documento de casos de uso	Diagramas de casos de uso y casos de uso, documentados del sistema.	15/02/2019
Documento de propuesta arquitectural	Propuesta formal de la arquitectura para el sistema “Prototipo de plataforma tecnológica colaborativa como soporte para la medición y estimación de la calidad de aire en ambientes móviles proyecto innovo”	26/03/2019
Documento de pruebas de la arquitectura	Realización de pruebas básicas de la arquitectura.	03/04/2019
Documento de validación de la arquitectura	Entrega de documento con estructura, pruebas y aprobación de arquitectura propuesta.	03/04/2019
Actualización a los documentos del proyecto	Se realiza actualización de los documentos iniciales del proyecto	20/04/2019
Documentos de cierre del proyecto o fase	Entrega formal del proyecto “Arquitectura de IoT como soporte para el monitoreo, visualización y toma de decisiones de variables climáticas en entornos urbanos”	

Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz

4.3. PRESUPUESTO GENERAL

4.3.1. Estimación por COCOMO

Se realiza la estimación de costos de software teniendo en cuenta que el proyecto, por sus características, se clasifica como orgánico en términos de la estimación.

Tipo de proyecto: Orgánico

Líneas de código: 4.000 (aprox.)

APM	2,40
BPM	1,05

TDEV	
ATDEV	2,50
BTDEV	0,38

4.3.2. Esfuerzo

$$PM_{nominal} = A_{PM} \cdot (KSLOC)^{B_{PM}}$$

$$PM_{nominal} = 2,40 \cdot (4000/1000)^{1,05}$$

$$PM_{nominal} = 10,289 \approx 10,29$$

4.3.3. Duración

$$TDEV = A_{TDEV} (PM)^{B_{TDEV}}$$

$$TDEV = 2,50 (10,29)^{0,38}$$

$$TDEV = 6,06$$

4.3.4. Recursos Humanos

$$= \frac{10,29}{6,06}$$

$$1,70 \approx 2$$

4.3.5. Desarrollo de estimación

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto en cuanto a estimación de líneas de código, esfuerzo, duración y recursos humanos, los resultados obtenidos son:

Tabla 53. Relación de esfuerzo, duración y equipo para el desarrollo del proyecto

Esfuerzo	10,29	MM
Duración	6,06	Meses
Equipo	2	Personas(promedio)

Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz

En la tabla anterior se puede observar valores como el esfuerzo requerido para el proyecto que corresponde a 10.29MM. Así mismo, se estima que la duración total del proyecto es de 6.06 meses y la cantidad de personas necesarias para el desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta el esfuerzo y la cantidad de tiempo, corresponde a 2 personas.

Se toman las etapas principales del desarrollo y se extrae cuando esfuerzo y tiempo implica cada una de estas (variación presentada por cantidad de decimales):

Tabla 54. Valores expresados sobre el porcentaje total

	Esfuerzo	Tiempo
Planeación y requerimientos	6%	12%
Diseño	16%	19%
Desarrollo	62%	55%
Integración y validación	22%	26%

Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz

Tabla 55. Valores expresados sobre el valor resultante de PMnominal y TDEV:

	Esfuerzo	Cant. tiempo
Planeación y requerimientos	0,6	0,7
Diseño	1,6	1,2
Desarrollo	6,4	3,3
Integración y validación	2,3	1,6
Total	10,9	6,8

Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz

4.3.6. Matriz RACI

A continuación se indican los roles y nombres de las personas que se van a tener en cuenta en la matriz RACI

Tabla 56. Personas y roles de involucrados en el proyecto

Abr.	Nombre	Rol
M	Marilyn Ruiz Ruiz	Diseñador e implementador
J	Alexandra López	Auditora de software
N	Nixon Alonso Duarte	Arquitecto de Software
A	Andrés Manrique Palma	Diseñador e implementador

Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz

Con respecto a lo anterior, las abreviaturas serán utilizadas para indicar los encargados de las actividades a realizar y qué responsabilidad tienen con respecto a esto:

Tabla 57. Matriz RACI

Roles / Responsabilidades: R: Responsable, A: Aprobador, C: Consultado, I: Informado.				
	R	A	C	I
1. Planear la investigación	M	N	A	J
2. Recolectar información	A,M	N	J,N	J
3. Analizar información	A	J	J,N	N
4. Definir Objetivos	M	J	N	N
5. Definir de alcances y limitaciones	A,M	N	J	J
6. Desarrollar las factibilidades del proyecto	A	J	J	N
7. Definir requerimientos	M	N	N	J
8. Depurar casos de uso	M	N	N	J
9. Documentar casos de uso	M	N	J	J
10. Diagramar secuencia	M	N	J	J
11. Diagramar actividades	M	J	N	N
12. Seleccionar de herramientas	A	J	J	N
13. Diseñar los servicios a utilizar	A	N	N	J
14. Planear de calidad	A	N	J	J
15. Planear de riesgos	M	N	J	J
16. Planear de pruebas	M	N	J	J
17. Diseñar modelo de flujo de datos	A	N	N	J
18. Diseñar diagrama de comunicación	M	N	N	J
19. Diseñar arquitectura	M,A	N	N	J

20. Validar captura de datos	M,A	N	J	J
21. Validar comunicación de sistemas	M,A	N	J	J
22. Probar transmisión de tramas	M,A	N	N	J
23. Validar soporte de alto flujo de datos	M,A	N	N	J
24. Validar alta concurrencia	M,A	N	J	J
25. Probar consultas continuas	M,A	N	J	J
26. Validar de arquitectura empresarial	M,A	N	N	J
27. Documentar resultados de la validación de arquitectura diseñada	M,A	N	N	J
28. Documentar resultados de la validación de arquitectura diseñada	M,A	N	N	J
29. Entregar documentación de proyectos con aplicación de arquitecturas IoT	M,A	J	J	N
30. Entregar Documentación de Pruebas	M,A	J	J	N

Fuente: Andrés Manrique – Marilyn Ruiz

4.3.7. Estimación por Tres Valores y Diagrama de Gantt

A continuación, se realiza la estimación por tres valores:

Actividad	Tiempo Optimista	Tiempo Pesimista	Tiempo Probable	Tiempo Estimado días
Definir Planear y Organizar				
Plantear el problema				
Planear la investigación	1	2	1	1
Recolectar información	3	6	4	4
Analizar información	2	6	4	4
Definir Objetivos	2	4	2	2
Definir de alcances y limitaciones	2	4	3	3
Desarrollar las factibilidades del proyecto	1	2	1	1
Requerimientos				

	Definir requerimientos	4	8	6	6
	Depurar casos de uso	2	4	3	3
	Documentar casos de uso	4	8	6	6
Análisis					
	Diagramar secuencia	2	4	3	3
	Diagramar actividades	3	6	4	4
	Seleccionar de herramientas	1	2	1	1
Diseño					
	Diseñar los servicios a utilizar	1	2	1	1
	Diseñar plan de trabajo				
	Planear de calidad	1	2	1	1
	Planear de riesgos	1	2	1	1
	Planear de pruebas	1	2	1	1
	Diseñar modelo de flujo de datos	2	4	3	3
	Diseñar diagrama de comunicación	2	4	3	3
	Diseñar arquitectura	4	6	5	5
Validación					
	Fase I				
	Validar captura de datos	3	6	4	4
	Validar comunicación de sistemas	2	5	3	3

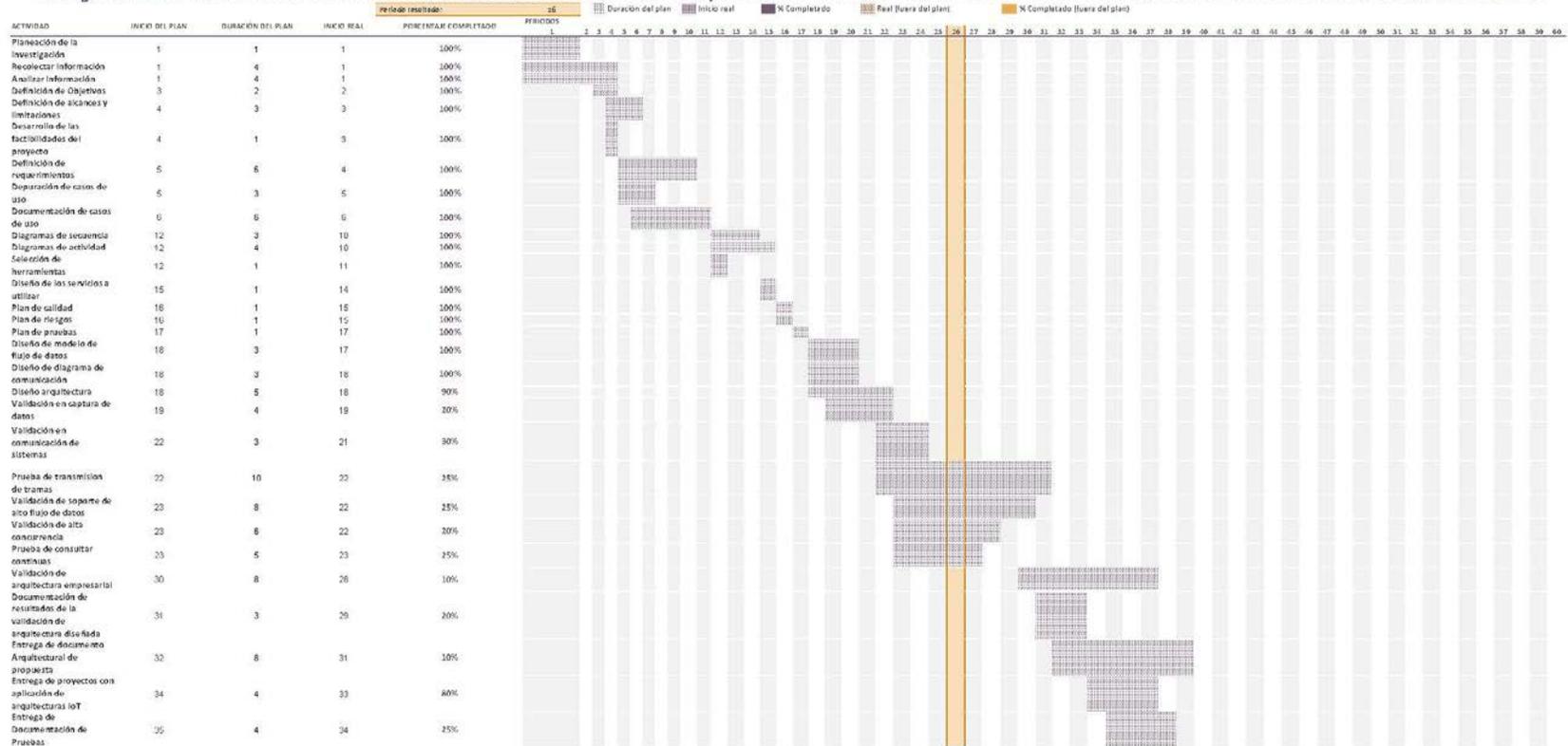
	Probar transmisión de tramas	6	12	10	10
Fase II					
	Validar soporte de alto flujo de datos	5	11	8	8
	Validar alta concurrencia	5	8	6	6
	Probar consultas continuas	3	6	5	5
Fase III					
	Validar de arquitectura empresarial	5	10	8	8
	Documentar resultados de la validación de arquitectura diseñada	2	4	3	3
Entrega final					
	Entregar de documento Arquitectural de propuesta	6	9	8	8
	Entregar documentación de proyectos con aplicación de arquitecturas IoT	3	5	4	4
	Entregar Documentación de Pruebas	3	5	4	4

Total tiempo estimado

120

A continuación, se encuentra el diagrama de Gantt de procesos que se llevarán a cabo para las entregas respectivas de este proyecto:

Cronograma de ARQUITECTURA DE IOT COMO SOPORTE PARA EL MONITOREO, VISUALIZACIÓN Y TOMA DE DECISIONES DE VARIABLES CLIMÁTICAS EN ENTORNOS URBANOS



5. CONCLUSIONES

El proceso de identificación de los requerimientos funcionales y no funcionales de un sistema, es fundamental como base para la construcción de un sistema estable y que sea capaz de satisfacer la mayor cantidad de solicitudes que el usuario final realiza para su sistema. Esto asegura que el desarrollo del sistema de información cumpla con los requerimientos y requisitos exigidos.

Para obtener un sistema de información que tenga la capacidad de soportar gran cantidad de escenarios que pueden producir fallas en su funcionamiento, es indispensable diseñar la arquitectura de datos, arquitectura de tecnología y arquitectura de negocio que permitan conducir a un aprovechamiento efectivo de la tecnología dispuesta para el requerimiento de negocio. Para ello, TOGAF demuestra que puede adaptarse a las necesidades de una arquitectura enfocada a Internet de las Cosas.

Dentro de los procesos finales de diseño de una arquitectura para un sistema de información, se encuentra el realizar la validación de que la arquitectura que se pretende implementar para el sistema cuenta con la capacidad de soportar los procesos principales y secundarios que tendrá el sistema teniendo en cuenta los factores externos en relación a los mismos.

Lo anterior, no significa que la arquitectura no esté sujeta a cambios, por el contrario, durante la ejecución del sistema y con el transcurrir del tiempo, es factible que se encuentren brechas que en su momento no se contemplaron durante el desarrollo de este proyecto. No obstante, TOGAF permite que se involucren las mejoras pertinentes al proceso.

6. TRABAJOS FUTUROS

Dentro de los posibles trabajos futuros, se recomienda los puntos que a continuación se relacionan:

1. Desarrollo de aplicación móvil que permita la recolección de datos en un tiempo cercano al real y que involucre la conexión con un dispositivo externo de recolección de datos atmosféricos vía bluetooth.
2. Desarrollo e implementación de arquitectura de Inteligencia de Negocio, que permita realizar procesamiento de datos en tiempo real, o mejor conocido como *Streaming*.
3. Desarrollo del módulo de aplicación web, que permita visualizar el estado actual de la calidad del aire para bicisuarios. Esta aplicación deberá ser compatible con la mayoría de navegadores web y deberá permitir el cálculo de ruta más óptimo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] GAVIRIA, Simón. DNP advierte que se avecina colapso de movilidad en las principales capitales. En: Departamento Nacional de Planeación. Bogotá D.C. 2016.
- [2] BOGOTÁ CÓMO VAMOS. Encuesta de Percepción Ciudadana. Documento Técnico. Bogotá 2017.
- [3] Equipo de Redacción. Cuáles son las mejores ciudades de América Latina para andar en bicicleta. En: British Broadcasting Corporation. Londres 16, abril, 2016.
- [4] ROJAS, Néstor. Aire y problemas ambientales de Bogotá. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. 2007. p. 4.
- [5] AVILA, Leidy. Determinación del Nivel de Exposición de Viajeros Pendulares a Partículas Ultrafinas Según el Modo de Transporte en la ciudad de Bogotá. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 2016. p. 73.
- [6] DORA, C, HOSKING J and MUDU, P. Transporte Urbano y Salud. Citado por DURÁN, Edwin. Prototipo de plataforma tecnológica colaborativa como soporte para la medición y estimación de la calidad de aire en ambientes móviles: Universidad Católica de Colombia: 2017. p.3.
- [7] Ibid., p. 9.
- [8] Ibid., p. 4.
- [9] Ibid., p.22.
- [10] BALLESTER, F. Contaminación Atmosférica, Cambio Climático y Salud. Revista Española de Salud. Pública, 79(2), p. 159-175.
- [11] BALLESTER, F. Contaminación Atmosférica, Cambio Climático y Salud. Op. Cit.
- [12] BALLESTER, F. Contaminación Atmosférica, Cambio Climático y Salud. Op. Cit.
- [13] CARMONA, J. Infección Respiratoria Aguda en Relación con la Contaminación Atmosférica y Otros Factores Ambientales. Archivos de Medicina (Col), vol. 9, no. 1, 2009, pp. 69-79. Editorial Universidad de Manizales.
- [14] BOGOTÁ CÓMO VAMOS, El protagonismo de la bicicleta, febrero 16, 2017.
- [15] OBSERVATORIO AMBIENTAL DE BOGOTÁ, Índice Bogotano de Calidad del Aire- IBOCA.
- [16] SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE, Citado por DURÁN, Edwin. Prototipo de plataforma tecnológica colaborativa como soporte para la medición y estimación de la calidad de aire en ambientes móviles: Universidad Católica de Colombia: 2017. p.5.
- [17] BAUMANN Claire, et al. Biciciudades: un estudio regional acerca del uso de la bicicleta como medio de transporte en América Latina y el Caribe. Washington D.C. American University School of International Service. 2013. p. 27.

- [18] PATTIASINA Njord y PINZÓN Camila. Cycling in Colombia. Report of a fact finding misión by the Dutch Cycling Embassy. Holanda. Ministerio de Relaciones Exteriores. 2013.
- [19] VERMA Philip, LÓPEZ José Segundo y PARDO Carlos Felipe. Bicycle Account Bogotá. Despacio. 2014.
- [20] GIRALDO, Liliana y BEHRENTZ, Eduardo. Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes. Bogotá D.C. Universidad de los Andes. 2009.
- [21] LLORENTE, Cesar. Guía de Arquitectura N-Capas orientada al Dominio con .NET 4.0 (Beta), Microsoft (Borrador 2010), P.9.
- [22] GAUDIANO, Pablo. Qué entendemos por <<Cosas>> en el Internet de las Cosas. En: El Internet de las Cosas en un Mundo Conectado de Objetos Inteligentes. Fundación de la Innovación Bankinter, 2011.
- [23] CHORLEY, R., and KENNEDY, B. Physical Geography: A systems approach. Prentice-Hall International.1971
- [24] Radiación solar, IDEAM, En línea: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar>
- [25] Material particulado(PM), Carmen Stibel Duarte Torres, Política Distrital de salud ambiental de Bogotá D.C., 2011, En línea: http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=969c5996-6f71-4c1d-a3b9-504dcc2f706a&groupId=55886
- [26] Monóxido de Carbono, Revista de Salud Pública Scielo, Jairo Téllez, Alba Rodríguez y Álvaro Fajardo, 2006 , En línea: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642006000100010
- [27] Cristiano Gandini, Anna F. Castoldi, Stefano M. Candura, Carlo Locatelli, Raffaella Butera, Silvia Priori y Luigi Manzo (2001) Cardiotoxicidad por monóxido de carbono, Journal of Toxicology: Clinical Toxicology, 39: 1, 35-44, DOI: 10.1081 / CLT-100102878
- [28] Fundación para la salud ambiental, definición de dióxido de nitrógeno, en línea: <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-nitrogeno-no2>
- [29] Fundación para la salud ambiental, definición de dióxido de azufre, en línea: <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-azufre-so2>
- [30] Fundación para la salud ambiental, definición de dióxido de carbono, en línea: <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-co2>
- [31] Air Now, definición de AQI, en línea: <https://airnow.gov/aqi/aqi-basics>
- [32] MinTic, en línea: <http://www.mintic.gov.co/arquiturati/630/w3-propertyvalue-8161.html>.

- [33] Computación en la nube, MinTic -Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2017, En línea: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-34317.html>
- [34] VÁSQUEZ, Isabel. Tipos de estudio y métodos de investigación, Universidad Federico Villarreal (En línea), 18 Diciembre (2005).
- [35] Entre 2016 y 2018, los viajes en bicicleta en Bogotá crecieron un 18 %, Giovanni suárez bayona, [En línea] <https://conexioncapital.co/viajes-bicicleta-bogota-crecieron/>
- [36] 10 ventajas y desventajas del uso de las motos y las bicicletas, Revista Dinero, Sección movilidad, 2014 [En línea]<https://www.dinero.com/pais/articulo/ventajas-desventajas-del-uso-motos-bicicletas/203729>
- [37] Velocidad de transmisión por bluetooth, SAMSUNG, [En línea] Disponible en <https://www.samsung.com/pe/support/mobile-devices/what-is-the-speed-of-data-transfer-of-a-bluetooth-connection/>.
- [38] Reglamentos y estatutos de la Universidad Católica de Colombia, [En línea] Disponible en: <https://www.ucatolica.edu.co/portal/wp-content/uploads/adjuntos/reglamentos-y-estatutos/manual-imageninstitucional.pdf>.
- [39] Representación del marco de trabajo Zachman, Arquitectura Empresarial de la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI, Sebastián Castaño Fernández y Yenny Paola Varón G., Diciembre de 2017 [En línea] <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/690/2/Var%C3%B3n%20G.%20C%20Yenny%20Paola%20-%202017.pdf>
- [40] Componentes del marco de trabajo Zachman, Warren Singer 2007 [En línea] http://www.technical-communicators.com/articles/zachman_framework.pdf
- [41] TOGAF Versión 9.1- Guía de Bolsillo, Andrew Josey et al, Fases de TOGAF, [En línea] <https://www.vanharen.net/Samplefiles/9789087537104SMPL.pdf>
- [42] Marco FEAF, MODELO DE REFERENCIA PARA LA MEDICIÓN DE CAPACIDADES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE ARQUITECTURA EMPRESARIAL CASO: GOBIERNO COLOMBIANO. [En línea] <http://investigacionsis.fuac.edu.co/html/RepositorioOJS/ojsfuac/ojs/index.php/UAC SIS/article/download/15/59>
- [43] Sensor de calidad del aire MQ-135 [En línea] <https://naylampmechatronics.com/sensores-gas/73-sensor-calidad-aire-mq135.html>
- [44] Technical Data MQ-135 [En línea] <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>