

Modelo para la Construcción de Ecosistemas Sociales de Objetos Inteligentes IoT



Monografía de Trabajo de Grado

**Diego Fernando Balcazar Hoyos
Juan José Lemos Elvira**

Universidad del Cauca

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Sistemas**

**Grupo I+D en Tecnologías de la Información - GTI
Línea de Investigación en Gestión de la Información
Popayán, abril 2019**

Modelo para la Construcción de Ecosistemas Sociales de Objetos Inteligentes IoT



Monografía de Trabajo de Grado

**Diego Fernando Balcazar Hoyos
Juan José Lemos Elvira**

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Departamento de Sistemas

Grupo I+D en Tecnologías de la Información - GTI

Línea de Investigación en Gestión de la Información

Popayán, abril 2019

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS	5
INDICE DE FIGURAS	6
INTRODUCCION	7
CAPITULO 1: CONTEXTUALIZACIÓN.....	10
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACION	14
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 Objetivo general	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 METODOLOGÍA	21
1.4.1 Actividades	21
Actividad 1: Documentación y formalización del modelo.....	21
Actividad 2: Implementación de la solución tecnológica.....	23
Actividad 3: Evaluación del proyecto en el caso de estudio seleccionado	24
Actividad 4: Documentación y Divulgación	25
1.5 CONTENIDO DE LA TESIS	26
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	28
2.1 MARCO TEÓRICO	28
2.1.1 Objetos inteligentes	28
2.1.2 Calidad del aire	29
2.1.3 Internet de las cosas.	30
2.1.4 Contexto.....	31
2.1.5 Contexto – conciencia (context-aware)	33
2.1.6 Web semántica de las cosas (Semantic Web of Things)	33
2.1.7 Ecosistema IoT	35
2.1.8 Red social.....	37
2.1.9 Internet Social de las Cosas (SIoT)	42
2.1.10 Modelo de interacción semántica	42
2.2 TRABAJOS RELACIONADOS	45
2.3 REFERENTE TEÓRICO	49
2.4 DEFINICION DEL DISEÑO DE ALTO NIVEL.....	54
CAPITULO 3. CREACIÓN DEL MODELO PARA LA CONSTRUCCION DE ECOSISTEMAS SOCIALES DE OBJETOS INTELIGENTES.....	59
3.1 CAPA DE RED SOCIAL DE COSAS Y PERSONAS.....	60
3.2 CAPA DE SEGURIDAD	65
3.3 DEFINICIÓN FORMAL DEL MODELO	66
CAPITULO 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	75

4.1	ACTIVIDAD 2: IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	75
4.1.1	.....	75
4.1.1.1	Arquitectura del modelo para la construcción del ecosistema social de objetos inteligentes IoT.....	75
1.	Contexto.....	77
1.1.	Normatividad Colombiana de calidad del aire.	77
2.	Interacción	80
3.	Adquisición	81
4.	Análisis.....	81
5.	Integración	81
4.1.2	Implementación del prototipo.	81
4.1.2.1	Metodología.....	81
4.1.2.2	Propósito	82
4.1.2.3	Requisitos de la aplicación	82
4.1.2.4	Historias de usuario.....	84
4.1.2.5	Arquitectura de despliegue del prototipo.....	85
4.1.3	Prototipo.....	86
	CAPITULO 5. EVALUACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO SELECCIONADO.....	89
5.1	FASE DE DEFINICIÓN DEL CASO DE ESTUDIO Y PLAN DE PRUEBAS	89
5.2	ESCENARIO INICIAL.....	90
5.2.1	Fase de selección del área donde se realizará la experiencia	90
5.2.2	Fase de experimentos en el dispositivo simulando condiciones extremas.....	91
5.2.3	Fase de selección de las personas que realizaran la experiencia	94
5.2.4	Fase de realización de la experiencia	95
5.2.5	Fase de análisis y realimentación	97
5.2.5.1	Medición De La Oportunidad	99
5.3	CONCLUSIONES CASO DE ESTUDIO SELECCIONADO.....	101
	CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	104
6.1	CONCLUSIONES DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS	104
6.2	CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN	105
6.3	TRABAJOS FUTUROS.....	106
	BIBLIOGRAFIA	107
Anexo A	.....	112
Contexto	.....	112
Anexo B	.....	119
Anexo C	.....	120
Historias de usuario	.....	120
Diagrama de clases	.....	134
Diagramas de secuencia prototipo aplicación móvil.	.....	135

Anexo D 140
Anexo E 151

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Investigación relacionada con la SIoT.....	53
Tabla 2: Datos para el perfil de un objeto inteligente. Fuente: propia.	61
Tabla 3: Datos para el perfil de un humano. Fuente: propia.....	62
Tabla 4: Contaminantes del aire.....	78
Tabla 5: Descripción general del código de colores para el estado de la calidad del aire. Fuente: [47].....	79
Tabla 6: Concentración y tiempos de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia. Fuente: [47]	80
Tabla 7: Historia de Usuario. Fuente: propia.....	85
Tabla 8: Escala de Likert. Fuente propia.....	90
Tabla 9: Concentración y tiempos de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia con respecto a los tiempos utilizados para la simulación. Fuente: propia	92
Tabla 10: resumen encuesta funcionalidad y experiencia de usuario basada en la encuesta con escala de Likert. Fuente: propia	98
Tabla 11: medición de exposición a contaminantes. Fuente: propia.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 12: resumen encuesta medición de la oportunidad de usuario basada en la encuesta con escala de Likert Fuente: propia.....	101

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistemas de vigilancia de la calidad del aire en Colombia existentes en el 2016. Fuente: http://www.sisaire.gov.co:8080/faces/documentos/documentos.jsp	16
Figura 2: Emisiones de los países top 10 en GEI (Gt: Gigantón). Fuente: [31].....	30
Figura 3: Evolución de la IoT. Fuente [17].	31
Figura 4: Mapa de un ecosistema IoT. Fuente: www.postscapes.com	35
Figura 5: Arquitectura modelo de interacción semántica. Fuente: [8].....	43
Figura 6: Estructura relaciones sociales entre objetos IoT. Fuente: propia.....	55
Figura 7: Arquitectura actualizada del modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT. Fuente: propia.	60
Figura 8: Definición de la capa de Red Social de Objetos y Personas. Fuente: propia.	64
Figura 9: Arquitectura del modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT. Fuente: propia.....	66
Figura 10: interacción dispositivo a dispositivo en la red nodo. Fuente: propia.	70
Figura 11: interacción actora a dispositivo en la red nodo. Fuente: propia.....	70
Figura 12: Red neuronal. Fuente: propia.	71
Figura 13: Representación de distintas redes celulares en Colombia. Fuente: propia.	72
Figura 14: Arquitectura del modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT ajustada al contexto de Calidad del Aire. Fuente: propia.	75
Figura 15: Vista del despliegue del prototipo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT. Fuente propia.	86
Figura 16: Vista de la página principal de la aplicación móvil. Fuente propia.	87
Figura 17: Vista de las alertas que genera la aplicación móvil. Fuente propia.....	87
Figura 18: Vista del mapa de dispositivos de la aplicación móvil. Fuente propia.....	88
Figura 19: Vista de las mediciones de un dispositivo del mapa de sensores. Fuente propia.....	88
Figura 20: Lugares seleccionados. Fuente: http://www.unicauca.edu.co	91
Figura 21: Circuito para el primer objeto inteligente para el escenario. Fuente propia.	94
Figura 22: Circuito para el segundo objeto inteligente para el escenario. Fuente propia.....	94
Figura 23: Imagen usuarios interactuando con el prototipo. Fuente propia.	95
Figura 24: Que tan a menudo usa aplicaciones móviles basada en la encuesta con escala de Likert. Fuente propia.....	151
Figura 25: ¿Qué tan difícil fue realizar el registro en el prototipo? basada en la encuesta con escala de Likert. Fuente propia.....	151
Figura 26: ¿Qué tan complicado fue acceder a la funcionalidad mapa de dispositivos e interactuar con ella? basada en la encuesta con escala de Likert. Fuente propia.....	152
Figura 27: ¿Qué tan difícil fue publicar un evento dentro de las funcionalidades de red social de la aplicación, visualizarlo y luego visualizar el de los demás? basada en la encuesta con escala de Likert Fuente propia.....	152
Figura 28: ¿Para usted la alerta emitida por el prototipo de la aplicación fue de ayuda? Basada en la encuesta con escala de Likert Fuente propia.....	153
Figura 29: ¿Si la aplicación le informa de espacios de mala contaminación de aire, usted evitaría esos lugares? basada en la encuesta con escala de Likert Fuente propia.....	154
Figura 30: ¿Usted aportaría información al desastre (con imágenes, comentarios) a través de la red social de la aplicación? basada en la encuesta con escala de Likert. Fuente: propia.....	154
Figura 31: ¿Le parece que la red social enriquece la información emitida por el prototipo? basada en la encuesta con escala de Likert Fuente propia.....	155

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos Juan Jose Lemos:

En primer lugar doy infinitas gracias a Dios por ser el patrocinador de mis sueños, por guiarme en este camino y darme la fuerza para superar todos los retos que se presentaron, en segundo lugar agradecer a mis padres María del Carmen Elvira y Guido Lemos por toda su paciencia y constante apoyo, a mis hermanas Clara, Liliana y Victoria por su ayuda y compañía en este largo camino, en tercer lugar a mi director de tesis el Ph.D. Miguel Ángel Niño Zambrano por su dedicación, empeño y paciencia a lo largo de este trabajo y finalmente, quisiera agradecer a todas las personas que de una manera u otra me han apoyado y han estado dispuestas a ayudarme.

Agradecimientos Diego Balcazar:

Doy Gracias a Dios por permitirme alcanzar un logro más en la vida. A mi padre Juan Martin Balcazar por ser un ejemplo de constancia, honestidad y trabajo duro, a mi madre Rubiela Hoyos por ser mi todo mi amiga compañera y apoyo, a mi familia mis hermanos y mis tías por nunca dejarme desfallecer, a mis hijas Isabela y María Antonia Balcazar por ser un motivo para ser cada día mejor. Al Ph.D.Miguel angel Niño por su paciencia, apoyo y compromiso con el trabajo y a todas aquellas personas que aportaron algo para alcanzar este logro.

INTRODUCCION

“IoT, es nuestro presente y explotará definitivamente en nuestro futuro”

Sonia Duro Lima

Ciertamente el uso de la tecnología ha redefinido las dinámicas, asociaciones y relaciones de los seres humanos con ellos mismos, el entorno, el mundo y con las cosas. Según la revista Forbes México, se estima que para el año 2020 habrá 50.000 millones de objetos conectados; es decir, seis o siete objetos en promedio por cada persona del mundo. Lo anterior indica que el mundo estará intensamente intercomunicado, habrá despliegue de nuevos y variados servicios y el nacimiento de otros usuarios.

El Internet de las Cosas (IoT) es un concepto que nació en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en 1999, se basa en la conexión permanente de personas y objetos cotidianos con la nube, lo que da nacimiento a objetivos comunes muy beneficiosos para los usuarios.

Se usa la IoT para este ejercicio investigativo por el potencial que tiene y que ofrece, pues se convierte en una multiplataforma para multiplicar los beneficios y fusionar los servicios. Las ventajas son innumerables, la comunicación puede darse de manera más rápida y eficiente entre tanto la tecnología avanza.

El presente proyecto, propone un modelo para la Construcción de Ecosistemas Sociales de Objetos Inteligentes IoT, que pretende utilizar el potencial de la IoT junto con las redes sociales, para desarrollar aplicaciones sociales IoT que impacten el beneficio de las personas, particularmente esta propuesta realizó un caso de estudio enfocado en la calidad del aire, para brindar una solución que podría impactar en la salud pública de la población, más específicamente en las condiciones crónicas y las enfermedades no transmisibles, de acuerdo a lo definido en el Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021, una política de gobierno que pretende obtener resultados en el bienestar de la población colombiana.

CAPITULO 1: CONTEXTUALIZACIÓN

El cambio climático en la actualidad es reconocido por la mayoría de los países del mundo como uno de los retos que la humanidad tendrá que lidiar en los próximos años y que ha traído consigo cambios significativos que afectan gravemente las poblaciones de todos los países y la economía mundial. Los datos analizados de los últimos años por diferentes fuentes académicas [1-3] y no gubernamentales¹, demuestran que los cambios en los patrones locales o globales del clima son significativos y duraderos. Por ejemplo, el año 2005 tuvo la temporada con más huracanes de la historia, pero ha sido el 2017 el que ha tenido la temporada con los huracanes más poderosos registrados. El problema es tan complejo que la ONU planteo en su programa mundial de desarrollo sostenible el “*Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*”².

La empresa Siemens publicó un documento llamado “Desarrollo sustentable para infraestructuras urbanas. Ciudades Sustentables”, en el hace un análisis sobre el crecimiento urbano en los últimos años y aporta datos importantes como³:

- *“En el año de 2010, la población urbana fue mayor que la población rural y en los próximos 20 años la población urbana mundial se estima que crecerá en 1.4 billones de personas.”*

¹ Cambio climático, calentamiento global y efecto invernadero. <https://goo.gl/qTVrg8>

² Objetivos de desarrollo sostenible. Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. <https://goo.gl/5F8eik>

³ Desarrollo sostenible para infraestructuras urbanas: Ciudades Sostenibles. <http://www.cvc.com.ve/docs/2015325144107Ciudades%20Sostenibles%20-%20Siemens.pdf>

- *“Las ciudades son responsables del 80% de las emisiones de gases de invernadero globales y del 75% del consumo de energía. Los edificios son responsables del 40% del consumo de energía mundial.”*
- *“Una ciudad colapsada por el tráfico pierde valiosos recursos de productividad, y el uso de vehículos privados es uno de los principales contribuyentes de las emisiones de CO₂.”*

Con los índices poblacionales urbanos creciendo y los niveles de contaminación que las ciudades aportan, se puede inferir que ellas se convierten en focos principales para la toma de medidas en pro de disminuir las emisiones y la contaminación en general, para que se tenga un impacto positivo y muy importante sobre la preservación del clima.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación ambiental que provoca el cambio en el clima se puede dividir básicamente en tres tipos diferentes: contaminación del aire, de los suelos y del agua. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) creado para facilitar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta en uno de sus informes afirma que *“el calentamiento del sistema climático se debe en gran parte y muy probablemente, al aumento de las*

concentraciones de gases de efecto invernadero provocado por actividades humanas como el uso extendido e indiscriminado de combustibles fósiles (petróleo, gas o carbón), la descomposición de residuos urbanos o ganaderos y los cambios en el uso de la tierra”⁴.

La mala calidad del aire es un tema que ha tomado unas dimensiones realmente importantes. En 2019, la OMS considera que la contaminación del aire es el mayor riesgo ambiental para la salud. Los contaminantes microscópicos presentes en el aire pueden penetrar en los aparatos respiratorio y circulatorio y dañar los pulmones, el corazón y el cerebro. La contaminación del aire mata a unos 7 millones de personas prematuramente cada año a causa de enfermedades como el cáncer, accidentes cerebrovasculares, cardiopatías y neumopatías. Alrededor del 90% de estas muertes se producen en países de ingresos bajos y medios, que presentan altos volúmenes de emisiones procedentes de la industria, el transporte y la agricultura, así como de la utilización de cocinas y combustibles sucios en los hogares. *Flavia Bustreo*, Subdirectora General de la OMS dice que *“La contaminación del aire continúa dañando la salud de las poblaciones más vulnerables, a saber, las mujeres, los niños y las personas de edad avanzada. Para que las personas estén sanas, deben respirar aire limpio, desde la primera inhalación hasta la última”⁵.*

⁴ Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. <http://www.ipcc.ch>

⁵ La OMS publica estimaciones nacionales sobre la exposición a la contaminación del aire y sus repercusiones para la salud <http://www.who.int/es/news-room/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact>

Entre las principales fuentes de contaminación del aire, figuran los modos ineficientes de transporte, la quema de combustible en los hogares, la quema de desechos, las centrales eléctricas y las actividades industriales. Sin embargo, la actividad humana no es la única fuente de contaminación del aire. Por ejemplo, las tormentas de arena, especialmente en regiones cercanas a desiertos, también pueden influir en la calidad del aire⁶.

De acuerdo con los análisis realizados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la contaminación atmosférica en Colombia es uno de los problemas ambientales de mayor preocupación por los impactos generados en la salud y en el ambiente, además, es el tercer factor generador de costos sociales después de la contaminación del agua y de los desastres naturales⁷.

Según la OMS y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC⁸), las emisiones mundiales de GEI podrían causar un aumento de hasta 5°C en la temperatura regular de Colombia en los años venideros. En el 2014 el país generó 182 Mt (Megatón) de CO_{2e}, según las estimaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) de seguir la tendencia actual, se estima que para el año 2030 las emisiones pueden incrementarse en un 50%.

⁶ Organización Mundial de la Salud. <http://www.who.int/es/news-room/detail/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact>

⁷ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1801-plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-2>

⁸ Cambio Climático de las Naciones Unidas. <https://unfccc.int>

Desde 2007 a 2015 [4, 5] en Colombia, el deterioro de la calidad del aire ha disminuido notablemente la calidad de vida de la población, especialmente la de los niños menores de 5 años y la de los adultos mayores. La Asociación Colombiana de Gas Natural (Naturgas) dio a conocer, a través de su informe anual de indicadores para el año 2019, que la contaminación del aire causa cerca de 15.600 muertes al año, además, causa más de 67,8 millones de síntomas y enfermedades.⁹.

Sólo entre 2002 y 2009 los costos de salud en Colombia, debido a este tipo de contaminación han pasado del 0,8% al 1,1% del PIB (\$5,7 billones de pesos) [6], en el año 2014 los costos subieron a 1,59% del PIB (\$12 billones de pesos), en 2015 aumento a 1,93% del PIB (\$15,4 billones de pesos), y en el año 2017 que es el último que se tiene las cifras ascendían a \$20,7 billones de pesos un 2,6% del PIB, por lo que es necesario y oportuno implementar estrategias para controlar, evaluar y monitorear estas sustancia.

1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACION

De lo anterior, se puede inferir la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo evitar o disminuir la exposición de las personas y su salud a entornos de mala calidad del aire?

⁹ Asociación Colombiana de Gas Natural (Naturgas).
<http://www.naturgas.com.co/documentos/2019/Indicadores2019.pdf>

El Gobierno Nacional a través del IDEAM [7], ha desplegado dispositivos para medir las variables ambientales y así poder contribuir al análisis del entorno en diferentes puntos, con el fin de soportar la toma de decisiones o definición de políticas ambientales. Por ejemplo, con respecto a la contaminación atmosférica se implementan los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) cuya administración corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales y Autoridades Ambientales de cada región. Los SVCA (Figura 1) poseen sensores meteorológicos y de calidad del aire y pueden ser de tres tipos:

- **SVCA Manuales:** SVCA constituidos totalmente por equipos manuales (muestreadores y semiautomáticos).
- **SVCA Automáticos:** SVCA constituidos totalmente por equipos y sistemas automáticos (analizadores automáticos).
- **SVCA Híbridos:** SVCA constituidos por la combinación entre equipos manuales y automáticos.

En la Figura 1 que en el 2016, Colombia contaba con 159 estaciones de monitoreo, de las cuales 142 eran fijas y 17 indicativas, para el 2017 el total de estaciones se incrementaron a 204, 166 eran fijas y 38 indicativas. Con respecto al cubrimiento,

en el año 2016 el monitoreo se realizaba en 74 municipios de 19 departamentos, para el 2017 se aumentó a 91 municipios pertenecientes a 22 departamentos.

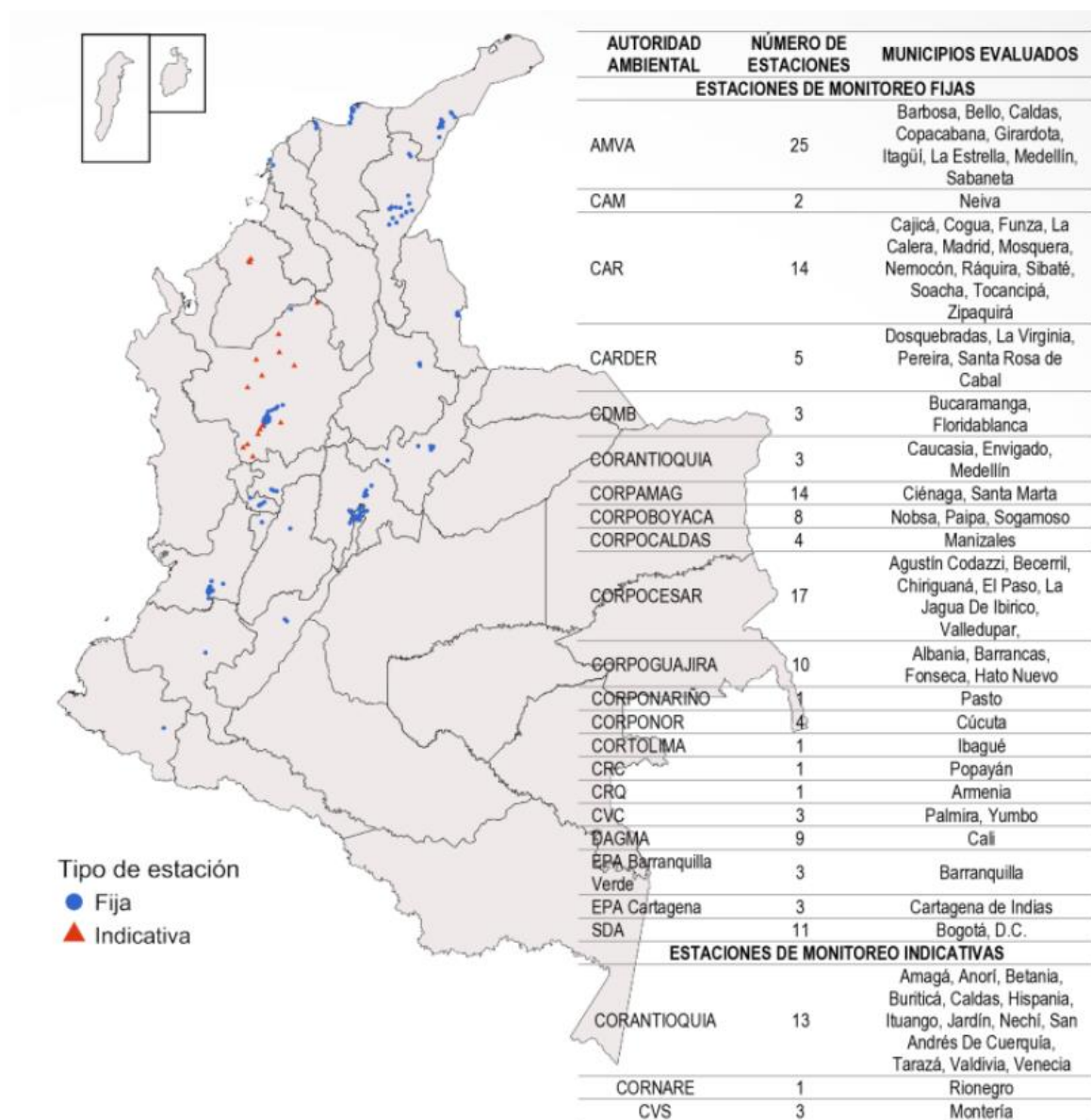


Figura 1: Sistemas de vigilancia de la calidad del aire en Colombia existentes en el 2016. Fuente: <http://www.sisaire.gov.co:8080/faces/documentos/documentos.jsp>

A pesar de los esfuerzos por aumentar el número de SVCA, aún hay un gran reto, puesto que gran parte de los departamentos no cuentan con estos sistemas y ciudades como Popayán tienen solamente uno. Los datos que se obtienen de estas mediciones son almacenados en el Subsistema de Información Sobre la Calidad del Aire (SISAIRE), quien los publica en su página web (www.sisaire.gov.co) para que estén a disposición de quien los quiera consultar. Estos datos resultan inentendibles para ciertas personas que no tienen conocimiento en el tema.

El gobierno Colombiano está incentivando el manejo de “datos abiertos”¹⁰, como una estrategia para compartir la información medida con dispositivos y sensores desde las distintas entidades públicas y privadas como universidades que desarrollan sus propias plataformas para medir variables físicas del entorno, y que utiliza gran variedad de hardware con características diferentes entre sí. Por ejemplo, la Universidad del Cauca tiene desplegadas estaciones de monitoreo climático en Tulcán y Cajibío. Otro ejemplo, son los datos satelitales almacenados en repositorios públicos, los cuales proveen información medioambiental global y pueden ser procesados para integrarlos a las mediciones locales de los dispositivos.

De esta manera, se cuenta con una infraestructura privada o pública (ecosistema IoT¹¹) para medir las distintas variables meteorológicas y en particular la calidad del aire, con la dificultad de que no todos los sensores y sus datos son accesibles,

¹⁰ Dirección del Gobierno en Línea, Datos Abiertos. <https://goo.gl/yQvFzN>, accedido el 27/08/2018.

¹¹ Un ecosistema IoT debe entenderse como el conjunto de infraestructura hardware y software que se encuentra instalado actualmente, tanto como sus actores sociales en un contexto particular, para el caso la Calidad del Aire.

integrables e interoperables, dificultando la creación de aplicaciones inteligentes que generen información relevante para los usuarios.

De acuerdo con lo anterior, el enfoque de solución propuesto en el presente proyecto es preventivo, es decir, permitir a los usuarios apropiarse de la información necesaria para que eviten o disminuyan la exposición a los entornos de mala calidad del aire, apoyado en la oportunidad que ofrece la tecnología IoT para desarrollar aplicaciones inteligentes que alerten o sugieran acciones preventivas cuando detecten un entorno de mala calidad del aire, además ayudan a disminuir costos debido a la facilidad para construir dispositivos de medición de variables de calidad del aire y la integración de los datos, los cuales puede integrarse al ecosistema instalado de equipos de medición de calidad del aire.

Por otro lado, las aplicaciones sociales tienen características que permiten potenciar el nivel preventivo con la generación de redes sociales alrededor de una aplicación orientada a un tema de interés particular. De la misma forma como las aplicaciones de navegación¹², se potencian con las bondades de las redes sociales. Lo cual abre una posibilidad para crear una aplicación orientada a vigilar la calidad del aire a la que se está expuesto.

Por lo anterior, se requiere el desarrollo de un modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT, que permita medir y monitorear

¹² Waze es una aplicación utilizada para consultar el tráfico y la navegación. <https://www.waze.com/es-419>

las variables del entorno, relacionadas con la prevención de problemas sobre la calidad del aire.

El grupo GTI de la Universidad del Cauca ha adelantado varias investigaciones en torno al tema, específicamente en la interconexión semántica de los dispositivos de la IoT [8], para crear servicios ajustados a los usuarios. Este ejercicio de investigación parte de una arquitectura de referencia [8] y en la cual se integrará el modelo a desarrollar para proveer una solución integral.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Proponer un modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT, mediante la aplicación de tecnologías semánticas de la internet de las cosas, para medir y monitorear las variables del entorno que se encuentran relacionadas con la prevención de problemas de contaminación del Aire en una región específica.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Proponer un modelo de un ecosistema social de objetos inteligentes IoT, para la medición de variables relacionadas a la contaminación del aire en un entorno particular, con las siguientes características:

- a. Definir una arquitectura para crear un ecosistema social de objetos inteligentes IoT, tomando como base la arquitectura de interoperabilidad semántica propuesta por Niño [8].
 - b. Definir mecanismos de interacción social para los objetos del ecosistema social de objetos inteligentes IoT.
 - c. Permitir parametrizar las variables físicas a medir y sus niveles de alerta de acuerdo a la reglamentación local.
 - d. Establecer un mecanismo que permita gestionar los datos medidos en el ecosistema social de objetos inteligentes IoT, de acuerdo a un estándar diseñado para compartirlos con terceros.
2. Desarrollar un prototipo que tome como base el modelo propuesto, mediante una aplicación móvil que permita monitorear la información de calidad del aire en un entorno urbano bien definido, con el fin de generar alertas en tiempo real sobre los eventos de contaminación del aire a los usuarios.
3. Evaluar la funcionalidad y experiencia de usuario del prototipo de la aplicación móvil desarrollada, para verificar la efectividad de las alertas generadas sobre los eventos de la mala calidad del aire, a través de la medición de la oportunidad¹³ de la información recibida por parte de los usuarios. Para esto se utilizará o emularán sensores inteligentes que permitan medir las variables

¹³ La oportunidad es una característica de la calidad de la información, la cual define que la información debe llegar en el momento justo para que se pueda tomar una decisión de acuerdo a sus necesidades.

físicas de contaminación del aire en un área determinada de la ciudad de Popayán.

1.4 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación se tomaron como referencia cuatro modelos metodológicos: el proceso de documentación y formalización del modelo [9] [10], un proceso de desarrollo de software aplicando metodologías ágiles como Scrum con XP, proceso de evaluación de la solución y finalmente la documentación que se realizará en forma transversal a la investigación. Por lo tanto, se decide implementar un enfoque metodológico para el proyecto, en el cual, se fijarán actividades secuenciales y compuestas de fases que faciliten alcanzar los objetivos específicos, validando así los resultados del proyecto. En el siguiente ítem se indicarán las actividades y sus fases.

1.4.1 Actividades

Actividad 1: Documentación y formalización del modelo

En esta actividad se desarrolló un estado del arte de los proyectos relacionados con modelos, arquitecturas y técnicas de despliegue de ecosistemas de sensores IoT, con el fin de enriquecer y actualizar la propuesta realizada por el GTI [8] al respecto. Se proponen tres fases:

- **Fase de Creación de un referente teórico en despliegue de escenarios de objetos inteligentes de la IoT:** El subproducto es un marco de referencia en el

área escogida y como metodología de apoyo se seguirá en esta actividad el modelo de investigación documental, planteado por Hoyos [9] y Serrano [10], que permiten abordar, desde una perspectiva científica, la construcción de una visión global del conocimiento en un área temática determinada. Entre los conceptos principales a explorar esta: interoperabilidad semántica en la WoT, seguridad en la WoT, técnicas de análisis de datos IoT y publicación, recuperación de Datos Abiertos en Colombia y Políticas Colombianas para la medición y cálculo de la calidad del aire.

- **Fase de Definición de un Diseño de alto nivel (arquitectura de la solución):** Tomando la arquitectura base provista por Niño [8] y el documento de investigación generado en la fase anterior, se identifican los elementos, relaciones y procesos, para abstraer la vista arquitectónica que debe implementarse en el estudio de caso. Para esto, se debe hacer un análisis de las condiciones técnicas requeridas para el desarrollo del proyecto y una exploración del hardware y software a utilizar en la solución que es el despliegue de sensores que midan la calidad del aire en un área determinada de la ciudad de Popayán.
- **Fase de Definición Formal del Modelo:** Con los estudios realizados en las fases anteriores, se procede a definir formalmente el modelo, mediante artefactos formales que permitan establecer y comunicar la arquitectura desarrollada.

Actividad 2: Implementación de la solución tecnológica

Para utilizar o emular los sensores de medición de calidad del aire se proponen las siguientes fases:

- Estudiar reglamentación colombiana de calidad de aire para su incorporación al caso de estudio particular.
- Aplicar el modelo definido en la etapa anterior, con el fin de establecer el ecosistema social de objetos inteligentes IoT que permitirán medir la contaminación del aire en la región de estudio.
- Decidir si utilizar o emular los objetos sociales inteligentes en calidad del aire, esto dependerá de los recursos que se posean al momento de implementar esta tarea.

Para la construcción de prototipos y herramientas software se propone usar el marco de desarrollo de productos software SCRUM, cuyas historias de usuario épicas estarán enmarcadas en las siguientes fases:

- Diseño del módulo para almacenar, recuperar y visualizar los datos de los diferentes objetos inteligentes de calidad del aire, almacenados en un servidor middleware en la nube, bajo el esquema de Datos Abiertos.

- Módulo que presenta el mapa de la ciudad en el dispositivo móvil, monitoreando la calidad del aire a través de los sensores desplegados y generando alertas sobre la misma al usuario que va caminando con el dispositivo.

Actividad 3: Evaluación del proyecto en el caso de estudio seleccionado

Para esta etapa se evalúa el producto: La herramienta software móvil. Las fases definidas en esta actividad son:

- **Fase de definición del caso de estudio y plan de pruebas:** En esta fase se crea un documento con el diseño del caso de estudio a implementar, definiendo dispositivos, sensores, servicios y requisitos de interacción. Posteriormente, se crea el plan de pruebas con los experimentos a realizar, teniendo en cuenta los indicadores adecuados para tal fin.
- **Fase de selección del área donde se realizará la experiencia:** En esta fase se selecciona la ubicación del lugar donde se desplegarán los sensores reales o simulados y así posteriormente usar la aplicación.
- **Fase de experimentos en el dispositivo simulando condiciones extremas:** En esta fase se simulará condiciones extremas a través de los sensores para así poner a prueba el prototipo de la aplicación y recolectar datos sobre su comportamiento.

- **Fase de selección de las personas que realizaran la experiencia:** En esta fase se seleccionará un nicho establecido de población para realizar las pruebas de la aplicación y así tener una buena evaluación de la funcionalidad del prototipo de la aplicación.
- **Fase de realización de la experiencia:** En esta fase se realizarán las pruebas de funcionalidad y efectividad de las alertas generadas por el prototipo de la aplicación. con las personas seleccionadas.
- **Fase de análisis y realimentación:** En esta etapa se realiza la verificación de los diseños implementados, mediante la comparación de los resultados iniciales y los resultados esperados. Se decide si debe hacerse una modificación al modelo y al sistema construido para mejorar sus resultados. Finalmente, se publican los resultados en un reporte.

Actividad 4: Documentación y Divulgación

Se lleva a cabo la documentación en forma paralela al desarrollo de las actividades anteriores:

- **Publicaciones:** presentación de un artículo a una revista indexada tipo B o C por COLCIENCIAS o publicación en el portal web del departamento de sistemas.
- **Monografía:** Monografía con el resumen del proyecto.

- Presentación y defensa del proyecto de grado ante los jurados de la FIET.

1.5 CONTENIDO DE LA TESIS

A continuación, se describe la forma en la que está organizado el trabajo desarrollado en el presente documento:

Capítulo 2 – Marco teórico y estado del arte: donde se obtiene el marco conceptual para determinar ámbito del modelo. Además, se presenta el estado del arte, donde se muestran los trabajos más relevantes para el desarrollo del presente trabajo.

Capítulo 3 – Creación Modelo para la Construcción de Ecosistemas Sociales de Objetos Inteligentes IoT: ejecución de las actividades 1 de la metodología de investigación utilizada, donde se define formalmente el modelo y se realiza la integración del modelo a la arquitectura de interacción semántica utilizada.

Capítulo 4 – Implementación de la solución tecnológica: en este capítulo aplicando la arquitectura definida en el capítulo 3 se desarrolla la actividad 2 de la metodología, creando los artefactos que se consideran importantes.

Capítulo 5 – Estudio de Caso: evaluación del Modelo propuesto, siguiendo la estructura planteada en la actividad 3 de la metodología de finida para este trabajo.

Capítulo 6 – Conclusiones y Trabajo Futuro: finalmente se muestran las conclusiones que surgieron como resultado de la investigación y se expone el trabajo que hace falta por desarrollar.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.

En este capítulo se encuentran los principales conceptos teóricos para el desarrollo del presente trabajo, los cuales hacen referencia a los núcleos temáticos como calidad del aire, ecosistemas IoT, Internet Social de las Cosas y Web Semántica de las cosas, además, se hace un análisis del estado del arte destacando trabajos de investigación relacionados con el presente.

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Objetos inteligentes

Hace referencia a todos los entes físicos o virtuales que pueden compartir cualquier tipo de información sobre sí mismos, básicamente representan las necesidades de información por parte de los usuarios. Son base fundamental dentro del paradigma IoT y se les puede atribuir el desempeño de una función o rol [11], dependiendo de sus capacidades informáticas tales como: conectividad de red, energía disponible, escenarios de tiempo y espacio, entre otras. Así el trabajo de Mathew, et al. [12], permite caracterizar los objetos basándose en tres dimensiones: comunicación, procesamiento y almacenamiento, además de una identidad. Las cuatro características proponen una clasificación de objetos de la IoT de acuerdo a sus capacidades intrínsecas. Un objeto IoT, adicionalmente debe poseer los algoritmos necesarios para gestionar la información y servicios de acuerdo al contexto y perfil de usuario, conceptos que serán tratados más adelante.

2.1.2 Calidad del aire

Trata la idoneidad y la composición del aire¹⁴, este concepto se puede catalogar en:

- **Calidad del aire exterior (libre en la atmosfera):** este tipo viene condicionado por la contaminación antropogénica, ya que las emisiones de gases como monóxido y dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos sulfurados, entre otros, en concentraciones elevadas de tal manera que no puedan ser diluidas o descompuestas resultan ser nocivas.
- **Calidad del aire interior (viviendas, edificios, entre otros):** Está definida por la cantidad y concentración de contaminantes en estructuras como casas, locales, oficinas, etc. Los contaminantes pueden ser de dos tipos: sólidos (Mohos y otros alérgenos) y gaseosos (humo del tabaco, entre otros).

Uno de los recursos naturales que ha recibido mayor alteración es el aire, cuyos procesos sinérgicos se han visto transformados por la emisión de diferentes compuestos de origen natural y artificial, que modifican su composición. Por ejemplo, desde el siglo XVIII con la revolución industrial las emisiones de gases contaminantes de efecto invernadero como el dióxido de carbono aumento casi en

¹⁴ Combinación de gases que conforman la atmosfera de la tierra. Compuesto principalmente por nitrógeno, argón y oxígeno, además de los gases neón, vapor de agua, hidrógeno, ozono, dióxido carbono, radón, yodo y xenón.

un 40% y el metano en un 150%¹⁵. A continuación en la Figura 2, se muestra los 10 países con más emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI):

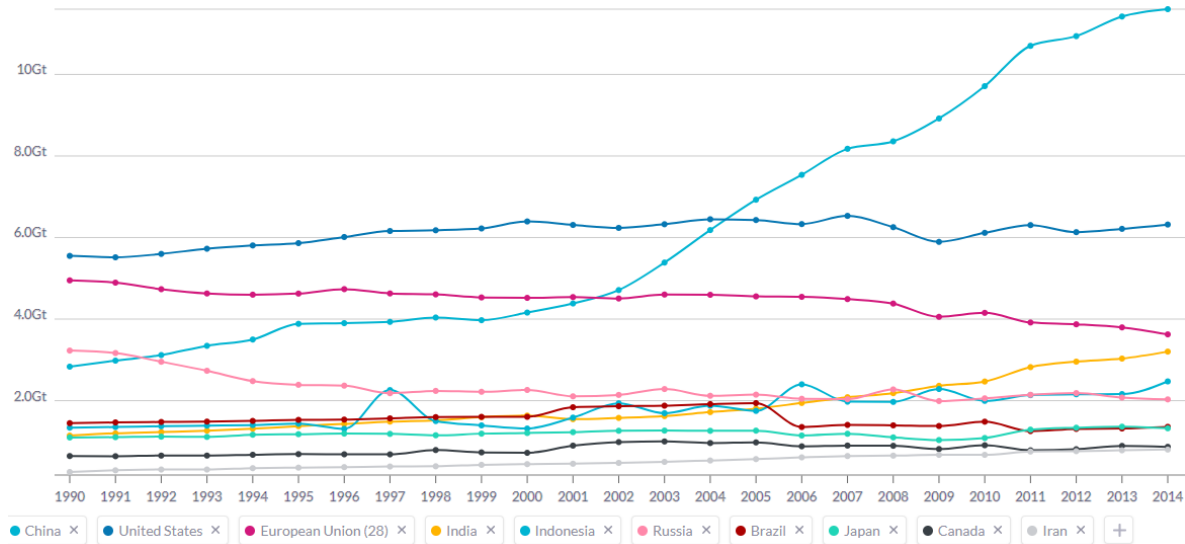


Figura 2: Emisiones de los países top 10 en GEI (Gt: Gigantón). Fuente: [31]

2.1.3 Internet de las cosas.

Kevin Ashton, fue el primero que usó el término “Internet de las Cosas - IoT” en ese momento centrándose principalmente en las tecnologías de RFID (Radio Frequency IDentification), la idea de IoT, ha evolucionado con el tiempo y ha experimentado transformaciones sucesivas que continuarán en los próximos años con la llegada de nuevas tecnologías. En la Figura 3 se aprecia la evolución que ha tenido la IoT. Se puede apreciar que la tercera generación corresponde al Social Internet of Things (SIoT).

¹⁵ Gases de efecto invernadero y cambio climático. <http://es.euronews.com/2015/06/26/gases-de-efecto-invernadero-y-cambio-climatico>

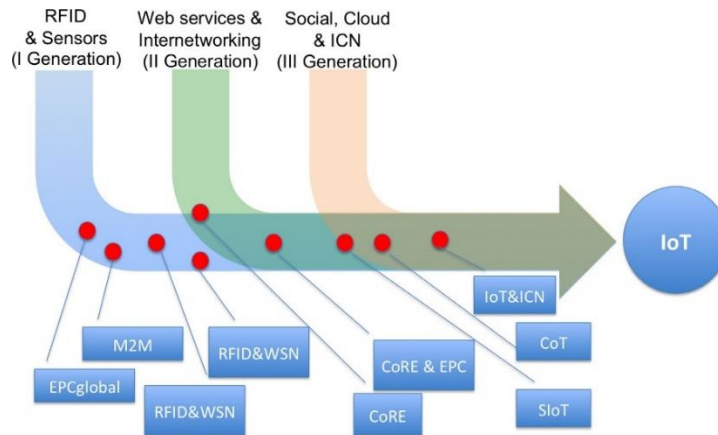


Figura 3: Evolución de la IoT. Fuente [17].

Debido a la constante evolución, han surgido múltiples definiciones sobre el IoT, pero en esencia su base sigue girando bajo el mismo concepto, la conexión inteligente de objetos. Una de las definiciones más aceptadas corresponde a la propuesta por P. Guillemin and P. Friess [13]: “*El Internet de las Cosas permite a las personas y cosas, estar conectadas en cualquier momento, en cualquier lugar, con cualquier cosa y con cualquier persona, idealmente usando cualquier camino/red y cualquier servicio*”. La visión a largo plazo de IoT es extender el alcance de Internet a cualquier objeto que podamos imaginar. Este nuevo nivel de conectividad y la presencia de objetos inteligentes en nuestros entornos harán posibles sistemas y aplicaciones que requieran un nuevo tipo de interacción [14].

2.1.4 Contexto

Según Abowd, et al. [18], “*el contexto es todo tipo de información que pueda ser usada para caracterizar la situación de una entidad, aclarando que una entidad*

puede representar a una persona, lugar o cosa, que sea importante en la interacción entre un usuario y una aplicación". El contexto juega un rol importante, permitiendo personalizar y proporcionar los servicios de acuerdo a la situación actual, con mínima intervención humana [19]. En el marco de la IoT, el contexto es un concepto subjetivo que se define por la entidad que lo percibe y puede ser descrito generalmente como el subconjunto de estados físicos y conceptuales de interés para una entidad en particular.

Según Perera, et al. [20], dependiendo de la forma en la que se obtienen los datos, se pueden identificar dos tipos de contexto:

- **Contexto primario:** Se refiere a los datos como ubicación, identidad, actividad y tiempo que han sido obtenidos sin usar contextos existentes y sin realizar ningún tipo de operación de fusión sobre los datos del sensor, es decir son obtenidos directamente del sensor.
- **Contexto secundario:** Se genera a partir de la fusión de datos y la transferencia del contexto primario por medio de cualquier función. Por ejemplo, la información de ubicación de un sensor GPS corresponde a un dato de contexto primario, mientras que la información resultado de realizar el cálculo de la distancia entre mi ubicación y cualquier punto, corresponde al contexto secundario.

El contexto puede ser modelado a través de cuatro fases: adquisición, modelado, razonamiento y distribución. Este proyecto, reutiliza el modelado del contexto

desarrollado por Pabon y Rojas [48], el cual aplica la arquitectura ampliada de objetos inteligentes de la IoT y los conceptos de contexto. En el Anexo A se presentan las fases que pueden seguir las aplicaciones enfocadas en la construcción de contexto [20].

2.1.5 Contexto – conciencia (contex-aware)

Abowd, et al. [18] aducen que un sistema implementa el contexto - conciencia, cuando usa el contexto para darle información relevante y/o servicios a un usuario, donde la relevancia depende de las actividades o tareas del usuario. El principal objetivo de cualquier sistema con contexto - conciencia es ser adaptable y por lo tanto, cambiar sus servicios o contenido para ajustarse a las preferencias individuales [21]. Para el presente trabajo el contexto – conciencia está bien definido y es el cuidado con entornos de mala calidad del aire. La conciencia es la que toman los sensores acerca de las variables físicas relacionadas que miden la calidad del aire, la posición de los usuarios y la posibilidad de su exposición a la misma, por lo cual le generaría alertas tempranas para que evite dicho entorno. Cabe aclarar que no necesariamente hay contexto – conciencia cuando se está haciendo un desarrollo para la IoT.

2.1.6 Web semántica de las cosas (Semantic Web of Things)

La Web Semántica es una extensión de la Web actual, en ella, los datos tienen un significado bien definido y son comprensibles, tanto para las máquinas como para los humanos, lo que conlleva a que la información pueda ser reusada, compartida y

combinada por los agentes de software [22]. En un ambiente en el que hay desplegados muchos sensores y actuadores, la conectividad debe suplir dos necesidades: por un lado, conectar los objetos y por otro, lograr la cooperación entre ellos en tiempo real. Para lo anterior, la implementación de técnicas semánticas ha permitido hacer abstracciones entre hardware, aplicaciones y usuarios de la WoT, con el objetivo de construir servicios de información inteligentes, que suplan las necesidades de información de los usuarios, a ello se le ha denominado la Web Semántica de los Objetos o “Semantic Web of Things” – SWoT [23].

La SWoT se puede considerar como una enorme base de conocimiento distribuido acerca del ecosistema de objetos de la IoT, en ella los datos cuentan con etiquetas semánticas que representan conceptos, propiedades y relaciones normalmente basados en una ontología, para describir los datos del sensor de una manera estandarizada, esto garantiza la comprensión de los datos contenidos en esta base de conocimiento [24].

El hecho de tener datos comprensibles dota a la SWoT con capacidades de razonamiento, infiriendo implícitamente consecuencias lógicas y nuevos hechos sobre los datos del sensor. Para codificar el conocimiento de dominio y las reglas de inferencia se usan los lenguajes de ontologías.

2.1.7 Ecosistema IoT

Un ecosistema IoT puede entenderse en cierta forma como el conjunto de infraestructura hardware y software que se encuentra instalada, junto con sus actores sociales en un contexto particular, para el caso de este trabajo es la Calidad del Aire. Dentro de los ecosistemas se definen cinco capas, en la siguiente Figura 4 se ilustran:

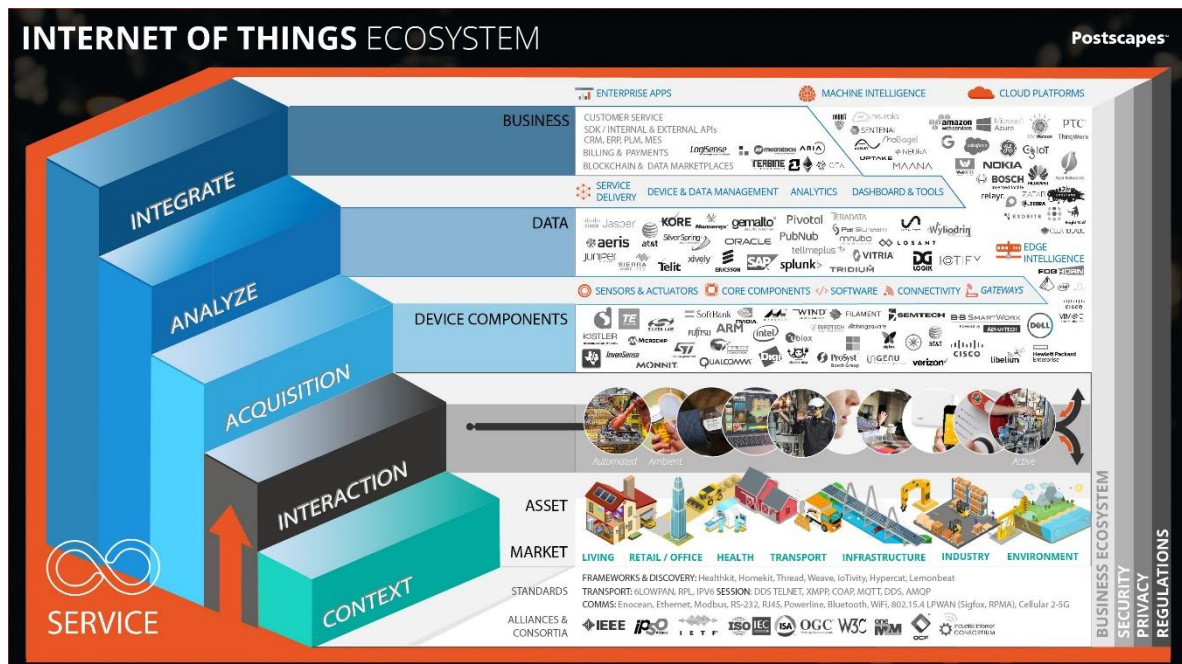


Figura 4: Mapa de un ecosistema IoT. Fuente: www.postscapes.com

En ella se muestra detalladamente cada uno de los componentes de cada capa.

- **Capa de contexto:** este concepto se explicó en el numeral 2.1.4, pero a manera de resumen, el contexto es la información de las cosas del mundo real que permite caracterizar la aplicación del ecosistema IoT. Con el fin de ser interoperable

se han desarrollado estándares, infraestructuras y mecanismos de descubrimiento. Para esto, hay alianzas con empresas a nivel internacional como IEEE, ISO, ISA, W3C, entre otras, para crear estos estándares.

- **Capa de interacción:** aquí se encuentran servidores Cloud llamados intermediadores (middleware en inglés), que permiten la gestión de los datos de los sensores, proveen servicios de contexto secundario e implementan mecanismos de interacción entre los dispositivos y las personas.
- **Capa de adquisición:** en ella se tratan los componentes específicos de los dispositivos, como lo son los sensores, actuadores, enrutadores (Gateways en inglés), entre otros. Son muy utilizadas las Single Board Computer (SBC) como Arduino, Raspberry pi, Intel, además de otras marcas.
- **Capa de análisis:** corresponde al manejo de datos, donde distintas empresas están trabajando para desarrollar servicios en internet que soporten el tratamiento inteligente de los datos. Se puede utilizar Matlab o cualquier otro tipo de servicio que trabaje analítica de datos.
- **Capa de integración:** distintas empresas están trabajando para unir todo el ecosistema y generar servicios más complejos. En esta capa se puede utilizar servicios de Azure, AWS, computación inteligente, Amazon, entre otros.

2.1.8 Red social

El carácter social del ser humano es inherente a él, por lo que siempre de alguna forma está creando vínculos con sus semejantes y las cosas circundantes en su entorno. La aparición de las computadoras y el internet ha ayudado a generar una nueva visión en diferentes aspectos de la humanidad, el sociólogo canadiense Herbert Marshall McLuhan señalaba que: *“La tecnología de la comunicación transforma todas las relaciones sociales y convierte al mundo en una aldea global, en la que el espacio y el tiempo son abolidos y los hombres tienen que aprender a vivir en estrecha relación”*, hoy en día se ve claramente el cumplimiento de estas palabras, un tópico muy común en el nuevo milenio es el de red social y esto apoyado no en la idea de que crear relaciones sea algo nuevo para la sociedad moderna, sino en el hecho que los sistemas se combinan con estas redes para formar algo más grande, dándole mayor profundidad a la ciencia social.

Existen múltiples definiciones de lo que es una red social, de acuerdo al énfasis que se maneja en este trabajo citamos las que más se ajustan a él, con lo que tenemos que una red social es una "estructura de relaciones que vincula a los actores sociales" [Marsden 2000] o es "el conjunto de actores y vínculos entre ellos" [Wasserman y Faust, 1994]. Las relaciones son los bloques de construcción básicos de la experiencia humana, mapeando las conexiones que los individuos tienen entre sí [Pescosolido 1991].

Las redes sociales existentes en internet se pueden clasificar en tres grandes grupos: las redes genéricas que son las que más abundan y que cuentan con gran

popularidad por ejemplo Facebook o Twitter, redes profesionales que se focalizan principalmente en generar relaciones en torno a actividades económicas o laborales como LinkedIn y las redes temáticas o verticales, que relacionan personas con intereses específicos en común, tales como música, deportes, entre otros, como ejemplo tenemos a Flickr que es una red social que tiene como temática la fotografía.

Muchas técnicas y conceptos se han desarrollado de manera continua a lo largo de los años durante el último siglo y actualmente hay una poderosa maquinaria disponible bajo el corpus de las redes sociales. Redes sociales en línea como Facebook, Youtube, Whatsapp, Twitter, Instagram, etc., han ganado popularidad en muy poco tiempo, reuniendo a una gran cantidad de usuarios. Según la colección de informes de Hootsuite y WeAreSocial¹⁶, los usuarios de internet están creciendo en un promedio de más de un millón de usuarios nuevos cada día y que la gran mayoría de ellos tienen algún tipo de red social, siendo Facebook la más popular. En el 2018 registró un total de 2167 millones de usuarios y en este año ha tenido un incremento del 5% de esta cifra.

El campo de las redes sociales y su análisis ha evolucionado desde la teoría de los grafos, las estadísticas y la sociología, hasta llegar a ser utilizada en otros campos como la publicidad, el mercadeo, la IoT, entre otros. El análisis de una red social es similar al análisis de un grafo, porque las redes sociales forman la topología de un

¹⁶ Sitio web de WeAreSocial: <https://wearesocial.com/blog/2019/01/digital-2019-global-internet-use-accelerates>

grafo. Un nodo en la red social suele tener varios atributos y servicios que son la infraestructura sobre la cual se construyen las relaciones entre las personas.

Las redes sociales son dinámicas, es decir, hay una continua evolución y expansión, aunque cada una de ellas busque innovar por dentro sus características tecnológicas claves, son bastante coincidentes, las variaciones estructurales en torno a la visibilidad y el control de acceso son una de las principales formas en que las redes sociales se diferencian entre sí, según [49] los servicios de redes sociales permiten:

- Construir al usuario un perfil en un sistema que sea cerrado.
- Crear una lista de personas con las cuales se mantiene algún tipo de conexión dentro del sistema cerrado.
- Consultar y recorrer la lista de conexiones que tenga un usuario.

La naturaleza de estas conexiones puede variar de un sitio a otro, tomando como base lo anterior, se puede describir las características técnicas que se consideran más usadas e importantes:

1. **Perfil:** es la columna vertebral de las redes sociales, los perfiles son páginas únicas que se generan utilizando las respuestas que contienen los formularios, que generalmente incluyen descriptores como la edad, la ubicación, los intereses y una sección acerca de dueño del perfil. Se alientan a los usuarios a subir una foto de perfil.

La visibilidad de un perfil varía según el sitio y la configuración del usuario, por ejemplo, Facebook permite al propietario del perfil configurar distintos tipos de permisos para la visibilidad del mismo. El desarrollo de un perfil es el identificador principal del usuario dentro de la red.

2. **Relaciones de amistad:** después de unirse a un sitio de una red social, se solicita a los usuarios que identifiquen a otras personas en el sistema con las que tienen una relación. La etiqueta para estas relaciones difiere según el sitio, los términos más utilizados son amigos, contactos y seguidores. En la mayoría de las redes sociales se requiere de una confirmación bidireccional para generar un vínculo de amistad. Los vínculos que se generan se almacenan en una lista de perfiles de cada amigo, en algunas redes se permite agrupar listas de contactos entorno a intereses comunes o un tema en particular.

3. **Publicación:** también conocido como post y existen distintos tipos. Pueden ser desde una fotografía hasta un texto lineal, este servicio esta tan extendido que hasta de una red social a otra se pueden hacer. Son una parte fundamental de las redes sociales, ya que alimentan el perfil de los usuario y los invitan a que interaccionen. Cada red social tiene su propia forma para hacer uso de ellas, por ejemplo, en Instagram para realizar una publicación se debe contar con una foto y un texto como descripción ya que esta es su temática. Las publicaciones se diferencian de los mensajes en que estos últimos no se realizan en los perfiles

sino en un espacio denominado chat, además los niveles de privacidad para la visualización por parte de otro es diferente porque uno es más público que el otro.

Un caso particular para señalar es el de YouTube, mucha gente piensa que no es una red social ya que su propósito inicial era ser un espacio para subir vídeos de diferentes temáticas. Sin embargo, con los cambios que se le fueron implementando a esta plataforma, la han llegado a convertir en una red social. Cualquiera puede tener su propio canal que cuenta como un perfil, las personas pueden hacer comentarios sobre los videos publicados de otros, entre otras acciones, que demuestra que es una red social que no nació siéndolo.

- **Mensajes:** la mayoría de las redes sociales también proporcionan un mecanismo para que los usuarios dejen mensajes en los perfiles de sus amigos, esto es también conocido como chat. Esta característica generalmente implica dejar comentarios, aunque las plataformas emplean varias etiquetas para esta característica. Además, las redes sociales a menudo tienen una función de mensajería privada similar al correo web.
- **Calificar:** conocido como los “*Likes*” o “*Me gusta*” en español, son las reacciones que tienen los usuarios con las publicaciones de otros, en algunas redes sociales esto ayuda para generar un ranking. El “*Trending topic*” o “*Tema de tendencia*” que son el resultado de este servicio, esto es muy importante porque da información de los gustos o preferencias de los usuario, lo que ayuda a

conocerlos mejor y así ofrecer un servicio por parte de las red social, más ajustado a los intereses del usuario para lograr un mayor impacto en él.

2.1.9 Internet Social de las Cosas (SIoT)

Con el desarrollo del IoT, una red más relacionada con la humanidad llamada Internet Social de las Cosas (SIoT) está evolucionando. El SIoT es un paradigma emergente del IoT en el que diferentes dispositivos / personas interactúan y establecen relaciones entre ellos para lograr un objetivo común. En esencia, SIoT adapta una arquitectura orientada a servicios donde los dispositivos del IoT heterogéneos pueden ofrecer o solicitar servicios autónomos y colaborar en nombre de sus propietarios [15]. Cuando las cosas se vuelven inteligentes, el IoT se vuelve social. El SIoT se ha convertido en un tema de investigación importante debido al amplio potencial para soportar nuevas aplicaciones y servicios de red para el IoT de maneras más efectivas y eficientes [16].

2.1.10 Modelo de interacción semántica

En el trabajo realizado por Niño-Zambrano [8], se propone la arquitectura mostrada en la Figura 5 presentada en capas:

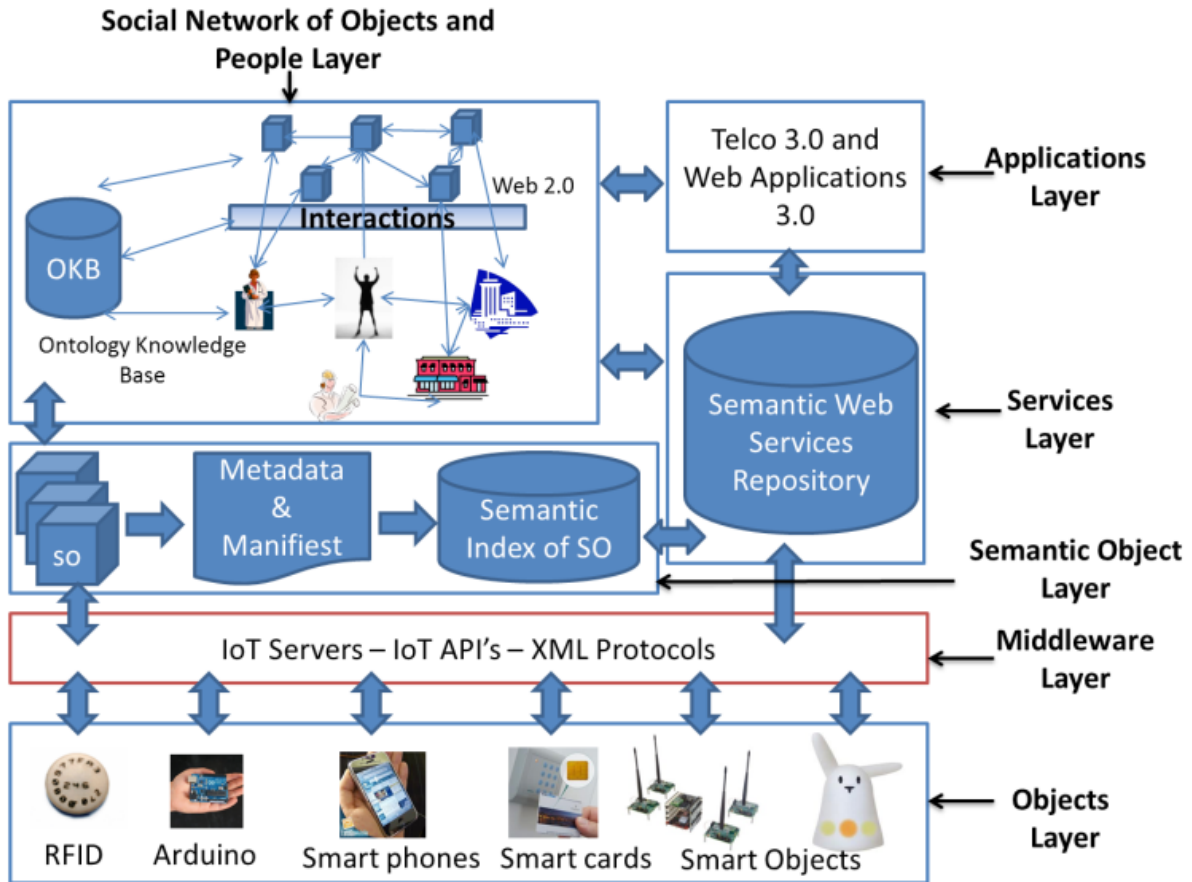


Figura 5: Arquitectura modelo de interacción semántica. Fuente: [8]

En la cual se utilizan los *middlewares* y servidores IoT (*middleware layer*), como mediadores para resolver los problemas de heterogeneidad de hardware y protocolos existentes que permiten comunicarse con la capa de objetos (*object layer*). Estos servidores permiten acceder a los metadatos y datos en formatos estandarizados, como JSON por medio de APIs REST, que se despliegan en las aplicaciones web.

La capa semántica de objetos (*semantic object layer*) utiliza los metadatos existentes en los servidores IoT, para crear representaciones semánticas de los

objetos, con una estructura basada en una ontología llamada Ontología de Objeto Semántico (OOS). Al mismo tiempo, se construye un índice semántico de los objetos explorados, basándose en ontologías de dominio específico para crear un contexto particular, clasificando el uso de los diferentes sensores en estos contextos. Los índices semánticos permiten acceder a través de servicios web semánticos (*services layer*) a la información semántica de los dispositivos de la IoT disponibles para las aplicaciones y para la red social de objetos y personas.

Finalmente, en la capa de red social de objetos y personas (*social network of objects and people layer*), es dónde se centra el aporte del presente proyecto, ya que allí es dónde se realizan las interacciones entre los OS y las personas. En este punto el proyecto de Dalila y Guerrero [49], desarrollaron un modelo de interacción semántica basado en el concepto de ECA (evento- condición – acción) para crear servicios de interacción semántica entre objetos inteligentes de la IoT. Por otro lado, Pabon y Rojas [48], desarrollaron un modelo de perfil de usuario para la IoT en el cual permite capturar la información de contexto de las personas, para adaptar los servicios de la IoT a las preferencias y características de los mismos. Estos dos proyectos se han integrado a la arquitectura original propuesta por Niño y son la base para realizar el aporte y es generar el comportamiento social de los objetos inteligentes, el cual reutiliza los desarrollos realizados y propone un nivel más en la arquitectura. El aporte que se realiza en esta capa se especifica más detalladamente en el capítulo 3 del presente trabajo con el desarrollo del modelo.

2.2 TRABAJOS RELACIONADOS

El trabajo realizado por Luigi Atzori, Antonio Iera, Giacomo Morabito y Michele Nitti que se trata en el artículo [16] tiene tres aspectos claves donde hacen su contribución:

1. Identifica políticas apropiadas para el establecimiento y la gestión de las relaciones sociales entre los objetos de tal manera que la red social resultante sea navegable: en este punto se hace un estudio en la literatura de modelos sociales humanos existentes, que se puedan aplicar dentro de lo que es la SloT.
2. Describe una posible arquitectura para el IoT que incluye las funcionalidades requeridas para integrar cosas en una red social: recurren a la arquitectura de tres capas (capa de detección, de red y de aplicación) para la IoT presentada en [41], donde proponen tres elementos básicos del sistema un servidor SloT, la puerta de enlace y el objeto.
3. Analiza las características de la estructura de red de SloT mediante simulaciones: analizan varias herramientas para simular el modelo que proponen, la simulación busca mostrar que probabilidad de distribuciones de la distancia entre los nodos vinculados por una relación social dependen del tipo de relación.

Este trabajo fue es muy aceptado en la literatura de la SloT por lo que la gran mayoría de otros proyectos encontrados lo tomaron como referente, inclusive el presente trabajo.

En [51] este documento, se presenta una idea sobre cómo se hacer para que la interconexión entre entidades de Internet permita una interacción significativa entre ellas, en función del uso de tecnologías web semánticas y agentes de software inteligente. Las tecnologías de middleware, combinadas con técnicas de aprendizaje automático, pueden llevar a la amistad cognitiva y al manejo de

objetivos. El documento incluye una presentación de un marco teórico, un escenario de caso de uso y resultados sobre el uso de una herramienta de simulación. Aportes importantes de este trabajo es la creación de dos ontologías para la SIoT: la ontología de las relaciones de los objetos inteligentes sociales (SSOR-Ont2) y la ontología de servicios y necesidades de los objetos inteligentes (SONS-Ont3), cabe señalar como dato relevante que este trabajo se basa en el modelo de relaciones sociales [16] propuesto por Luigi Atzori, Antonio Iera, Giacomo Morabito y Michele Nitti.

Un artículo editorial publicado en Colombia por Pabón and Nicholls [25] habla sobre las consecuencias en la salud humana del cambio climático, entre ellas se tienen:

- Aumento de la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores (paludismo, dengue, tripanosomiasis africana humana, leishmaniasis, entre otras) y las ocasionadas por alérgenos y contaminantes transmitidos en aerosoles.
- También los efectos indirectos sobre la nutrición, ya que se afecta la producción de alimentos y su valor nutricional.
- Por último, los aumentos en frecuencia y corrimiento de valores extremos de los fenómenos meteorológicos (mortalidad y morbilidad por daños directos a personas y a la infraestructura sanitaria) y daños a los sistemas ecológicos y sociales.

Pese al gran esfuerzo del gobierno colombiano para generar políticas y normativas que disminuyan la contaminación atmosférica, los episodios de eventos de contaminación crítica del aire se siguen presentando con más frecuencia e intensidad. Al respecto, Se han desarrollado proyectos para aportar a las soluciones de este problema utilizando tecnologías IoT, tales como el de González [26], que busca capturar datos meteorológicos con equipos de bajo costo, tamaño y consumo energético, con la finalidad de transportarlos y colocarlos donde se necesite. El proyecto terminó por seleccionar hardware ya creado (Wireless Vantage Pro2TMPlus), ya que cumplía con los principales prerequisites y contaba con una interfaz (WView) con licencia GPL y evidenció los problemas de no trabajar con equipos no estandarizados.

El proyecto desarrollado por Castillo and Moncayo [27], permite demostrar que es posible desarrollar dispositivos con placas básicas IoT (Arduino) y sensores normales (poca precisión y baratos) de temperatura, humedad, CO₂ y ruido comunicando su información a la Web en tiempos razonables para una medición en tiempo real. Sin embargo, se evidencia que se pierde precisión al no utilizar sensores de mayor calidad y adicionalmente, la medición de otro tipo de variables más complejas como PM10¹⁷ o PM2.5 ya requieren interfaces más costosas, además que para su integración en el cálculo de indicadores como la calidad del aire deben pasar por filtro para establecer que tan adecuadas o de que calidad serían las mediciones tomadas.

¹⁷ Partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento ó polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 µm.

En el proyecto presentado en [28] realizaron un estudio de desarrollo de una red de sensores que miden la polución del aire, con hardware y tecnologías heterogéneas, con el fin de encontrar de primera mano los problemas que afectan a la red o la integridad de la información. Con los resultados se concluye “que la interoperabilidad de las diferentes plataformas IoT es factible en un 99,9%, ya que los datos recibidos muestran un nivel muy bajo de pérdidas en un 0,1% generado por la plataforma Arduino”, Sin embargo, la construcción de una red homogénea reduce el tiempo de construcción y el esfuerzo de integración. El proyecto anterior refuerza la idea que es posible reutilizar los recursos ya instalados y que para ello es importante utilizar un mecanismo que estandarice las comunicaciones y las interfaces.

Otros proyectos utilizan las mismas tecnologías IoT pero para monitorear los incendios [29] o el control de aguas [30], entre otros con resultados hechos a medida y sorteando problemas similares de implementación y tecnologías respecto a costos vs. Calidad.

Dentro de la metodología que se estableció para el desarrollo de este trabajo hay tres actividades, la primera de ellas consiste en tres fases donde la las dos primeras trata sobre la elaboración de un referente teórico y una definición de un diseño de alto nivel, que toca algunos trabajos relacionados por lo que se desarrolla a continuación.

2.3 REFERENTE TEÓRICO

La inteligencia colectiva [32], nace en el planteamiento de que la mayoría es más inteligente que la minoría, se puede ver un claro ejemplo de que la colectividad es mucho más efectiva que la individualidad en la migración de los gansos. Un ganso volando solo siente la resistencia del aire con mucha fuerza mientras que una bandada volando en forma de V consigue aumentar en un 71% la distancia recorrida, volar en equipo ayuda a que todos mantengan la velocidad, permite que el líder pueda descansar y ser sustituido por otro. Este concepto está emergiendo en las redes sociales, por ejemplo, se han propuesto esquemas que explotan la similitud en los intereses de amigos, la llamada homofilia¹⁸, para mejorar la búsqueda en internet [33]. La explotación de tal principio ha sido ampliamente trabajada en investigaciones relacionadas con Internet. Como consecuencia, se han propuesto varios esquemas que usan las redes sociales para buscar recursos de Internet, para enrutar el tráfico o para seleccionar políticas efectivas para la distribución de contenido.

La IoT es un paradigma muy versátil, que integra una gran cantidad de tecnologías que a través de protocolos de comunicación estándar, pueden interactuar entre sí y cooperar con sus vecinos para alcanzar objetivos comunes. [35,36]. Últimamente, la idea de que converja el IoT y las redes sociales ha pasado de ser algo posible a ser aconsejable y esto se debe a la creciente conciencia de un paradigma denominado el SIoT, que conllevaría muchas implicaciones deseables en un mundo

¹⁸ La homofilia consiste en el hecho social por el que las personas tienden a tener más vínculos relacionales con otras que son similares en sus características sociales.

futuro, poblado de objetos inteligentes que permearían la vida cotidiana de los seres humanos.

En el paradigma SIoT, todos los dispositivos son capaces de interactuar entre sí, aprovechando el fenómeno del pequeño mundo de la red social. Una forma bien investigada de enfrentar la naturaleza heterogénea de los dispositivos de IoT es el uso de las tecnologías de la Web Semántica. El Lenguaje de Ontología Web (OWL), es una herramienta básica que se utiliza para explicar los datos o servicios que provienen de dispositivos y agentes físicos. La socialización de un objeto inteligente es un proceso predefinido basado en las tecnologías web semánticas, los agentes de software inteligente y el uso por parte de los usuarios del patrón pub-sub (un patrón de mensajería asíncrono llamado Publish - Subscribe) [34] para intercambiar información. Estas tecnologías de middleware no solo mejoran la capacidad del objeto inteligente para satisfacer las necesidades logrando sus objetivos, sino que también ayudan a la comunicación con otras entidades IoT inteligentes.

Al seguir un enfoque inspirado en las relaciones sociales y los modelos relacionales humanos, las cosas imitan el comportamiento humano simplemente para interactuar efectivamente entre sí. El paradigma SIoT representa un ecosistema IoT que permite a las personas y dispositivos inteligentes interactuar dentro de un marco social. Además de este marco, se pueden ofrecer aplicaciones y servicios basados en tecnologías web. Para realizar este marco, se deben proporcionar algunos aspectos clave que constituyen la base de SIoT:

1. **Rol social:** en [37] - [39], el rol social se inicia desde la red social de los usuarios, donde el argumento para introducirlo en el mundo de IoT es garantizar la navegabilidad de la red y un descubrimiento eficiente del servicio. De manera similar, en [40], la función social se promueve mediante el uso de populares redes sociales en línea y sus API para mantener una estructura social y relaciones con objetos inteligentes. Además, esta estructura social sugerida, permite compartir objetos inteligentes que se basan en la confianza proporcionada por la comunidad. En [41], las cuentas de red social de los usuarios pueden ayudar en la operación de servicio para SIoT, por ejemplo, para utilizar datos de ubicación geográfica o publicar el estado y las actualizaciones de los dispositivos. La función social aparece en [42] en términos de utilizar la red social como una interfaz para controlar objetos inteligentes.

2. **Inteligencia:** en [38], el concepto de inteligencia se menciona como un componente esencial del paradigma SIoT, que es responsable de iniciar, actualizar y terminar las relaciones de los objetos en SIoT. Este no es solo el alcance de la inteligencia; en [40], la noción de inteligencia es permitir el descubrimiento dinámico de los servicios cosa por cosa, donde los objetos inteligentes pueden comprender los servicios de los demás de forma automática. El trabajo presentado en [43] propone que la inteligencia se implemente como un middleware que combine muchas tecnologías como ontologías, técnicas para procesar contenido generado por usuarios y técnicas

de recomendación. En resumen, la inteligencia en la literatura apunta hacia una toma de decisiones para impulsar el uso de los servicios.

3. **Dispositivos socializados:** el concepto de dispositivos socializados aportados por contribuciones muy tempranas en SloT como [37] - [40] puede ser el componente arquitectónico más importante porque implica el mecanismo que utilizarán varios objetos inteligentes y dispositivos integrados para comunicarse con las personas a través de internet. En [44] se introdujo la idea de colaboración entre las redes sociales y los objetos inteligentes. En [40], los dispositivos sociales dependen de los protocolos web para comunicarse con los usuarios a través de un entorno de red social.

4. **Todo como un servicio:** la noción de convertir las funcionalidades de los objetos y las redes sociales en servicios y permitir que se descubran fácilmente, además de que se integren con otros servicios, se ha presentado en la literatura para utilizar la convergencia entre los dispositivos y lo social. Por lo tanto, las personas pueden compartir los servicios ofrecidos por objetos inteligentes con amigos u objetos [45]. Este tipo de intercambio implica el uso del rol social para descubrir y promover servicios. Sin embargo, el concepto de convertir "todo" en un servicio se presenta en [38] como una visión más amplia, al asociar objetos inteligentes con los servicios que ofrecen. El descubrimiento de nuevos servicios para ser utilizados o combinados con otros servicios puede tener lugar respaldado por el rol social, donde un usuario puede descubrir servicios confiables dentro de su comunidad social.

En la Tabla 1 se resume los conceptos antes mencionados, donde las columnas de color verde son los conceptos que hacen parte del marco social y las filas de color azul la literatura en donde se habla de los conceptos.

	Rol social	Inteligencia	Dispositivos socializados	Todo como servicio
Zhang et al. [42]		X		
Atzori et al. [37], [38],[46]			X	X
Atzori et al. [39]	X			X
Pintus et al. [41]		X		
Ciortea et al. [47]	X			
Guinard et al. [40]		X	X	X

Tabla 1: Investigación relacionada con la SIoT.

En el establecimiento de este marco social se empieza a seguir un enfoque inspirado en las relaciones sociales y los modelos relacionales humanos, las cosas imitan el comportamiento humano para interactuar efectivamente entre sí. Una clara ventaja reside en el hecho de que los modelos y principios, que ya demostraron ser efectivos para el estudio de las redes sociales humanas, pueden extenderse a las comunidades de objetos.

La teoría: **“Las cuatro formas elementales de sociabilidad: marco para una teoría unificada de las relaciones sociales”** propuesta por el antropólogo Alan Fiske, propone cuatro patrones de interacción entre los seres humanos por ser la teoría más aceptada en la literatura dentro de la materia en [16] se toma como referencia para proponer un modelo para las relaciones sociales entre objetos IoT, a continuación, se hace una breve descripción ellas:

- **Relación de objeto parental:** entre objetos que pertenecen al mismo lote de producción.
- **Relación de objeto de co-ubicación:** entre objetos (homogéneos o heterogéneos) utilizados siempre dentro de una misma zona geográfica.
- **Relación de objeto de trabajo conjunto:** entre objetos que colaboran para proporcionar una aplicación común de IoT.
- **Relación de objeto de propiedad:** entre objetos heterogéneos que pertenecen al mismo usuario.
- **Relación de objeto social:** entre objetos que entran en contacto, de forma esporádica o continua.

Al igual que el modelo de Alan Fiske para humanos, este modelo propuesto es ampliamente aceptado y utilizado en la SIoT, por lo cual se utilizó como base para definir el tipo de relaciones que pueden tener los objetos en este modelo, por lo que se hizo una adaptación de esto dentro de la segunda fase de la primera actividad de la metodología.

2.4 DEFINICION DEL DISEÑO DE ALTO NIVEL

Los tipos de relaciones del modelo para las relaciones sociales entre objetos IoT para efectos de este trabajo se ha estructurado como se muestra en la Figura 6:

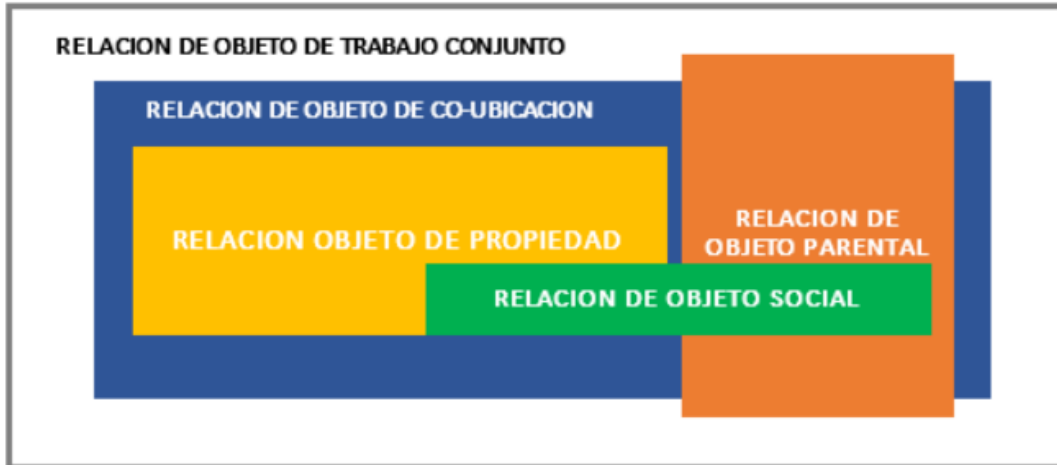


Figura 6: Estructura relaciones sociales entre objetos IoT. Fuente: propia.

Se empieza con la relación de objeto social, que es la básica que debe tener un objeto IoT, por lo que esta encapsulada dentro de las demás, de forma paralela se puede presentar la relación de propiedad y parental debido a que estos dos tipos pueden coexistir al mismo tiempo, por ejemplo un mismo dueño puede tener dos dispositivos que pertenezcan al mismo lote de producción pero en dos zonas distintas, lo que permitiría una actividad paralela entre estos dos tipos de relaciones, aparece la relación de co-ubicación que hace referencia a una misma ubicación geográfica como por ejemplo una ciudad o algún lugar en común. Por último, y como marco que abarca el funcionamiento de todas las relaciones, está el trabajo en conjunto ya que cada una de ellas estructura una socialización de objetos similares o diferentes en búsqueda de brindar un servicio o consumir uno. Dentro de la adaptación que se hace de estos tipos de relaciones se tiene que la relación de Objeto Social, de Propiedad, de Co-ubicación, de Trabajo Conjunto y Parental se llaman Red Nodo, Neurona, Célula, Social y Parental respectivamente, a continuación se hace una descripción de cada una:

1. Red nodo: en esta red se aplica el concepto de la relación de objeto social. Este tipo de relación es muy importante debido a que constituye un componente básico para la concepción de una red social. Por lo tanto, aquí se representan las relaciones fundamentales que pueden existir entre los objetos y personas, las cuales se describen a continuación:

- **Dispositivo a dispositivo:** aquí se puede utilizar distintos tipos de herramientas, en [49] utilizan un Evento – Condición – Acción (ECA), en él se define la interacción entre dos objetos en una misma entidad de interés permitiendo generar nuevos servicios (servicios de interacción).
- **Humano a dispositivo:** esta interacción siempre será de parte del humano una petición ya sea para hacer una consulta o consumir un servicio del dispositivo, para esto se puede utilizar middlewares, apps, entre otros.

2. Red parental: esta red aplica la relación de los objetos que pertenecen al mismo fabricante. El servicio de mensajería llamado PIN que implementó la empresa canadiense BlackBerry se toma como ejemplo para explicar el comportamiento de este tipo de red, ya que básicamente consiste en que el fabricante de un dispositivo desde su creación establece en su configuración un canal de comunicación exclusivo para que interactúe con otro dispositivo del mismo fabricante. Cabe aclarar que este tipo de red es definida netamente por el fabricante

y solo se menciona en es este apartado porque hace parte de las relaciones sociales que un objeto puede establecer.

3. Red neurona: en ella se encuentran los dispositivos que un objeto IoT o humano va a registrar como suyos (hijos), por lo general todos son heterogéneos. La conexión entre ellos es muy alta, y se busca que se tenga una alta cohesión y bajo acoplamiento. Además, está basada en la confianza, lo que implica que se manejen reglas para el control de la seguridad, pero no tan rigurosas como con el exterior.

Por la inteligencia colectiva conocemos que es más importante el trabajo colectivo que individual, en esto es donde radica la importancia de esta red ya que son diversos objetos conectados entre sí para ofrecer un servicio a su dueño, pero además de la conexión que debe existir entre los elementos que la componen, debe hacerlo con otras redes o humanos, para poder adquirir un rol social y potencializar los servicios que ofrezca (homofilia).

Dentro de la socialización interna que se debe tener, existe un aspecto importante que se desarrolla ampliamente en las redes sociales y es la comprensión que se llegue a tener del usuario. En [48] se propone una ontología para el manejo de perfiles de usuario con el fin de ampliar el conocimiento que puedan tener los objetos inteligentes sobre su dueño o usuario que interactúa con ellos. Aquí se reutiliza esta ontología, aprovechando que está construida bajo la misma arquitectura de referencia de este trabajo, lo que ofrece una gran ventaja debido a

la compatibilidad que existe, por otra parte, el ya mencionado conocimiento del usuario, es un principio sobre el cual se implementan las redes sociales para ofrecer servicios más ajustados a las preferencias de los mismos. Específicamente en este ítem, se busca generar estructuras de conocimiento que se puedan relacionar a tópicos y así dar una mayor dinámica a la red social.

Por ejemplo, la universidad del Cauca es Owner (propietario) de una red neuronal de objetos IoT que miden variables de calidad del aire de CO₂, Material Particulado (PM 10) y Ozono (O₃), esta red neuronal podrá relacionarse a tópicos como Aire, Contaminación, entre otros.

4. Red célula: aquí se encapsulan las redes anteriores, teniendo como determinador la zona de localización de los dispositivos, como se define en la relación de objeto de co-ubicación. El elemento diferenciador de esta red es que las antes descritas se pueden agrupar de acuerdo al propietario o fabricante, aunque esto no es obligatorio si es importante, porque así como las células están compuestas de diferentes estructuras cuyas funciones son diferentes pero que trabajando sinérgicamente apuntando a lograr un objetivo definido, así mismo esta red se estructura, uniendo distintos tipos de redes neuronales o parentales.

5. Red social: es la red general, está formada por las otras estructuras de las redes anteriormente definidas, pueden estar todas en uso o solo algunas, esta se puede identificar con la relación de trabajo conjunto ya que aquí no se hace énfasis en el tipo de objeto, sino en la relación que tenga con otros.

CAPITULO 3. CREACIÓN DEL MODELO PARA LA CONSTRUCCION DE ECOSISTEMAS SOCIALES DE OBJETOS INTELIGENTES.

En este capítulo se presenta el modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes que toma como base la arquitectura de interacción semántica propuesto por Niño [8] y los trabajos posteriores de Riobamba y Guerrero [49] y Pabón y Rojas [48], descrita en el capítulo dos. Además del modelo, el aporte del presente proyecto se centra en la definición de la capa *Red Social de Objetos y Personas* y la inclusión de la capa de *Seguridad* en la arquitectura Niño [8]. En el modelo original solo se nombra la capa de red Social de Objetos y Personas como importante para la interacción en la IoT pero no se había desarrollado nada en ella, la capa de Seguridad se incluye pero sin entrar a definirla en profundidad debido a que no hace parte del alcance de los objetivos de este trabajo. En la Figura 7 se puede ver la versión extendida de la arquitectura del modelo de interacción semántica de Niño [8], resaltando las capas en las que se trabaja:

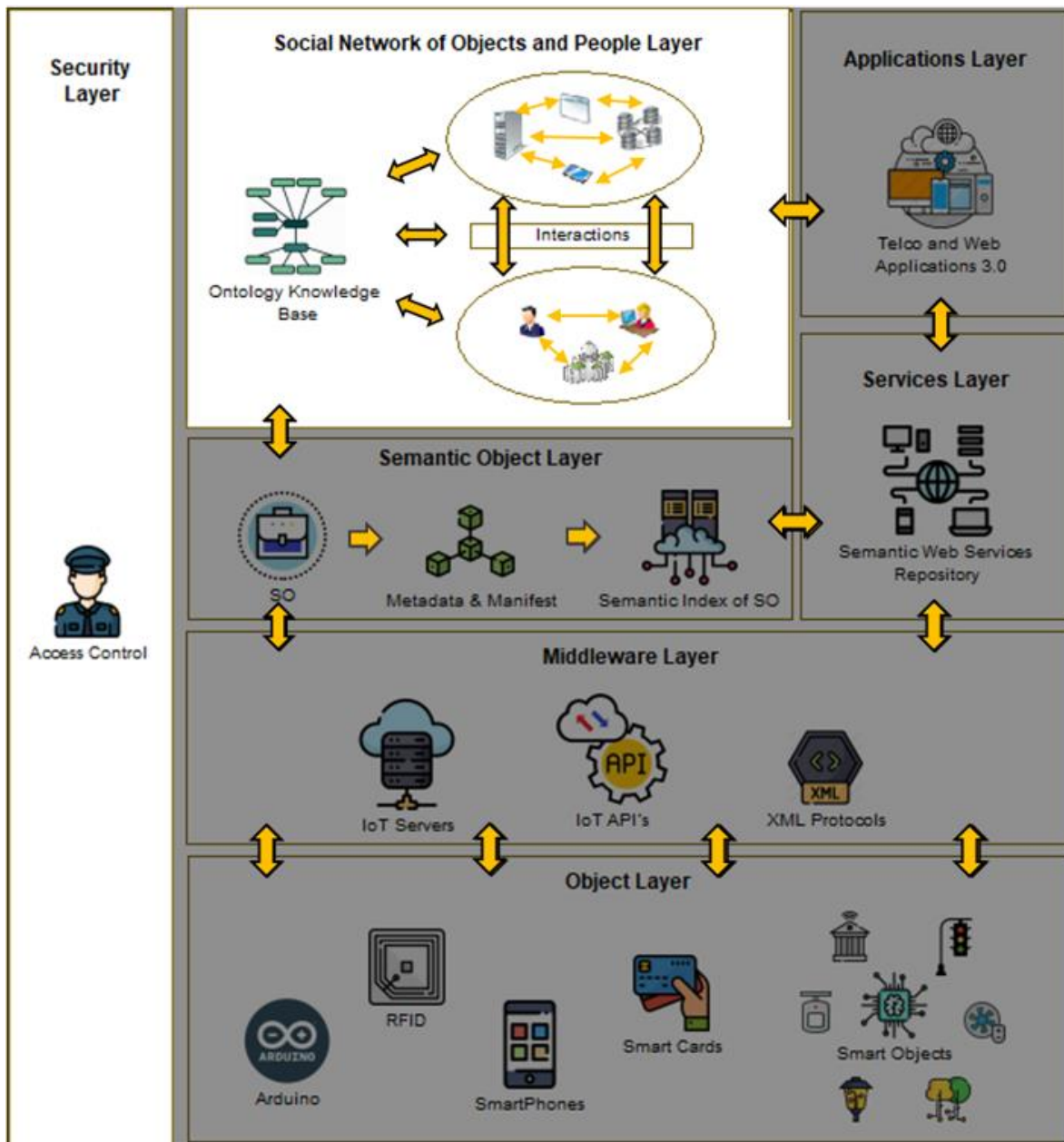


Figura 7: Arquitectura actualizada del modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT. Fuente: propia.

A continuación, se describen estas capas:

3.1 CAPA DE RED SOCIAL DE COSAS Y PERSONAS

Esta capa se encuentra una base de conocimientos ontológicos, se considera como una de las capas con más complejidad debido a que en ella se integran diversos

conceptos. Es la encargada de desarrollar las técnicas de red social para la interacción entre los objetos semánticos y con humanos. La interacción se define para desarrollar las técnicas de red social presentadas en el numeral 2.1.8, para generar nuevos servicios con el fin de facilitar los procesos de interacción Machine To Machine (M2M) ¹⁹ y Machine To Human (M2H) ²⁰. A continuación se proponen cinco técnicas sociales para desarrollar en esta capa:

1. **Perfil:** *profile* en inglés contiene los datos únicos que describen la naturaleza de su poseedor. Se debe hacer la diferenciación entre los perfiles para humanos y los perfiles para objetos inteligentes, porque aunque participen dentro de la misma red sus composiciones y propósitos son diferentes, en lo concerniente a los perfiles de objetos, tenemos en la Tabla 2 una descripción de los datos que maneja:

Id	Identificador único que tiene todo objeto.
Owner	Identificador que representa al objeto propietario del dispositivo hijo.
Location	Coordenadas en latitud y longitud del lugar físico donde se encuentra el dispositivo.
Reputation	Este es un índice que dependerá de la valoración del servicio hecha por otro Owner.
Network	Tipo de red a la que pertenece el hijo (Nodo, Parental, Neurona o célula).
Topic	Temáticas en las que se clasifica solamente la red Neurona.
Active	Indica si el dispositivo está activo o no.
Friends	Lista de los id de los objetos o humanos que están asociados como amigos.

Tabla 2: Datos para el perfil de un objeto inteligente. Fuente: propia.

¹⁹ Hace referencia a la tecnología que permite la comunicación automática y el intercambio de información entre dos o más dispositivos, ya sea en forma cableada o inalámbrica. <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3083&srch=mantenimiento&act=3>

²⁰ Este concepto es dejar que las máquinas interactúen con los humanos en función de la voz o los gestos. <https://evincedev.com/machine-to-human-communication/>

Para el caso de un perfil humano estaría dado por la Tabla 3:

Id	Identificador único.
Location	Coordenadas en latitud y longitud del lugar físico donde se encuentra.
Friends	Lista de los id de los objetos o humanos que están asociados como amigos.
Child	Lista de los id de los objetos que están asociados como hijos.
Active	Si se encuentra activo o no.

Tabla 3: Datos para el perfil de un humano. Fuente: propia.

2. **Relaciones de amistad:** *friendship* en inglés, dentro de los datos que se definieron para el perfil hay un ítem que almacena la lista de amigos para humanos y objetos. Un humano puede tener como amigos objetos inteligentes o humanos, de la misma forma que los objetos pueden ser amigos de otros objetos o humanos, para esto se debe tener el identificador único (RFID en el caso de los objetos) para poder enviarle la petición de amistad y en caso de ser aceptada poder acceder a los servicios.

3. **Publicación:** *to post* en inglés, aquí se puede utilizar las redes sociales existentes, ya que en ellas se pueden hacer publicaciones si se tiene una cuenta y está abierta. También se puede crear un espacio único donde se puedan hacer publicaciones, esto se haría por medio de aplicaciones propias que utilicen esta técnica.

4. **Mensajes:** *messages* en inglés, al igual que el caso anterior aquí se necesitaría del desarrollo de una aplicación para este fin. Aunque la implementación de un servicio de mensajería entre objetos de la IoT implica un trabajo complejo, debido a que por parte de los objetos se les tendría que dotar de algún tipo de inteligencia para que puedan hacer uso de la mensajería, ya que tendrían que interpretar y crear mensajes. Actualmente se ha popularizado y diversificado el uso de los *bots*, que son programas informáticos diseñados para hacer tareas repetitivas a través de internet como si se tratase de un humano, se podría decir que poseen cierta inteligencia. Para el caso de los chats existen los *chatbot* que permiten enviar mensajes automatizados y establecer una conversación, para esto, es necesario que el programa utilice inteligencia artificial. Estos bots están programados para entender preguntas, responderlas y ejecutar tareas.

Algunas redes sociales ya cuentan con este tipo de bots, como por ejemplo Facebook o Telegram, este último permite crear bots para objetos inteligentes, por lo que ésta podría ser la mejor forma para utilizar los chats dentro de la red social de esta arquitectura, ya que no implica hacer desarrollo o aplicación de algoritmos de inteligencia artificial que eleven la complejidad.

5. **Calificar:** *qualify* en inglés, esto es para dar un concepto favorable o no sobre un servicio recibido. Como en el caso anterior, aquí también se requiere de inteligencia para que el objeto valore según unos parámetros definidos la calidad del servicio que se le ofreció.

Cada una de estas técnicas actúa en cada una las redes anteriormente descritas (2.4), adaptándose a las particularidades de cada una, por ejemplo en el caso de la red parental ya vendrá por defecto en el perfil del objeto agregado los identificadores de sus parientes. Con esto tenemos que la capa de Red Social de Objetos y Personas de la arquitectura de Niño [8] quedaría estructurada de la siguiente forma:

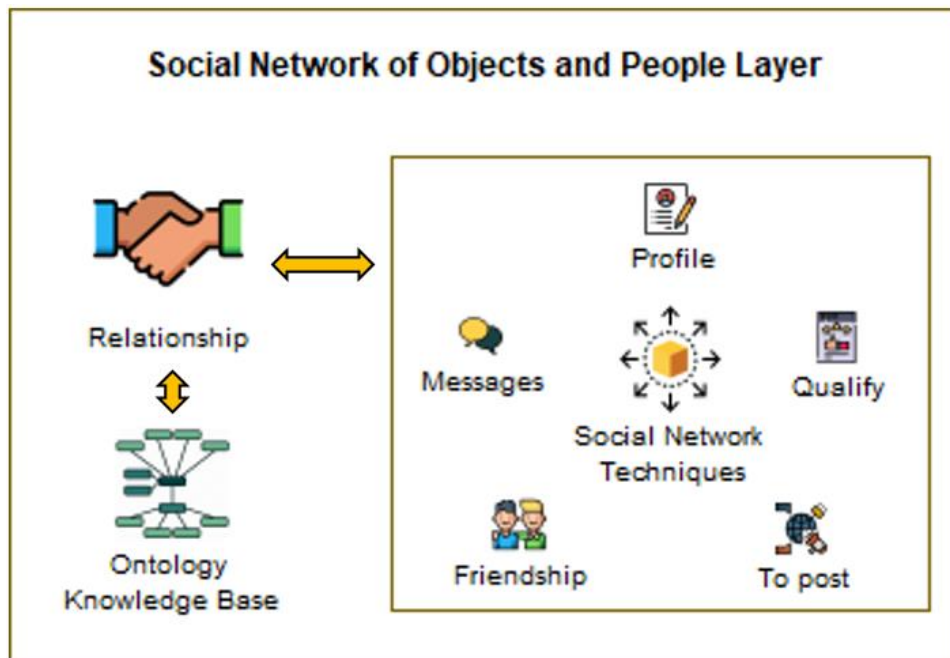


Figura 8: Definición de la capa de Red Social de Objetos y Personas. Fuente: propia.

En la Figura 8 se ilustra los componentes que se definen para la capa de Red Social de Objetos y Personas, el componente *Relationship* corresponde al tipo o tipos de relación que un objeto puede llegar a tomar. En primer lugar se debe establecer la base del conocimiento, esto es la ontología según el contexto al que se apunta, lo segundo es establecer una relación entre el objeto y el humano y viceversa como se verá más adelante.

3.2 CAPA DE SEGURIDAD

La explosión en el número de dispositivos inteligentes conectados está cambiando el paradigma de seguridad. La aparición que está teniendo el desarrollo de la IoT en la vida del ser humano es cada vez mayor, por lo que esta tecnología está teniendo un crecimiento muy vertiginoso con el pasar del tiempo. En la parte de seguridad aún hay mucho por trabajar. Y es que con la implementación de la IoT y las redes sociales el espectro de servicios que ya ofrecían ambos paradigmas se vuelve mucho más amplio. “Si sabemos que prácticamente todo puede estar conectado a Internet, debemos reconocer su declaración de corolario: todo lo que puede conectarse a Internet puede ser pirateado”²¹, por lo que el número de ataques cibernéticos en los últimos tiempos ha sido mayor²², con víctimas que van desde personas y empresas hasta agencias del gobierno.

Como el trabajo que corresponde a la capa de seguridad para un modelo IoT es vasto y excede los alcances de este trabajo, solo se tomó una parte aplicada al manejo de usuario que se denominó Control de Acceso (Access Control), en este componente se trabajó con el Modelo Ontológico para el Manejo de Perfiles de Usuario de la IoT de Pabón - Rojas [48], por lo que todo es basado en la arquitectura de Niño [8].

²¹ Sue Poremba, *El Internet de las cosas tiene un número creciente de problemas de ciberseguridad* (Enero 2015), <http://www.forbes.com/>

²² De acuerdo al ITU (International Telecommunication Union), <https://www.itu.int>

Las dos primeras fases de la actividad 1 de la metodología ya fueron desarrolladas en el capítulo dos (2.3 y 2.4), a continuación se desarrolla la última fase de esta actividad.

3.3 DEFINICIÓN FORMAL DEL MODELO

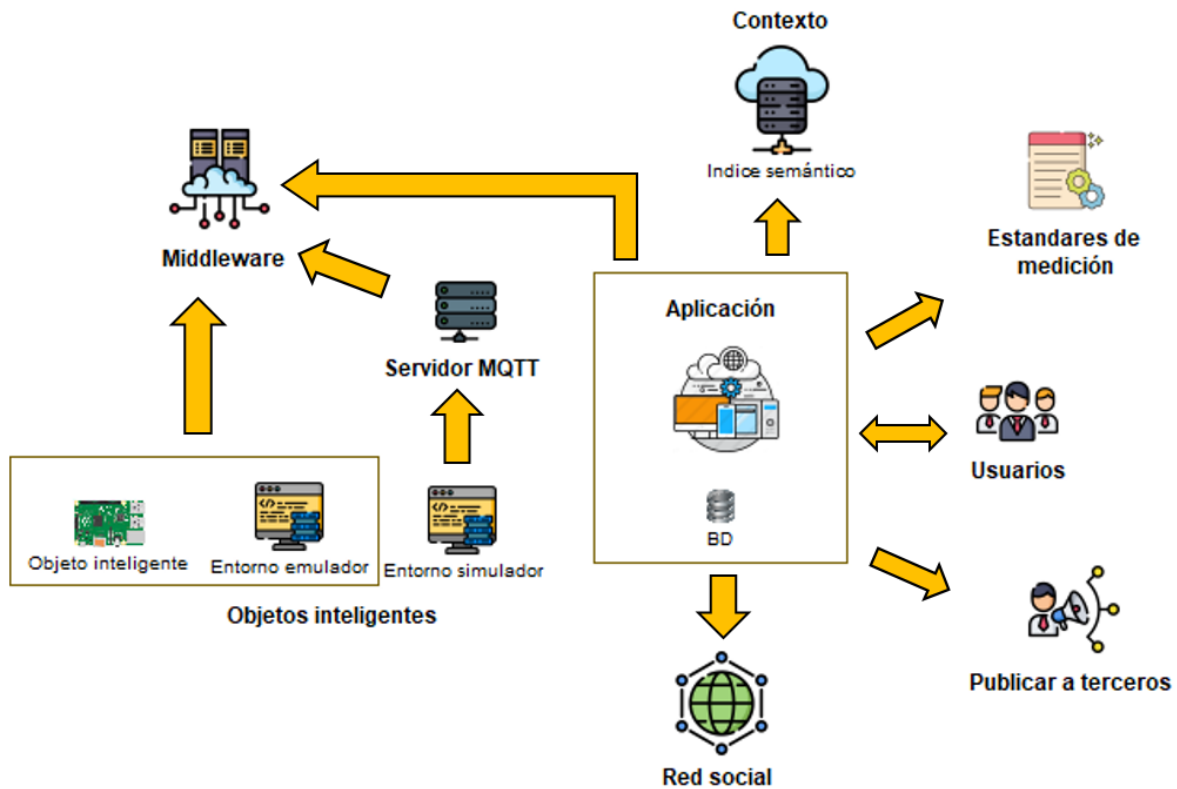


Figura 9: Arquitectura del modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT.
Fuente: propia.

En la Figura 9 se muestra la arquitectura que se propone para el modelo utilizado para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT. Se tiene el ecosistema IoT:

- **Capa de contexto:** de la arquitectura base (Niño [8]) se tiene que el objeto inteligente ya implementa el estándar ODF (Open Data Format) propuesto por Open Group, el cual pretende representar la información de los objetos de forma estandarizada, por medio de formatos XML, se busca que la información pueda ser entendida e intercambiada de manera universal entre los distintos sistemas que gestionan datos de la IoT, superando los problemas de interoperabilidad sintáctica. El dominio del conocimiento es la calidad del aire.
- **Capa de interacción:** para este trabajo inicialmente se empezó utilizando la plataforma Xively debido a que la arquitectura que se tomó como base la utilizaba, pero debido a que su servicio fue suspendido, fue necesario migrar la solución a una plataforma que ofreciera servicios similares por lo que se decidió utilizar ThingSpeak²³.
- **Capa de adquisición:** la arquitectura de la que se partió se probó solamente para dispositivos raspberry pi y como se contaba con ellas y sus sensores como recursos para el proyecto, se decidió utilizar este tipo de placas. Para enriquecer más la cantidad de dispositivos conectados se pueden simular o emular. No es obligatorio utilizar las raspberry pi, pero el hecho de tratar de utilizar otros tipos diferentes de dispositivos requeriría una curva de aprendizaje y una configuración adicional para probar que la arquitectura funcione correctamente.

²³ Sitio web de ThingSpeak: <https://thingspeak.com/>

- **Capa de análisis:** en este punto se utilizó raspberry pi por lo que se mencionó que se había probado la arquitectura en ellas, además este tipo de placas que pertenecen a las Single Board Computer (SBC) ofrecen características de objetos inteligentes como capacidad de procesamiento, almacenamiento y comunicación. Por lo que no se utiliza ningún servicio externo, solamente las raspberry pi.
- **Capa de integración:** la propuesta de este trabajo, no utiliza ninguno de los servicios que aquí se ofrecen. Pero queda la posibilidad de integrarlos gracias a la publicación de los resultados en un servidor que usa datos estandarizados.

Como ya se había hablado en el capítulo 2 el paradigma SIoT representa un ecosistema IoT que permite interactuar dentro del marco social (2.3):

1. **Rol social:** para caracterizar a los objetos IoT con un Rol Social se emplean las técnicas de red social, ya que serán ellas las que en su proceso de aplicación llevan a que el objeto genere lazos sociales con otros objetos para así proporcionar una navegabilidad en la red y el descubrimiento de servicios. También se toma como una interfaz para controlar los objetos, que se hace mediante las técnicas sociales con los tipos de relaciones entre objetos ya descritas (Relación de Objeto de Propiedad - Neurona).

2. **Inteligencia:** es importante que se dote a un objeto IoT con algún tipo de inteligencia debido a que será ella la que le permita utilizar las técnicas sociales para establecer las relaciones sociales y así descubrir servicios proporcionados por otros objetos. Se pueden utilizar distintas formas para hacer esto como por ejemplo las técnicas de Machine Learning o fuentes de conocimiento como las ontologías que para efectos de este trabajo se empleó una sobre calidad del aire.

3. **Dispositivos socializados:** como se refirió en su descripción aquí se contemplan los mecanismos que utilizaron los objetos inteligentes para comunicarse entre ellos y con las personas a través de internet. Para la comunicación de los dispositivos en el proceso de publicación y suscripción se utilizó el protocolo MQTT y servicios REST.

4. **Todo como un servicio:** en este punto convergen varias cosas que ya se han mencionado como son el rol social (técnicas sociales), inteligencia (en los objetos), inteligencia colectiva y homofilia, el uso combinado de todo esto genera el descubrimiento de nuevos servicios.

Establecido el marco social enfocado en las relaciones sociales que los objetos adoptan del comportamiento humano, se definen las relaciones sociales entre objetos IoT donde el índice semántico hace parte de la arquitectura en la que se basa este trabajo, los otros componentes que a continuación aparecen hacen parte de la propuesta del trabajo:

1. Red nodo:

- **Dispositivo a dispositivo:** se utiliza el estándar ODF para este tipo de comunicación aplicando las técnicas de red social, se debe tener claridad que en el caso de la red parental este tipo de relación está supeditado a las designaciones del fabricante.



Figura 10: interacción dispositivo a dispositivo en la red nodo. Fuente: propia.

- **Actor a dispositivo:** desde la definición de rol social sabemos que la función social se puede utilizar como una interfaz para controlar objetos inteligentes, por lo que para esto es importante la aplicación de las técnicas sociales, por ejemplo la red neuronal que utiliza el perfil propietario como una forma para manejar sus dispositivos hijos.



Figura 11: interacción actora a dispositivo en la red nodo. Fuente: propia.

2. **Red parental:** como ya se dijo este tipo de red es definida por el fabricante, por lo que en ella se maneje recaee sobre la configuración que se le haya dado en el dispositivo.

3. **Red neurona:** el usuario que puede ser un objeto IoT o humano se registra en la aplicación por medio de un perfil tipo propietario (3.1), después de estar registrado en la aplicación procede a registrar los dispositivos que van a pertenecer a su red mediante un perfil hijo (3.1), cuando se hace este registro la aplicación por medio de uno de los servicios del índice semántico los registra también en él. El perfil del propietario se guarda en la aplicación, pero el de los hijos se almacena en cada dispositivo hijo.

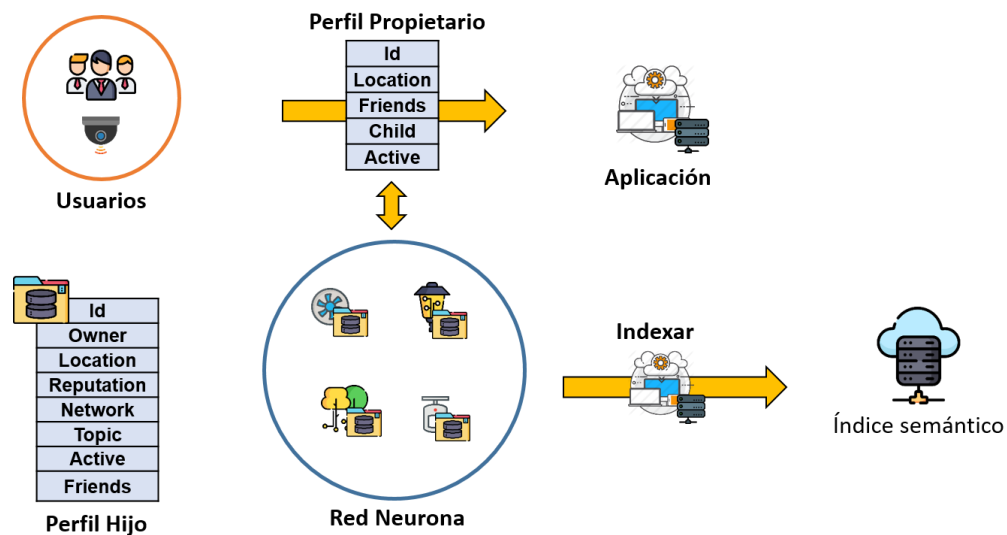


Figura 12: Red neuronal. Fuente: propia.

4. **Red célula:** se establece cuando un usuario hace una petición de búsqueda por ubicación se mandan los datos de longitud y latitud con los que la aplicación por

medio de un servicio que ofrece el índice semántico consulta los dispositivos que estén registrados en el índice y dentro de la zona geográfica consultada, el índice retorna la información de la consulta a la aplicación para que responda al usuario.

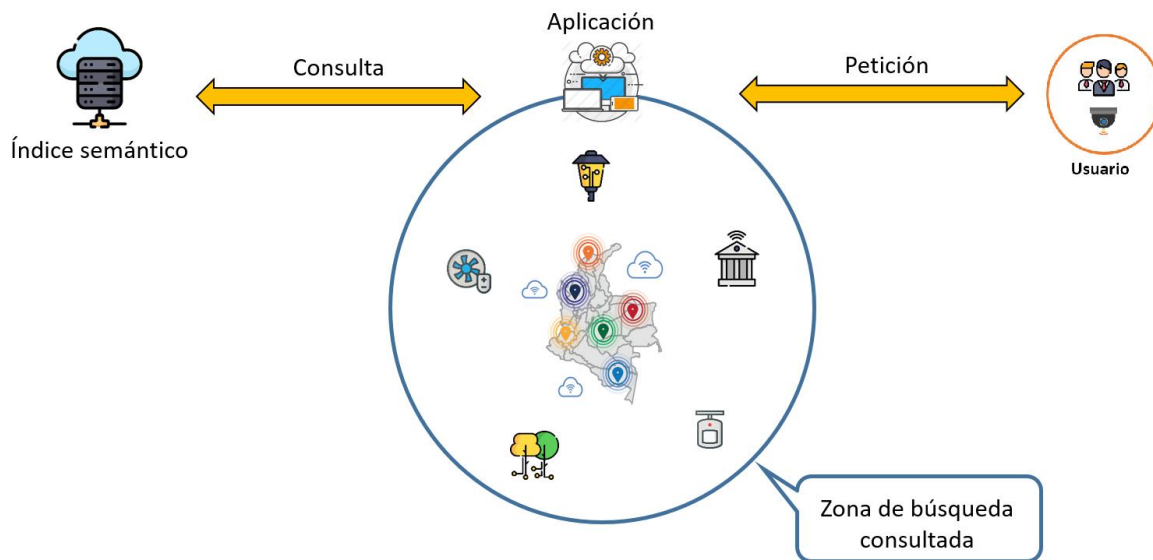


Figura 13: Representación de distintas redes celulares en Colombia. Fuente: propia.

5. Red social: es el interactuar de los objetos con otros en cada una de las relaciones sociales de objetos.

Todos los objetos inteligentes que se quieran utilizar dentro del modelo deben primero registrarse en el índice semántico porque es aquí donde se maneja el contexto en el que se va aplicar, esto se puede hacer manualmente o por medio de la aplicación. El modelo pueden tener sensores simulados, emulados o reales conectados a una Raspberry Pi, ellos producen datos que en el caso de las

raspberry pi y los emulados es envían por medio del protocolo REST²⁴ a un middleware porque ahí es donde se homogeneiza la heterogeneidad de la información que se pueda presentar a causa de la variedad de tecnologías de los objetos. Los objetos simulados se comportan diferente por lo que ellos tienen que utilizar el patrón de Pub/Sub en un servidor MQTT para generar sus mediciones y después ser enviadas al middleware. Cuando un usuario realiza una petición a la aplicación ella se encarga de consultar el índice semántico mediante sus servicios web para traer la información de los objetos que cumplan con las especificaciones de la consulta y si es el caso traer las mediciones de los objetos solicitados al Middleware dependiendo del contexto que se esté manejando.

Las mediciones que realicen los objetos deben llevar algún estándar de medición dependiendo del contexto y zona donde se quiera aplicar el modelo, para esto se debe utilizar el componente Estándares de Medición donde se almacena todas las métricas y variables que se deben tener en cuenta en la administración de los datos. Toda la información que se obtiene de los objetos es importante para los procesos que se realizan en el modelo y para las que se realizan fuera también, por esto es importante que de alguna forma estos datos sean accesibles. Los Middleware son plataformas que ofrecen un repositorio de datos accesibles para cualquier aplicación, pero esto no significa que sean estandarizados, este tipo de publicación a terceros se hace con los datos abiertos.

²⁴ REST es una interfaz para conectar varios sistemas basados en el protocolo HTTP, con él se puede hacer GET, POST, PUT y DELETE. <https://openwebinars.net/blog/que-es-rest- conoce-su-potencia/>

El componente Red Social se encarga de gestionar la aplicación de las técnicas de red social mencionadas en 3.1. En el capítulo 4 se habla de la creación del prototipo implementando las técnicas sociales publicar y relaciones de amistad, con Calidad del aire como el dominio del conocimiento llevado a cabo en una zona específica de la ciudad de Popayán.

CAPITULO 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.

4.1 ACTIVIDAD 2: IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

4.1.1

4.1.1.1 Arquitectura del modelo para la construcción del ecosistema social de objetos inteligentes IoT

La arquitectura propuesta para el modelo, ver Figura 9, adaptada al caso de estudio de este trabajo, teniendo como contexto la calidad del aire, se representa en la Figura 14:

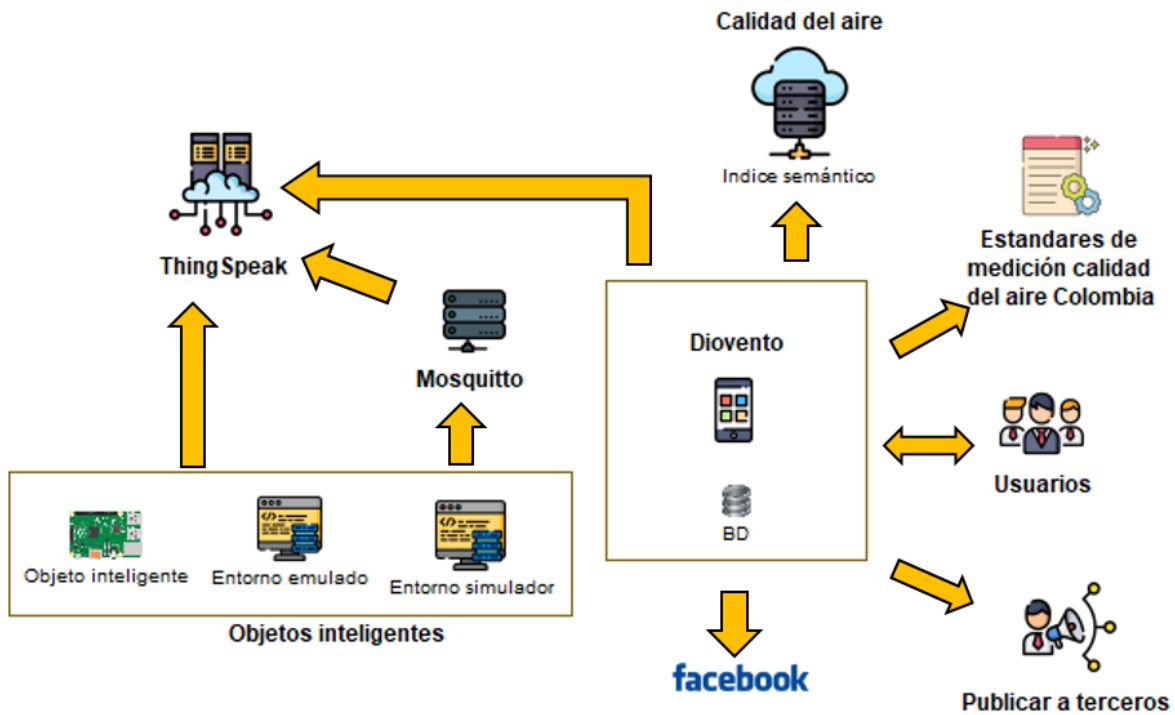


Figura 14: Arquitectura del modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT ajustada al contexto de Calidad del Aire. Fuente: propia.

Originalmente el middleware utilizado fue Xively ya que todo lo que estaba hecho del modelo de interacción semántica [8], base de la propuesta del modelo de este trabajo, estaba bajo este middleware pero debido a la suspensión del servicio fue

necesario migrar a otra solución que ofreciera características similares por lo que se utilizó ThingSpeak. Mosquitto es un servidor MQTT liviano y fácil de instalar, permite hacer subscripciones y publicaciones de tópicos por parte de los objetos inteligentes, para este caso se utilizaron dos Raspberry Pi y objetos simulados: El índice semántico por medio de archivos JSON registra los objetos inteligentes bajo el contexto de Calidad del Aire, los estándares de medición de calidad del aire en Colombia están dados por un archivo que se guarda en la base de datos del servidor para que lo utilice el prototipo de la aplicación móvil desarrollada para Android, en ella también se implementara una funcionalidad para utilizar las técnicas sociales ya ampliamente mencionadas en este trabajo, se aplicaron las Relaciones de Amistad y las Publicaciones. En las Relaciones de Amistad los humanos pueden establecer vínculos con los objetos inteligentes para poder acceder a las mediciones que el objeto haga, ya que en la aplicación solo se podrán consultar los datos generados por los sensores de objetos amigos y con respecto a las Publicaciones como ya se mencionó (3.1) se puede utilizar un perfil propio que provea la aplicación o una red social ya establecida, se decidió utilizar una red social ya establecida y que además se pudiera utilizar sus servicios para sumarlas al prototipo, del análisis que se hizo se tomó la decisión de usar Facebook ya que además que permitía hacer publicaciones en los muros de los perfiles de los usuarios ayudando con esto también a la Publicación a terceros, permite establecer un registro seguro en la aplicación prototipo con el inicio de sesión de la cuenta de Facebook del usuario. Recapitulando lo señalado en 2.1.7 a continuación se detalla por cada capa del ecosistema social lo siguiente:

1. Contexto

Este se desarrolla en la Calidad del Aire con respecto a la normatividad colombiana

1.1. Normatividad Colombiana de calidad del aire.

Como se refería en el capítulo uno de este documento, la contaminación ambiental y específicamente la contaminación del aire se ha vuelto un problema mayúsculo para la humanidad, en consecuencia, se han generado acuerdos internacionales y normativas a nivel de cada país, enfocados en la preservación de los recursos naturales y la reducción de emisiones de GEI. Para el desarrollo del prototipo de este proyecto se toma como estudio de caso el área metropolitana de Popayán por lo que se hace necesario tener claridad sobre los convenios internacionales y las políticas locales por lo que en el Anexo B se resumen las normativas a nivel internacional y de Colombia. A continuación, se listan los contaminantes que se van a medir:

Ozono (O₃)	El ozono a nivel de suelo, es uno de los principales componentes de la niebla tóxica. Puede provocar asma, y originar enfermedades pulmonares.
Dióxido de nitrógeno (NO₂)	Se encuentra presente en los procesos de combustión de calefacción, generación de electricidad y motores de vehículos y barcos. Causa de inflamación a las vías respiratorias.
Dióxido de Azufre (SO₂)	Es un gas incoloro con un olor penetrante que se genera con la combustión de fósiles y la fundición de minas que contienen azufre. Causa la irritación ocular, tos, secreción mucosa, agrava el asma y la bronquitis.

<p>Monóxido de Carbono (CO)</p>	<p>Es un gas sin color ni olor emitido como consecuencia de la combustión incompleta de carburantes fósiles y de biocombustibles. El CO penetra en el organismo a través de los pulmones, y puede provocar una disminución de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, con el consecuente detrimento de oxigenación de órganos y tejidos, así como disfunciones cardíacas, daños en el sistema nervioso, dolor de cabeza, mareos y fatiga.</p>
<p>Material particulado (MP₁₀ y MP_{2.5})</p>	<p>Está presente en la atmosfera de nuestras ciudades en forma sólida o líquida (Polvo, ceniza, hollín, partículas metálicas, cemento, polen, entre otras) se puede dividir, según su tamaño. Las de diámetro aerodinámico igual o inferior a 10 micrómetros denominadas PM10, estas partículas son polvo suspendidas en el ambiente. La fracción respirable más pequeña es PM2.5 las cuales están constituidas por aquellas partículas de diámetro aerodinámico inferior o igual a los 2.5 micrómetros, estas provienen de las emisiones de los vehículos diésel. Las enfermedades en general son de tipo respiratorio, tales como la bronquitis, y recientemente se han analizado y demostrado sus efectos sobre dolencias de tipo cardiovascular.</p>

Tabla 4: Contaminantes del aire.

Según los últimos informes del ministerio de ambiente sobre el estado de la calidad del aire, el contaminante con mayor potencial de afectación en el territorio nacional es el material particulado menor a 2.5 micras. En la Tabla 4 se muestra los valores que se han establecido por el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial de Colombia para los niveles de prevención:

Color	Estado de la calidad del aire	Efectos
Verde	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.
Amarillo	Aceptable	Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles.

Color	Estado de la calidad del aire	Efectos
Naranja	Dañina a la salud de grupos sensibles	<p>Los grupos poblacionales sensibles pueden presentar efectos sobre la salud:</p> <p>1. Ozono Troposférico: las personas con enfermedades pulmonares, niños, adultos mayores y las que constantemente realizan actividad física al aire libre, deben reducir su exposición a los contaminantes del aire.</p> <p>2. Material Particulado: las personas con enfermedad cardiaca o pulmonar, los adultos mayores y los niños se consideran sensibles y por lo tanto en mayor riesgo.</p>
Rojo	Dañina para la salud	Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud.
Violeta	Muy dañina para la salud	Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud.
Marrón	Peligroso	Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud humana y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud.

Tabla 5: Descripción general del código de colores para el estado de la calidad del aire. Fuente: [47]

Con respecto a este código de colores el ministerio estableció unos niveles de exposición de cada uno de los contaminantes en un determinado tiempo:

Color	Categoría	MP ₁₀ µg/m ³ 24 horas	MP _{2.5} µg/m ³ 24 horas	CO µg/m ³ 8 horas	SO ₂ µg/m ³ 1 hora	NO ₂ µg/m ³ 1 hora	O ₃ µg/m ³ 8 horas	O ₃ µg/m ³ 1 hora
Verde	Buena	0 - 54	0 - 12	0 - 5094	0 - 93	0 - 100	0 - 106	-
Amarillo	Aceptable	55 - 154	13 - 37	5095 - 10819	94 - 197	101 - 189	107 - 138	-
Naranja	Dañina a la salud de grupos sensibles	155 - 254	38 - 55	10820 - 14254	198 - 486	190 - 677	139 - 167	245 - 323
Rojo	Dañina a la salud	255 - 354	56 - 150	14255 - 17688	487 - 797	678 - 1221	168 - 207	324 - 401
Violeta	Muy dañina a la salud	355 - 424	151 - 250	17689 - 34862	798 - 1583	1222 - 2349	208 - 393	402 - 794
Marrón	Peligrosa	425 - 604	251 - 500	34863 - 57703	1584 - 2629	2350 - 3853	394	795 - 1185

Tabla 6: Concentración y tiempos de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia. Fuente: [47]

En la Tabla 6, la columna Categoría establece niveles que representan que tan perjudicial es la exposición de las personas a los niveles de los contaminantes en un tiempo determinado, por lo que las alertas que arroje el prototipo serán con respecto al promedio de las mediciones tomadas en el tiempo determinado.

2. Interacción

Inicialmente se empezó utilizando la plataforma de Xively, pero debido a que su servicio fue suspendido, toco analizar que plataforma libre era la mejor opción para pasar la solución por lo que se optó por ThingSpeak²⁵ debido a todas las ventajas que ofrece sus servicios.

²⁵ Sitio web de ThingSpeak: <https://thingspeak.com/>

3. Adquisición

Se utilizó dos Raspberry Pi para controlar los sensores de cada uno de los tipos de contaminantes y además se simularon otros objetos inteligentes y sensores por medio de Mosquitto.

4. Análisis

La aplicación permite interactuar, además de monitorear la información que llega desde los objetos inteligentes para saber en qué momento se debe lanzar la alerta según la exposición que tenga el usuario en los tiempos determinados.

5. Integración

Como ya se había manifestado esta es la única capa que la solución no utiliza.

4.1.2 Implementación del prototipo.

4.1.2.1 Metodología

Para la implementación de este prototipo se utilizó el marco de desarrollo de productos software SCRUM en conjunto con XP, la metodología SCRUM se dirige más hacia las prácticas de gestión y organización, mientras que XP se enfoca en prácticas de programación, por esto, la unión de ellas brinda un buen complemento para llevar un desarrollo consistente.

4.1.2.2 Propósito

Como parte del segundo objetivo de este trabajo, está el desarrollo de un prototipo que tome como base el modelo propuesto en el capítulo anterior. Esto se llevó a cabo mediante una aplicación móvil que permite monitorear e interactuar con la información de calidad del aire en el entorno urbano de la ciudad de Popayán, con la finalidad de generar alertas sobre los eventos de contaminación del aire a los usuarios.

4.1.2.3 Requisitos de la aplicación

Los requisitos que se analizaron y aprobaron para el desarrollo del prototipo fueron los siguientes:

- **Inicio de sesión del usuario en la aplicación:** los usuarios serán humanos por lo que se necesitan de una cuenta para poder iniciar sesión en la aplicación. En esta aplicación se va a utilizar Facebook para validar al usuario.
- **Insertar parámetros de referencia:** por defecto se tiene configurado los niveles de medición según la reglamentación Colombiana tratado en el apartado 4.1.1 de este capítulo.
- **Mostrar Geo localización de dispositivos y objetos inteligentes:** el usuario podrá desplegar un mapa los sensores que se encuentran a menos de 500 metros de su posición actual y que estén registrados en el índice semántico. Se

discriminarán por medio de un código de colores que indica los rangos de contaminación:

- Peligroso. (Marrón)
- Muy dañino. (Violeta)
- Dañino. (Rojo)
- Dañino grupos sensibles. (Naranja)
- Aceptable. (Amarillo)
- Buena. (Verde)
- No es amigo. (Gris)

- **Relaciones de amistad:** en este punto solo se utilizaron las relaciones de amistad entre humano y objeto. Si el icono que representa un dispositivo en el mapa esta de color gris significa que él no tiene una relación de amistad con el usuario que utiliza la aplicación, por lo que no puede tener acceso a las mediciones que el registra. Para que un usuario sea amigo de un objeto debe entrar en el mapa y seleccionar el icono en gris del objeto a quien quiera convertirlo en amigo y enviarle la solicitud.

- **Consultar las mediciones:** las mediciones pueden ser de dos tipos: promedio o Tiempo Real. La primera es la que fija el color de los objetos según el código de colores antes mencionado, el promedio se calculará según los rangos de tiempo definidos por la ley Colombiana (ver Tabla 5). El segundo tipo de mediciones será los datos registrados en tiempo real por el objeto inteligente. El usuario puede tener la posibilidad de cambiar entre un tipo de mediciones y otro según lo desee, pero las mediciones que aparecerán el mapa solo serán las promedio.

- **Mostrar Alerta:** informar al usuario sobre los niveles de contaminación del aire conforme a los niveles establecidos en las mediciones promedio. Las alertas se pueden activar o desactivar además de ser consultadas.
- **Mostrar la lista de dispositivos y objetos inteligentes:** el usuario podrá desplegar una lista con los sensores registrados en el índice semántico.
- **Buscar dispositivos y objetos inteligentes:** de antemano se debe conocer el identificador del objeto, la aplicación muestra un formulario en el cual se pide al usuario digitar el id del objeto previamente registrado en el índice semántico, si se encuentra el dispositivo, la aplicación despliega una vista con la información detallada del dispositivo como: nombre del dispositivo, ubicación, parámetros de referencia que registra y un botón para compartir los datos en Facebook.
- **Publicar:** esta opción permite al usuario publicar información como las mediciones que se tienen de los sensores en la plataforma Facebook, además cuenta con un espacio para publicar eventos especiales que afecten la calidad del aire, por ejemplo si se presenta un incendio se podrá tomar una foto y publicarla en un muro que tiene la aplicación móvil. Estas últimas publicaciones se podrán consultar por parte de los usuarios de la app.

4.1.2.4 Historias de usuario

En este apartado se crean las Historias de Usuario (HU), ver Tabla 7, que son una útil herramienta en la especificación de los requerimientos definidos. Se busca dar mayor claridad en cuanto al comportamiento que tendrá la aplicación basada en el

modelo planteado. A continuación se mostrara la HU que se considera más importante, las demás HU y diagramas UML están en el Anexo C.

HU – 12 Historia de Usuario	
Número: 12	Nombre: Activar alertas
Usuario: Cliente de la aplicación móvil	
Modificación de Historia Número:	Iteración Asignada:
Prioridad en Negocio: Media (Alta / Media / Baja)	Puntos Estimados:
Riesgo en Desarrollo: Media (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales:
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • La activación de alertas por medio del checkbox le permite al usuario aceptar que se le notifique al dispositivo móvil cuando se encuentre cerca de algún dispositivo con un radio de 30 mts y así obtener información de la calidad del aire. • Para regresar a la vista principal el usuario debe dar click en el botón atrás del dispositivo móvil. 	
Excepciones: Debe haberse ejecutado la HU-01, para poder mostrar la vista actual.	

Tabla 7: Historia de Usuario. Fuente: propia.

4.1.2.5 Arquitectura de despliegue del prototipo

En la Figura 15 se muestra como es el despliegue de la aplicación, la utilización de los servicios de GoogleMaps²⁶ para todo lo que se maneja de la proyección de sensores en el mapa, la utilización de Facebook²⁷, el cual se emplea en el proceso de Inicio de Sesión y publicación de mediciones que realizan los sensores y el uso del índice semántico para utilizar los servicios sobre los objetos semánticos.

²⁶ Google Maps. <https://www.google.com/maps>

²⁷ Facebook. <https://www.facebook.com/>

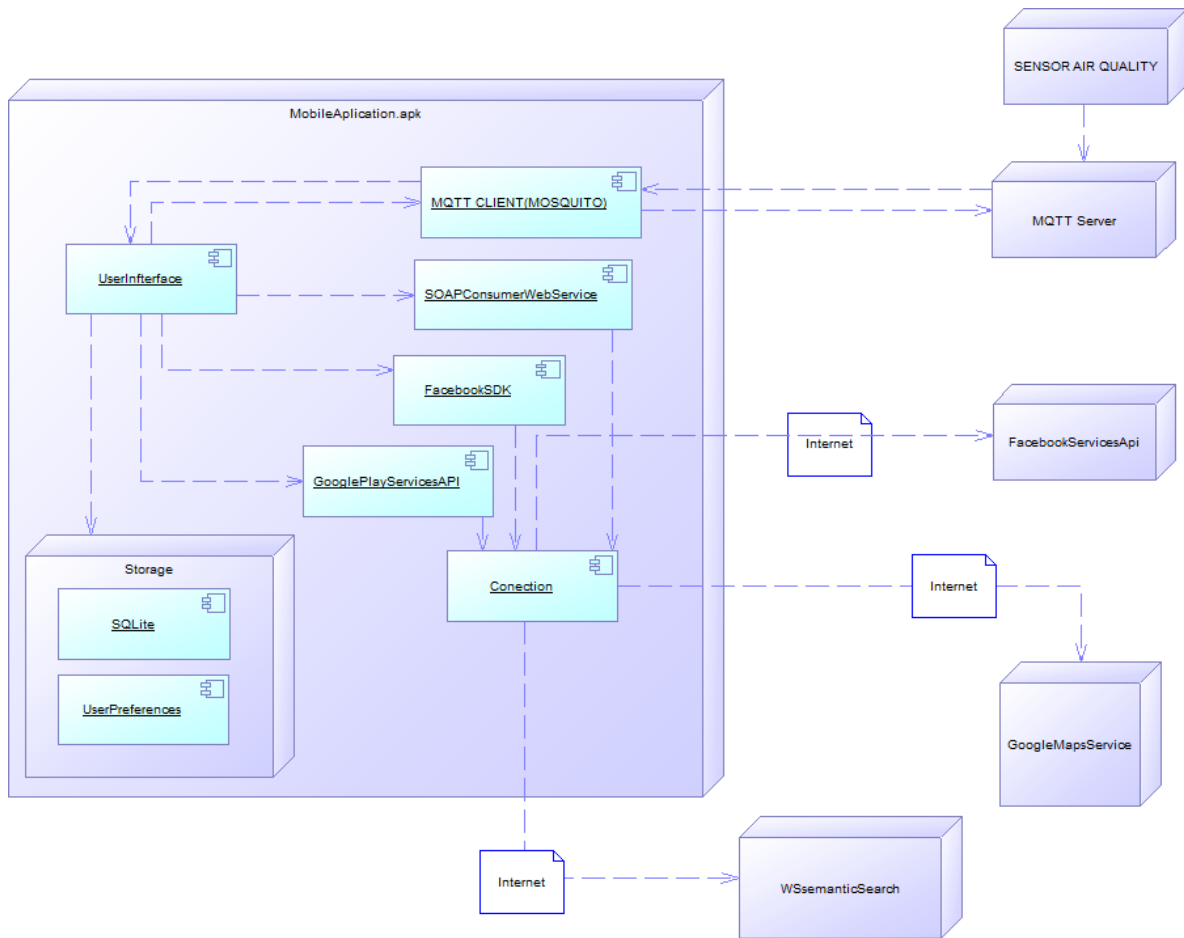


Figura 15: Vista del despliegue del prototipo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT. Fuente propia.

4.1.3 Prototipo

En la Figura 16 se ve la página principal de la aplicación, después de haber hecho el correspondiente registro por medio de Facebook. En la parte superior izquierda de esta misma figura se encuentra una campana que sirve para ir a consultar la información de las alertas que se han generado, en la parte superior derecha está el botón para cerrar sesión. También hay un botón de selección para activar o desactivar las alertas esto se utiliza en el caso que la persona no quiera recibir notificaciones de alerta por parte de la aplicación, en *Editar Parámetros* se puede

modificar los valores que miden los niveles de calidad del aire y permiten establecer el dispositivo en un color del código de colores, la configuración por defecto es según la ley colombiana, al presionar la campana de alertas aparece la interfaz Figura 17.



Figura 16: Vista de la página principal de la aplicación móvil. Fuente propia.

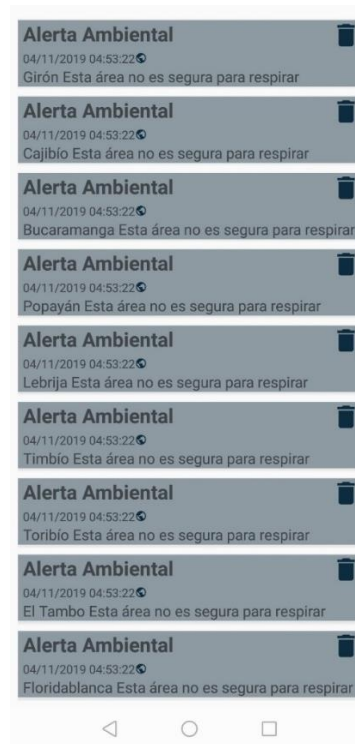


Figura 17: Vista de las alertas que genera la aplicación móvil. Fuente propia.

Como ya se ha especificado, aparecen los sensores pintados según sus mediciones promedio, al presionar en alguno de los iconos de los sensores del mapa, aparecerá una ventana con las mediciones promedio que ese sensor presenta, tal como se ve en la Figura 19. Estas mediciones también pueden ser publicadas en Facebook (Figura 19), los dos botones finales tienen funciones que tratan el evento que se publica en el muro de la cuenta de Facebook del usuario.

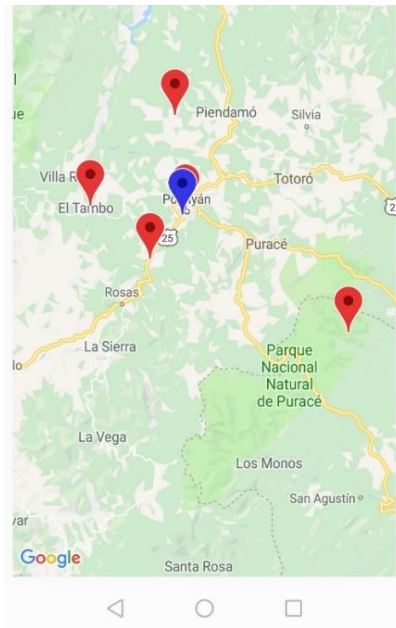


Figura 18: Vista del mapa de dispositivos de la aplicación móvil. Fuente propia.

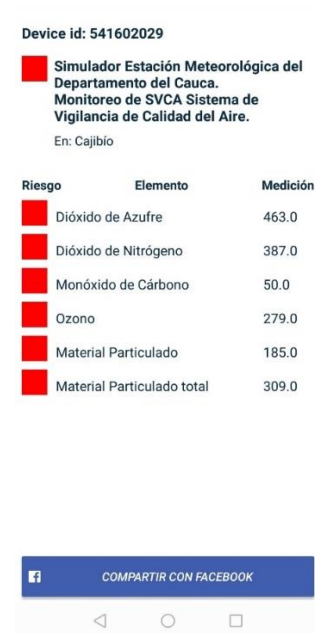


Figura 19: Vista de las mediciones de un dispositivo del mapa de sensores. Fuente propia.

CAPITULO 5. EVALUACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO SELECCIONADO.

5.1 FASE DE DEFINICIÓN DEL CASO DE ESTUDIO Y PLAN DE PRUEBAS

El objetivo de este caso de estudio experimental es evaluar algunas de las funcionalidades propuestas en modelo para la construcción de ecosistemas sociales IoT, implementadas en un prototipo de aplicación móvil, y verificar que son de ayuda para el usuario a la hora de interactuar con él. Para realizar el caso de prueba haremos lo siguiente:

- La recolección de datos con los cuales se alimenta el prototipo se obtendrá a través de estaciones meteorológicas, físicas, emuladas y simuladas. Las cuales proporcionaran al prototipo de suficiente información para la realización de las pruebas pertinentes
- La recolección de datos sobre la funcionalidad del prototipo de aplicación se obtendrá a través de encuesta y observación de los usuarios que están interactuando con el escenario de prueba.
- Se realizó un cuestionario de funcionalidad del prototipo, se medirá la oportunidad²⁸, de las alertas con los usuarios y se indagará sobre los servicios prestados por el prototipo.
- Para realizar estas encuestas se usó la escala de Likert la cual consiste en un conjunto de ítems presentados en forma de afirmaciones o juicios, se le solicita

²⁸ La oportunidad es una característica de la calidad de la información, la cual define que la información debe llegar en el momento justo para que se pueda tomar una decisión de acuerdo a sus necesidades.

al sujeto que elija una de las opciones, a las cuales se les asigna un valor numérico. Estas opciones tienen dos extremos, uno favorable y otro desfavorable. Para todo esto se tiene en cuenta la opinión de los usuarios a la hora de interactuar con el prototipo. (ver tabla 8)

ESCALA DE LIKERT				
MUY MALO	MALO	NORMAL	BUENO	MUY BUENO
1	2	3	4	5

Tabla 8: Escala de Likert. Fuente propia.

5.2 ESCENARIO INICIAL

5.2.1 Fase de selección del área donde se realizará la experiencia

Para la realización de la experiencia, se selecciona una serie de espacios controlados, la oficina de maestría de sistemas en el segundo piso de la facultad de ingenierías, el parque de ingenierías y alrededores del lugar todo esto en la ciudad de Popayán.

Se seleccionan estos espacios ya que son adecuados para trabajar tranquilamente, se posee conectividad a internet, el escenario se puede dejar desplegado desde la oficina de tesis de maestría y por permisos suministrados el servidor FatFiet solo se puede usar dentro de la red de la universidad, se usa el espacio de la FIET (Figura 20).



Figura 20: Lugares seleccionados. Fuente: <http://www.unicauca.edu.co>.

5.2.2 Fase de experimentos en el dispositivo simulando condiciones extremas

El prototipo esta calibrado con los estándares de calidad de aire de la región colombiana por defecto, pero si se lleva a otra región con mediciones diferentes, este permite modificar los niveles de alerta según las necesidades de cada usuario o lugar al que pertenezca.

Debido a la reglamentación colombiana, una alerta no se puede generar hasta que un lugar se expone un tiempo determinado a algún tipo de contaminante descrito en la Tabla 4. Por eso para esta experimentación se calibró el tiempo de exposición de acuerdo a la Tabla 9.

Color	Categoría	MP ₁₀ µg/m ³ 24 horas	MP _{2.5} µg/m ³ 24 horas	CO µg/m ³ 8 horas	SO ₂ µg/m ³ 1 hora	NO ₂ µg/m ³ 1 hora	O ₃ µg/m ³ 8 horas
Tiempo de exposición simulado		12 min	12 min	4 min	0.5 min	0.5 min	4 min
Verde	Buena	0 - 54	0 - 12	0 - 5094	0 - 93	0 - 100	0 - 106
Amarillo	Aceptable	55 - 154	13 - 37	5095 - 10819	94 - 197	101 - 189	107 - 138

Color	Categoría	MP ₁₀ µg/m ³ 24 horas	MP _{2.5} µg/m ³ 24 horas	CO µg/m ³ 8 horas	SO ₂ µg/m ³ 1 hora	NO ₂ µg/m ³ 1 hora	O ₃ µg/m ³ 8 horas
Naranja	Dañina a la salud de grupos sensibles	155 - 254	38 - 55	10820 - 14254	198 - 486	190 - 677	139 - 167
Rojo	Dañina a la salud	255 - 354	56 - 150	14255 - 17688	487 - 797	678 - 1221	168 - 207
Violeta	Muy dañina a la salud	355 - 424	151 - 250	17689 - 34862	798 - 1583	1222 - 2349	208 - 393
Marrón	Peligrosa	425 - 604	251 - 500	34863 - 57703	1584 - 2629	2350 - 3853	394

Tabla 9: Concentración y tiempos de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia con respecto a los tiempos utilizados para la simulación. Fuente: propia

La Tabla 9 está dada con respecto a la Tabla 6, expuesta en el capítulo cuatro. Esto se realiza con el fin de agilizar los tiempos en las pruebas y para que los usuarios puedan verificar las alertas en contaminación de aire.

Para someter el prototipo a pruebas extremas las estaciones meteorológicas que suministran de información al sistema se calibran de la siguiente forma:

- Estaciones meteorológicas desarrolladas de forma física (Raspberry Pi con potenciómetros que permite controlar el valor de los datos a emitir) ver Figura 21 y Figura 22.
- Estaciones meteorológicas emuladas a través de virtual box corriendo un entorno de raspberry pi generando datos aleatorios controlados en un margen para así simular situaciones extremas (el código de este es el mismo de raspberry pi solo que montado sobre virtual box).

- Simulador de estaciones meteorológicas (Se encuentra en el servidor FatFiet), diseñado para emitir información de sensores controlados y así generar situaciones extremas.

Para el rango de alcance de la alerta se calibra a 40 metros de distancia del sensor es decir después de que se arranque la prueba se sometan las estaciones meteorológicas a valores extremos y esté listo para emitir alertas de calidad de aire, se configura el dispositivo de tal forma de que esas alertas se activen cuando la persona este a 40 metros de la estación meteorológica que está emitiendo la alerta. Esta prueba se hace con esta distancia determinada ya que el GPS de los equipos celulares tiene aproximadamente 10 metros de error en la información que se provee [1].

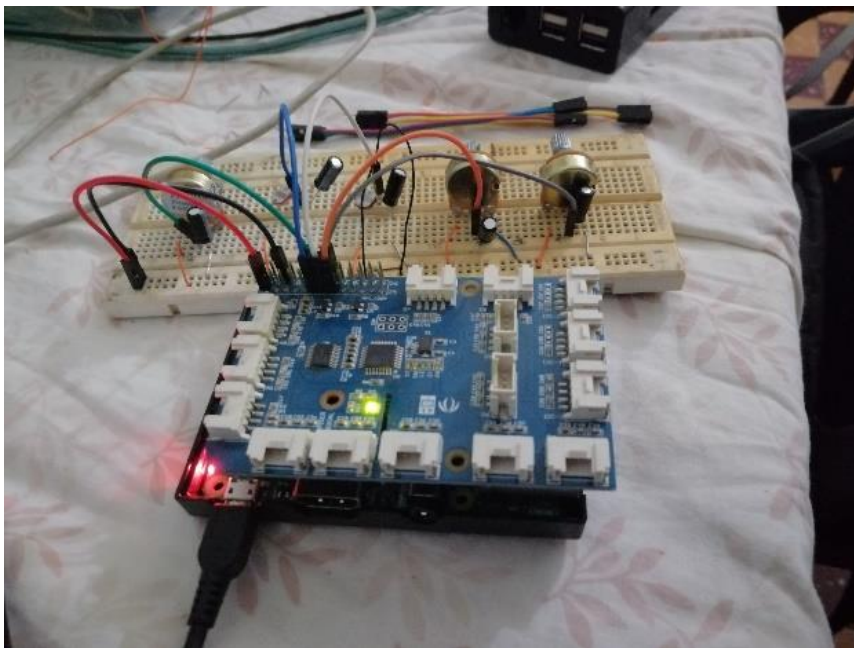


Figura 21: Circuito para el primer objeto inteligente para el escenario. Fuente propia.



Figura 22: Circuito para el segundo objeto inteligente para el escenario. Fuente propia.

5.2.3 Fase de selección de las personas que realizaran la experiencia

Se seleccionaron dos estudiantes de maestría de Unicauca con conocimientos en IoT, un estudiante de ingenierías, un estudiante de fonoaudiología, un estudiante de derecho y un ama de casa y una persona jubilada. Estas son personas que no tienen ningún tipo de relación con las personas que realizan el experimento ya que de esta manera los datos son así más óptimos.

La idea de buscar personas de diferentes áreas con diversos conocimientos es obtener una evaluación más heterogénea. De igual forma, el ideal es llegar a la

mayor cantidad de personas posibles, empoderarlas de información y de esta manera ayudarles a evitar espacios de mala calidad de aire.



Figura 23: Imagen usuarios interactuando con el prototipo. Fuente propia.

5.2.4 Fase de realización de la experiencia

A continuación, se describen los pasos seguidos para la recolección de evidencia:

- Dado que el objetivo de este prototipo es llegar a cualquier tipo de persona y proporcionarles información, se da una leve introducción sobre Objetos inteligentes, aplicaciones móviles, Escenarios de interacción semántica y red social.
- Se da a conocer al usuario el objeto de la evaluación.
- Tras conocer lo anterior se le envía al usuario un enlace con el Apk de la aplicación y se solicita lo instale en su dispositivo.

- A continuación, se le solicita entrar a la aplicación y realizar su respectivo registro.
- Se le pide observar la interfaz y que revisen la funcionalidad mapa de dispositivos e interactúen con los servicios de ella.
- Se solicita al usuario vaya a listar dispositivo interactúe con la funcionalidad escoja alguno y comparta la información como un estado a través de la red social Facebook.
- Se solicita al Usuario publique un evento dentro de las funcionalidades de red social que tiene el prototipo y que luego la visualice. Una vez terminado esto visualice los eventos publicados por otros usuarios.

Aquí termino la primera parte de la interacción con el escenario, a continuación, para medir la oportunidad lo que hacemos es someter a situaciones extremas tanto las raspberry Pi, el emulador y el simulador.

- El usuario se ubica aproximadamente a 60 metros de la estación meteorológica que está emitiendo la alerta y camina hacia ella, una vez la alarma de contaminación suena el usuario se detiene, revisa su dispositivo y se pasa a medir la distancia en la que se detuvo de sensor.
- Este paso se repite con todos los usuarios.

Una vez terminada la experimentación los usuarios llenan la encuesta suministrada (ver Anexo D).

5.2.5 Fase de análisis y realimentación

Una vez realizada la experimentación y obtenido la información por parte de los usuarios, se procedió a organizar y analizar los datos. Se trabajó con 7 usuarios cada uno con diversos conocimiento e intereses y se evaluó la encuesta con la escala de Likert (ver Tabla 9).

NIVEL DE CONOCIMIENTO EN IOT

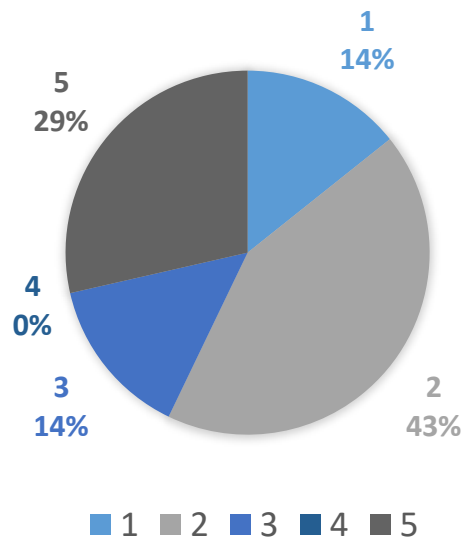


Figura 26: Nivel de conocimiento en IoT basada en la encuesta con escala de Likert Fuente propia

En esta grafica podemos ver que el nivel de conocimiento de IoT en la mayoría de las personas es bajo. Con un 43% tan solo un 29% afirma tener un buen conocimiento.

¿QUÉ TAN DIFÍCIL FUE ACCEDER A LA FUNCIONALIDAD LISTAR DISPOSITIVO Y COMPARTIR INFORMACIÓN DE ALGUNO DE ELLOS EN LOS ESTADOS DE FACEBOOK?

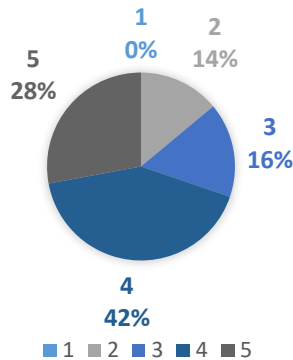


Figura 30: ¿Qué tan difícil fue acceder a la funcionalidad listar dispositivo y compartir información de alguno de ellos en los estados de Facebook? basada en la encuesta con escala de Likert. Fuente propia

Esta grafica evidencia que para los usuarios encuestados, no causo gran dificultad acceder a la función listar dispositivo y compartir la información de alguno de ellos en Facebook ya que para el 28% fue muy fácil y para el 42% fue fácil.

En resumen, los datos de la encuesta obtenida respecto a la funcionalidad y experiencia de usuario de la aplicación. (El resto de la encuesta se grafica en el anexo E y en el Anexo D encontrara la entrevista completa de cada uno de los usuarios)

Pregunta	Usuario A	Usuario B	Usuario C	Usuario D	Usuario E	Usuario F	Usuario G
1	5	5	3	2	2	2	1
2	5	5	4	4	3	3	2
3	5	5	5	4	5	4	3
4	5	5	5	4	4	4	2
5	5	5	4	4	3	3	2
6	5	5	4	4	3	3	2

Tabla 10: resumen encuesta funcionalidad y experiencia de usuario basada en la encuesta con escala de Likert. Fuente: propia

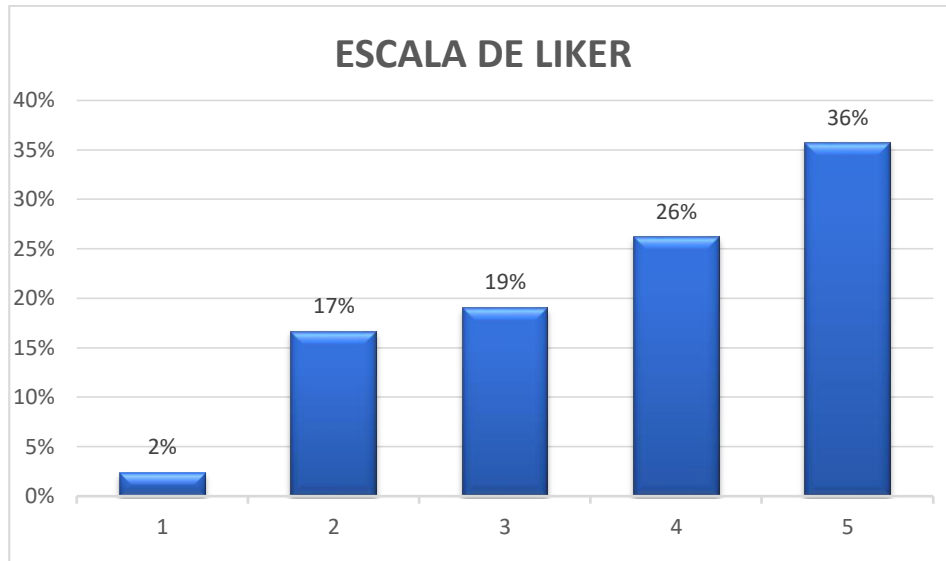


Figura 36: Porcentaje de respuestas de los usuarios según escala de liker.

Al analizar la información recolectada podemos ver, que aunque la aplicación tan solo es un prototipo. Aparentemente presenta una interfaz sencilla e intuitiva y no es un gran reto para las personas el interactuar con ella sin importar sus conocimientos o disciplina que tengan en la vida.

Realizar tareas como acceder al mapa de la información, acceder a las alertas y publicar en la red social no presenta mayor dificultad para los usuarios.

5.2.5.1 Medición De La Oportunidad

Para esto tomamos en cuenta siguiente información:

Distancia Inicial en metros (DI): Tómese como la distancia donde la persona camina hacia los sensores

Distancia Final en metros (DF): Tómese como la distancia donde la persona recibe la alerta de los sensores por contaminación de aire

Error Gps celular gama media en metros (EG): 10 metros según estudios [1]

Margen de Error (ME): $\frac{EG*100}{R} = \text{ME}$ Resultado en porcentaje

Rango de detección de sensores en metros (R): Se fija 40 metros a la redonda como el radio de detección de los sensores por parte de la aplicación para este experimento.

Exposición a contaminantes en metros (E) ((E = R - DF SI R > DF) O (E = 0 SI R <= DF)): Tómese como la cantidad de metros en los cuales la persona está expuesta a los contaminantes.

Calculo porcentaje de exposición (PE): $\frac{E}{R}*100 = \text{PE}$ Resultado en porcentaje

Como se puede observar el PE es menor que el ME por ende se toman como resultados óptimos, los cuales proporcionarán al usuario información de manera oportuna y así él se empodere de la información y decida según su conveniencia que hacer para evitar eventos de mala calidad de aire.

Se midieron los datos con respecto a la activación de alertas cuando el usuario camina hacia ellas y estos fueron los resultados

Persona	DI	DF	EG	ME	R	E	PE
Usuario A	60	34	10	25%	40	6	15%
Usuario B	60	36	10	25%	40	4	10%
Usuario C	60	32	10	25%	40	8	20%
Usuario D	60	40	10	25%	40	0	0%
Usuario E	60	43	10	25%	40	0	0%
Usuario F	60	38	10	25%	40	2	5%
Usuario G	60	36	10	25%	40	4	10%

Tabla 11: medición de exposición a contaminantes. Fuente: propia.

De esta información sale el resto de resumen de la encuesta para la medición de la oportunidad (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..)

PREGUNTA	USUARIO A	USUARIO B	USUARIO C	USUARIO D	USUARIO E	USUARIO F	USUARIO G
7	5	5	5	4	4	4	5
8	5	5	4	4	5	4	5
9	5	5	5	3	3	4	3
10	5	5	5	5	3	4	3

Tabla 12: resumen encuesta medición de la oportunidad de usuario basada en la encuesta con escala de Likert
Fuente: propia.

5.3 CONCLUSIONES CASO DE ESTUDIO SELECCIONADO

De acuerdo a los resultados obtenidos anteriormente se puede verificar la usabilidad del prototipo de la aplicación y experiencia de usuario (a través de los datos recolectados) como aparentemente buena. Los usuarios se encontraron gratamente sorprendidos por los servicios provistos.

- Prototipo de aplicación sencillo e intuitivo, que al parecer no presenta un mayor reto para las personas a pesar de que no tenga gran conocimiento en aplicaciones móviles e IoT.
- Se encuentran personas aparentemente empoderadas de información gracias a la interpretación que se le da a los datos a través del prototipo de la aplicación
- Personas aparentemente dispuestas a participar activamente en el prototipo de la aplicación mediante los mecanismos sociales que se ofrecen y así enriquecer la información que se posee, llegar a más personas y aportar a la hora de tomar una decisión sobre evitar espacios de mala calidad de aire

Por otro lado, se considera el prototipo como oportuno pues le brinda alertas adecuadas (sin tanto espacio de exposición a contaminantes) que permiten al usuario tomar la decisión de evitar espacios de mala calidad de aire o tomar medidas correctivas para que esos contaminantes sean menos nocivos para ellos, además, permite compartir esa información con otras personas que manejan el dispositivo o que simplemente tienen acceso a ella a través de Facebook.

De acuerdo a los resultados obtenidos anteriormente se puede verificar que el prototipo de la aplicación provee de los servicios (publicar, relaciones de amistad) necesarios para aportar información a la comunidad y permitir que se apropien de la misma y así evitar espacios de mala calidad del aire.

El espacio de respuesta del prototipo de la aplicación es aceptable, pero se espera con el tiempo mejoren aún más gracias a avances en la tecnología.

Esta aplicación requiere estar conectada al servicio de internet para lograr llevar la información al usuario, es decir se depende de la calidad de la conectividad y de las características de los equipos que la posean para un buen funcionamiento.

Por otro lado cabe aclarar que la experimentación se realizó con dispositivos celulares gama media “Huawei Mate 20 lite” que poseen una precisión del 25% de error en la geo localización

A favor de la aplicación esta que para que un contaminante sea dañino para una persona, deberá de tener un tiempo determinado de exposición, como los sensores están trabajando todo el tiempo, lanza alertas de un tiempo determinado y esto hace que se presente dos casos.

- **CASO 1 QUE LA PERSONA NO ESTE EN EL SITIO DE CONTAMINACION PERO SE DIRIJA A EL SITIO:** En este caso los sensores están trabajando y detectan la contaminación y están prestos a lanzar la alerta cuando la persona con su dispositivo entre en la zona de influencia.
Al lanzar la alerta el usuario tiene el tiempo de ver la alerta y decidir si cambia de rumbo, usa tapabocas o algún otro método para evitar estar expuesto a la mala calidad del aire. Debido a que los contaminantes necesitan de un tiempo determinado de exposición para hacer daño al ser humano.
- **CASO 2 QUE LA PERSONA ESTE EN EL SITIO DE CONTAMINACION:** El dispositivo generara una alerta y la idea es que la persona desaloje el sitio para evitar el espacio de mala calidad del aire ya que en este momento son nocivos para el ser humano.

CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

Este capítulo describe inicialmente las principales conclusiones del trabajo realizado a las que se llegó durante su desarrollo y posteriormente se propone los trabajos futuros.

6.1 CONCLUSIONES DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS

- Se creó un modelo de un ecosistema social de objetos Inteligentes IoT, para la medición de variables relacionadas a la contaminación del aire en entornos particulares.
- Se logró ampliar la arquitectura de interoperabilidad semántica propuesta por Niño [8] la cual permite crear un ecosistema social de objetos inteligentes IoT.
- Se definieron mecanismos de interacción social para los objetos del ecosistema social de objetos inteligentes IoT.
- Se parametrizaron las variables físicas a medir y los niveles de alerta de acuerdo a la reglamentación colombiana, además de un mecanismo que permite gestionar los datos medidos en el ecosistema social y objetos inteligentes IoT, de acuerdo a un estándar para compartir con terceros.
- Se desarrolló un aplicación que tomo como base el modelo propuesto, mediante un prototipo de aplicación móvil que permita monitorear la información de calidad del aire en un entorno urbano bien definido, con el fin de generar alertas en tiempo real sobre los eventos de contaminación del aire a los usuarios.

- Se evaluó la funcionalidad y experiencia de usuario del prototipo de la aplicación móvil desarrollada, y se verificó la efectividad de las alertas generadas sobre los eventos de la mala calidad del aire, a través de la medición de la oportunidad de la información recibida por parte de los usuarios. Para esto se construyeron físicamente, se simularon y se emularon objetos inteligentes que permitieron medir las variables físicas de contaminación del aire en espacios controlados en la ciudad de Popayán.

6.2 CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- Con base en el modelo propuesto y la prueba de concepto se aportó evidencia de que es posible crear una aplicación móvil que permita monitorear lugares de mala calidad de aire utilizando el ecosistema instalado, permitiéndole a las personas obtener una información oportuna para evitar o prevenir la exposición en estos espacios y así cuidar su salud y la de las demás personas.
- Las mecánicas sociales IoT implementadas en la aplicación aparentemente fueron un factor importante para que los usuarios enriquecieran la información de una alerta.
- Este trabajo puede ser de gran ayuda para entes de seguridad ciudadana como los bomberos, pues si en base a este modelo se desarrolla una aplicación y se despliegan físicamente los sensores correspondientes al desastre podría dar alertas tempranas de incendios.

6.3 TRABAJOS FUTUROS

- Adaptar el modelo para que trabaje en cualquier tipo de desastre medio ambiental y así aportar a bomberos, Policial Nacional, Defensa Civil, Cruz Roja y demás entes de seguridad ciudadana.
- Agregar un módulo de análisis de datos a través de herramientas de Inteligencia artificial que permita brindar una información más oportuna a los usuarios mediante diversas predicciones.
- Desarrollar aún más Diovento y así aprovechar toda la potencialidad que tiene este modelo con respecto a la información que le puede brindar a los usuarios.
- Incorporar a la aplicación elementos de gamificación que motive a los usuarios a usar la aplicación y usar la red social y así permita enriquecer la información a todos los usuarios.
- Implementar un control de la información compartida por los usuarios de la aplicación en la red social para que esta enriquezca el evento y no termine desinformando a las personas.
- Implementar mecanismos de seguridad en informática para así evitar ataques a la aplicación y a la información.
- Realizar una evaluación de funcionalidad y experiencia de usuario con un nicho de prueba más grande y así lograr ser más certeza en las conclusiones del prototipo y modelo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] D. J. Jacob and D. A. Winner, "Effect of climate change on air quality," *Atmospheric Environment*, vol. 43, pp. 51-63, 1// 2009.
- [2] J. Isassi, "Cambio climático y ecosistemas digitales: Las narrativas transmedia como nuevas prácticas comunicativas," *Razón y Palabra*, p. 17, 2015.
- [3] R. San Jose, J. L. perez, I. perez, J. Pecci, A. Garzon y M. Palaios, "Direct Impacts of Global Climate Change on Urban Areas", *International Journal of Environmental Science and Development*, vol. 8, p. 208:215, 2017.
- [4] A. M. Hernandez, A. V. Bohorquez, F. M. Pinzon, L. E. Guzman y Y. A. Moreno, "Informe del estado de Calidad de Aire en Colomoa IDEAM", Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 3 Diciembre 2012. [En línea]. Available:
<http://www.ideam.gov.co/documents/51310/68521396/5.+Informe+del+estado+de+la+calidad+del+aire+2007-2010.pdf/52d841b0-afd0-4b8e-83e5-444c3d17ed29?version=1.0>. [Último acceso: 15 Marzo 2018].
- [5] A. . M. Hernández y O. J. Guerrero Molina, "Informe estado de Calidad del Aire en Colombia", IDEAM, Bogota, 2016.
- [6] J. C. Belausteguigoitia, I. Klytchnikova, E. Golub, G. Sanchez, R. Pasternack, S. Sanchez, *et al.*, "Colombia: Strengthening Environmental and Natural Resources Institutions" Banco Mundial, Bogotá 2012.
- [7] IDEAM, "Contaminacion Atmosferica", Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 9 diciembre 2014. [En línea]. Available:
<http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/calidad-del-aire>. [Último acceso: 3 abril 2018].
- [8] M. A. Niño-Zambrano, "Interacción Semántica de Objetos en La Web de las Cosas," PhD PhD, Departamento de sistemas, Universidad del Cauca, Popayán, 2016.

- [9] Hoyos, C. (2000). Un modelo para investigación documental: guía teórico-práctica sobre construcción de Estados del Arte con importantes reflexiones sobre la investigación, Señal Editora.
- [10] Serrano, C. E. (2008). Modelo para la Investigación Documental. Modelo Integral para el Profesional en Ingeniería. U. d. Cauca. Popayán.
- [11] L. Yuxi and Z. Guohui, "Key Technologies and Applications of Internet of Things," in *2012 Fifth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA)*, 2012, pp. 197-200.
- [12] S. S. Mathew, Y. Atif, Q. Z. Sheng, and Z. Maamar, "Web of things: Description, discovery and integration," in *2011 International Conference on and 4th International Conference on Cyber Internet of Things (iThings/CPSCoM)*, , *Physical and Social Computing*, pp. 9-15, 2011.
- [13] P. Guillemin and P. Friess, *Internet of things strategic research roadmap*, 2009.
- [14] P. E. Estrada-Martinez and J. A. Garcia-Macias, "Semantic interactions in the Internet of Things," *Int. J. Ad Hoc Ubiquitous Comput.*, vol. 13, pp. 167-175, 2013.
- [15] Enabling IoT platforms for social IoT applications Vision, feature.
- [16] L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, and M. Nitti, "The Social Internet of Things (SIoT) When social networks meet the Internet of Things: Concept, architecture and network characterization," *Comput. Netw.*, vol. 56, no. 16, pp. 3594–3608, 2012.
- [17] Understanding social and behavioral drivers and impacts of air quality sensor use.
- [18] G. D. Abowd, A. K. Dey, P. J. Brown, N. Davies, M. Smith, and P. Steggle, "Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness," presented at the Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing, Karlsruhe, Germany, 1999.
- [19] Q. Wei and Z. Jin, "Service discovery for internet of things: a context-awareness perspective," presented at the Proceedings of the Fourth Asia-Pacific Symposium on Internetware, Qingdao, China, 2012.

- [20] C. Perera, A. Zaslavsky, P. Christen, and D. Georgakopoulos, "Context aware computing for the internet of things: A survey," *Communications Surveys & Tutorials, IEEE*, vol. 16, pp. 414-454, 2014.
- [21] K.-L. Skillen, L. Chen, C. D. Nugent, M. P. Donnelly, W. Burns, and I. Solheim, "Ontological user modelling and semantic rule-based reasoning for personalisation of Help-On-Demand services in pervasive environments," *Future Generation Computer Systems*, vol. 34, pp. 97-109, 2014.
- [22] T. BERNERS-LEE, J. HENDLER, and O. LASSILA, "The Semantic Web," *Scientific American*, pp. 28-37, 2001.
- [23] F. Scioscia and M. Ruta, "Building a Semantic Web of Things: Issues and Perspectives in Information Compression," in *Semantic Computing, 2009. ICSC '09. IEEE International Conference on*, 2009, pp. 589-594.
- [24] A. M. Nagib and H. S. Hamza, "SIGHTED: A Framework for Semantic Integration of Heterogeneous Sensor Data on the Internet of Things," *Procedia Computer Science*, vol. 83, pp. 529-536, // 2016.
- [25] J. D. Pabón and R. S. Nicholls, "El cambio climático y la salud humana," *Biomédica*, vol. 25, pp. 5-8, 2005.
- [26] R. González, *Plataforma autónoma de comunicación para la publicación de datos de estaciones meteorológicas desarrollada con herramientas de software libre*, 2012.
- [27] F. S. Castillo and D. C. Moncayo, *Prototipo de monitoreo ambiental aplicando el Internet de las cosas con Arduino y Cloud Computing: dspace.uazuay.edu.ec*, 2015.
- [28] T. Santillán, D. Miguel, and V. C. Silva, *Análisis de interoperabilidad de plataformas IoT aplicado al desarrollo de un sistema de monitoreo de polución de aire para la ESPOCH: dspace.esPOCH.edu.ec*, 2016.
- [29] J. M. Calderón, *Diseño de un sistema de monitoreo de incendios forestales en tiempo real basado en internet de las cosas y plataformas como servicio en la nube: repositorio.puce.edu.ec*, 2016.
- [30] G. Jacobi, "Redes de sensores para control de las aguas en la Ciudad del Futuro," *repositorio.udesA.edu.ar*, 2016.

- [31] Climatewatch, "Historical GHG Emissions", 2018, <https://www.climatewatchdata.org>
- [32] J. Surowiecki, *The Wisdom of Crowds*, Doubleday, 2004.
- [33] A. Mislove, K.P. Gummadi, P. Druschel, Exploiting social networks for Internet search, in: *Proc. of ACM HotNets 2006*, November 2006.
- [34] Baldoni R , Contenti RM , Virgillito A . The evolution of publish/subscribe communication systems. In: *Future directions of distributed computing*, vol. 2584; 2003. p. 137–41.
- [35] L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, The Internet of things: a survey, *Computer Networks* 54 (15) (2010) 2787–2805.
- [36] S. Sarma, D. Brock, K. Ashton, *The Networked Physical World: Proposals for the Next Generation of Computing Commerce, and Automatic Identification*, AutoID Center White Paper, 1999.
- [37] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "SloT: Giving a social structure to the Internet of Things," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 15, no. 11, pp. 1193–1195, Nov. 2011.
- [38] L. Atzori, D. Carboni, and A. Iera, "Smart things in the social loop: Paradigms, technologies, and potentials," *Ad Hoc Netw.*, vol. 18, pp. 121–132, Jul. 2014.
- [39] D. Guinard, "A web of things application architecture: Integrating the realworld into the web," Ph.D. dissertation, ETH Zurich, Zurich, Switzerland, 2011.
- [40] A. Pintus, D. Carboni, and A. Piras, "PARAIMPU: A platform for a social web of things," in *Proc. 21st Int. Conf. Companion World Wide Web*, 2012, pp. 401–404.
- [41] C. Zhang, C. Cheng, and Y. Ji, "Architecture design for social web of things," in *Proc. 1st Int. Workshop Context Discovery Data Mining*, 2012, p. 3-10.
- [42] L. Console, "Interacting with social networks of intelligent things and people in the work of gastronomy," *ACMTrans. Interact. Intell. Syst. (TIIS)*.
- [43] J. I. Vazquez and D. Lopez-De-Ipina, "Social devices: Autonomous artifacts that communicate on the internet," in *The Internet of Things*. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2008, pp. 308–324.

- [44] D. Guinard, M. Fischer, and V. Trifa, "Sharing using social networks in a composable web of things," in Proc. 8th IEEE Int. Conf. Pervasive Comput. Commun. Workshops (PERCOM), 2010, pp. 702–707.
- [45] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "Making things socialize in the Internet— Does it help our lives?" in Proc. ITU Kaleidoscope: The Fully Networked Human?—Innovations for Future Networks and Services (K-2011), 2011, pp. 1–8.
- [46] A. Ciortea, O. Boissier, A. Zimmermann, and A. M. Florea, "Reconsidering the social web of things: Position paper," in Proc. ACM Conf. Pervasive Ubiquitous Comput. Adjunct Publication, ser. UbiComp'13 Adjunct, 2013, pp. 1535–1544 [Online].
- [47] V. Y. D. T. MINISTERIO DE AMBIENTE, «Resolución Número 601 Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio,» MINAMBIENTE, 4 ABRIL 2016. [En línea]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/59-Resoluci%C3%B3n%20601%20de%202006%20-%20calidad%20del%20aire.pdf>. [Último acceso: 20 MAYO 2018].
- [48] A. Pabón and J. Rojas, "MODELO ONTOLÓGICO PARA MANEJO DE PERFILES DE USUARIO EN LA IoT " Universidad del Cauca, 2017.
- [49] D. Riobamba and S. Guerrero, "ESCENARIO DE INTERACCION SEMÁNTICA DE OBJETOS INTELIGENTES EN LA WoT," Universidad del Cauca, 2016.
- [50] J. A. SAGÑAY CHUCUR, "DETERMINAR Y COMPARAR LA PRECISIÓN EN LOS DISPOSITIVOS MÓVILES ANDROID DE GAMA MEDIA Y ALTA EN MODO SPS VS A-GPS POR LA RED MÓVIL", *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*, p. 120, 2018.
- [51] PANAGIOTIS KASNESIS, CHARALAMPOS Z. PATRIKAKIS, DIMITRIS KOGIAS, LAZAROS TOUMANIDIS, AND IAKOVOS S. VENIERIS, "COGNITIVE FRIENDSHIP AND GOAL MANAGEMENT FOR THE SOCIAL IOT" NETWORK CHARACTERIZATION. ELSEVIER COMPUT NETW., 2016.

[52] P. V. MARSDEN y N. LIN (eds.), *Social structure and network analysis*, Beverly Hills (Calif.), 1982.

Anexo A

Contexto

El contexto puede ser modelado a través de cuatro fases propuestas por Perera: adquisición, modelado, razonamiento y distribución. Este proyecto, reutiliza el modelado del contexto desarrollado por Pabon y Rojas [48], el cual ya está inmerso en la arquitectura ampliada de objetos inteligentes de la IoT. A continuación, se presentan las fases del que pueden seguir aplicaciones enfocadas en la construcción de contexto [20].

- **Adquisición:** El contexto puede ser adquirido de diferentes fuentes como sensores físicos o virtuales. Algunas de las técnicas utilizadas son:
 - **Basadas en responsabilidad:** La adquisición de los datos puede ser lograda mediante el método *push*, donde el componente software hace consultas periódicas al hardware del sensor; o mediante el método *pull*, donde el sensor entrega los datos al componente

software de forma periódica o instantánea, sin necesidad de realizar ningún tipo de consulta.

- **Basada en frecuencia:** Cuando se genera el contexto se puede realizar en dos tipos de eventos:
 - ✓ **Eventos instantáneos:** Los cuales ocurren solo en un instante de tiempo, como abrir o cerrar una puerta o encender o apagar la luz.
 - ✓ **Eventos de intervalo:** En este caso, los eventos que tienen una duración de un periodo de tiempo.

- **Basado en el origen:** Dependiendo de la procedencia del contexto, los métodos usados para su adquisición son:
 - ✓ Adquirido directamente desde el hardware del sensor.

 - ✓ Adquirido a través de una infraestructura middleware.

 - ✓ Adquirido de servidores de contexto, tales como bases de datos o servidores web.

- **Basado en los tipos de sensores.**

- ✓ Sensores físicos (Sensores tangibles y generan datos por sí mismos).
- ✓ Sensores Virtuales (No tienen presencia física, generalmente utilizan servicios web para enviar y recibir datos).
- ✓ Sensores Lógicos (Sensores Software, combinación de sensores físicos y virtuales).
- **Basados en el proceso de adquisición:** la adquisición del contexto puede ser:
 - ✓ **Detección:** los datos se detectan a través de los sensores directamente.
 - ✓ **Derivación:** para obtener la información se realizan operaciones computacionales sobre los datos del sensor (Por ejemplo, llamadas a servicios web, funciones matemáticas).
 - ✓ **Manualmente:** se adquiere por medio de opciones de configuración predefinidas proporcionadas por los usuarios. los usuarios proporcionan información de contexto mediante ajustes predefinidos, como preferencias.

- **Modelado:** Corresponde a la segunda fase y se refiere a la forma de representar el contexto, para ello se llevan a cabo los siguientes pasos:
 - **Proceso de modelado de contexto:** La nueva información de contexto se define en términos de atributos, características y la calidad de los atributos del contexto.
 - **Organizar el contexto de acuerdo al modelo:** Se valida el resultado del paso anterior y este es almacenado en los repositorios de información existentes.

La información necesaria para modelar el contexto depende del problema, y no existen estándares para especificarla. Por otro lado, existen técnicas para modelar el contexto dependiendo de las necesidades y del dominio de la aplicación, entre las más populares se encuentran:

- **Modelado Llave-Valor:** La información se almacena en parejas Llave-valor, esta técnica presenta las siguientes limitaciones: (i) no es escalable, (ii) no admite estructuras de datos complejas, (iii) es difícil recuperar eficientemente la información modelada y (iv) se usa para almacenar temporalmente datos no complejos como preferencias de usuario.

- **Modelado por marcado de esquema:** Es una mejora a la técnica llave-valor. Utiliza etiquetas para almacenar el contexto. Una ventaja es que permite recuperar datos eficientemente. Se usa en aplicaciones de dominio para almacenar datos temporalmente, transferir datos entre aplicaciones y transferir datos entre componentes de aplicaciones. No permite realizar razonamiento, puesto que los lenguajes de marcado tienen poca expresividad.
- **Modelado Gráfico:** Esta técnica permite modelar el contexto con sus relaciones, ofreciendo más expresividad. Ejemplo UML, ORM (Object - Relational mapping). Dentro de sus principales ventajas están su facilidad de comprensión, aprendizaje y capacidad de almacenamiento, además permiten almacenar el contexto de manera persistente. Sin embargo, presenta dificultades como: (i) se dificulta la interoperabilidad al tener implementaciones diferentes, (ii) ante contextos complejos se requieren consultas complejas, (iii) en etapas avanzadas es difícil adicionar información de contexto y modificar la estructura de los datos.
- **Modelado basado en objetos:** Permite modelar datos usando jerarquías de clases y relaciones. Entre las ventajas se puede decir que promueven la encapsulación y la reusabilidad. Dado que los lenguajes de alto nivel soportan estos conceptos, se puede integrar a un sistema contexto - conciencia sin dificultades.

- **Modelado basado en lógica:** Es un modelo muy expresivo, por ende, permite realizar razonamiento, se basa en la representación de hechos, expresiones y reglas. Facilita la extracción de información de contexto de alto nivel usando contexto de bajo nivel, por otro lado, al no tener definidos estándares, se tiene menos reusabilidad y aplicabilidad. Este modelo puede ser usado como apoyo para otras técnicas.

- **Modelado basado en ontologías:** Es uno de los mecanismos preferidos para modelar el contexto, utiliza tecnologías semánticas. Como desventajas tiene la cantidad de tiempo y la capacidad computacional que se requieren a la hora de procesar grandes cantidades de datos.

- **Razonamiento:** Permite obtener información del modelo que se generó en la fase anterior y entenderlo mejor. El rendimiento del razonamiento puede ser medido usando métricas de eficiencia, robustez, completitud e interoperabilidad. Para el razonamiento, Perera, et al. [20] proponen las siguientes fases:
 - **Preprocesamiento del contexto:** ejecutar procesos que ayuden a corregir anomalías como datos incompletos, valores atípicos o inexactos.

- **Fusión de los datos del sensor:** combinar los datos provenientes de diferentes sensores para recolectar información completa y confiable.
- **Inferencia de contexto:** genera información a partir de contextos de bajo nivel.

Existen varias técnicas de razonamiento de contexto, entre las más populares están:

- Aprendizaje supervisado.
- Aprendizaje no supervisado.
- Reglas.
- Lógica difusa.
- Basado en ontologías.
- Lógica probabilística.

Estas técnicas se deben combinar de tal manera que se reduzcan sus debilidades y se complementen entre sí incrementando la posibilidad de éxito.

- **Distribución:** Proporciona métodos para entregar el contexto a los consumidores. Entre los métodos están:
 - Métodos de consultas: El sistema gestor de contexto recibe una consulta del consumidor y entrega los resultados.

- Métodos de suscripción: Utilizado típicamente en procesamiento en tiempo real, en este método, el consumidor se suscribe a un sensor o a un evento, el cual le retornará resultados periódicamente o cuando un evento ocurra.

A continuación, se muestran las historias de usuario, el diagrama de clases y los diagramas de secuencia de la aplicación móvil que se desarrolló como prototipo para aplicar la arquitectura.

Anexo B

1. Normativas Internacionales

Resaltan los siguientes referentes:

- Convenio de Viena
- Protocolo de Montreal
- Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).
- Protocolo de Kioto.

2. Normativas medioambientales en Colombia

Colombia, desde el inicio de las negociaciones y tratados referentes al cambio climático a nivel mundial, ha estado preparándose para tomar medidas que permitan contribuir con la mitigación y reducción de los GEI, que son los grandes responsables del cambio de temperatura de la tierra. A raíz de esto, se ha adoptado y propuesto una serie de normas a través de sus autoridades ambientales como el Ministerio de Ambiente, las gobernaciones y las alcaldías. Dentro de las normas más importantes que se han tomado en relación con esta temática se encuentran las siguientes:

- Ley 29 de 1992: esta ley aprueba el protocolo de Montreal.
- Ley 164 de 1994: aprueba en Colombia el tratado establecido mediante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).
- Ley 629 de 2000: aprueba el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Resolución 2733 y 2734 de 2010.
- Resolución 0610 de 2010: establece la Norma de Calidad del aire y modifica la resolución 601 de 2006.
- Decreto 1076 de 2015: establece el Decreto Único reglamentario del sector Ambiente y desarrollo Sostenible.
- Política nacional de cambio climático 2016 (PNCC): a nivel nacional se propone una política cuyo objetivo principal es promover una gestión del cambio climático que permita mitigar los efectos propios de este fenómeno y además facilite alcanzar las metas que tiene Colombia en este sentido tanto a nivel nacional como internacional.
- Decreto 298 del 24 de febrero de 2016: establece el sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA).

Anexo C

Historias de usuario

HU - 01	
Historia de Usuario	
Número: 01	Nombre: Inicio de sesión por Facebook
Usuario: Cliente de la aplicación móvil	
Modificación de Historia Número:	Iteración Asignada:
Prioridad en Negocio: Alta	Puntos Estimados:

(Alta / Media / Baja)	
Riesgo en Desarrollo: Media (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales:
<p>Descripción:</p> <p>La aplicación despliega un botón con el logo de Facebook, cuya función es validar si el usuario se encuentra registrado en esa red social y así poder acceder a la siguiente vista, de lo contrario el cliente no puede utilizar la aplicación Diovento.</p>	
<p>Excepciones :</p> <ul style="list-style-type: none"> • El cliente debe tener instalada la aplicación Diovento en su dispositivo móvil android. • El cliente de la aplicación debe estar registrado en la red social de Facebook. 	

<p>HU – 02</p> <p>Historia de Usuario</p>	
Número: 02	Nombre: Insertar parámetros de referencia
Usuario: Cliente de la aplicación móvil	

Modificación de Historia Número:	Iteración Asignada:
Prioridad en Negocio: Media (Alta / Media / Baja)	Puntos Estimados:
Riesgo en Desarrollo: Media (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales:
Descripción: La aplicación despliega una vista que contiene un formulario, con el fin que el cliente ingrese los valores de referencia (Dióxido de azufre, Dióxido de nitrógeno, Monóxido de carbono, Ozono, Material particulado y material particulado total) los cuales sirven como referencia para medir el nivel de contaminación del aire.	
Excepciones: <ul style="list-style-type: none">• La aplicación valida que se ha diligenciado los 6 parámetros de referencia de lo contrario no permite continuar a la siguiente vista, hasta que se diligencien por completo.• La aplicación despliega el teclado del teléfono móvil solo con números para evitar que el usuario ingrese letras o caracteres especiales.• Debe haberse ejecutado la HU - 01, para poder insertar los parámetros de referencia.	

HU – 03	
Historia de Usuario	
Número: 03	Nombre: Vista principal aplicación.
Usuario: Cliente de la aplicación móvil.	
Modificación de Historia Número:	Iteración Asignada:
Prioridad en Negocio: Media (Alta / Media / Baja)	Puntos Estimados:
Riesgo en Desarrollo: Media (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales:
<p>Descripción:</p> <p>Permite al cliente de la aplicación, acceder a los servicios como: ubicación geográfica, búsqueda y listado de dispositivos de monitoreo, publicación de eventos, ajuste de parámetros y activación de notificaciones.</p>	
<p>Excepciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Debe haberse ejecutado la HU-01, para poder mostrar la vista principal de la aplicación. 	

HU – 04	
Historia de Usuario	
Número: 04	Nombre: Mapa de sensores
Usuario: Cliente de la aplicación móvil	
Modificación de Historia Número:	Iteración Asignada:
Prioridad en Negocio: Media (Alta / Media / Baja)	Puntos Estimados:
Riesgo en Desarrollo: Media (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales:
<p>Descripción:</p> <p>Al dar click en el botón Mostrar Sensor la aplicación despliega una vista que muestra en un mapa los dispositivos dispersos geográficamente. En esta vista se pueden visualizar los dispositivos como marcadores en el mapa, estos marcadores tienen un código de color que se muestra en rojo cuando el dispositivo registra datos con valores mayores a los parámetros de referencia y verde cuando están por debajo.</p>	
<p>Excepciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Debe haberse ejecutado la HU-01, para poder mostrar la vista de mapa de sensores. 	

Observaciones:

- El marcador que se muestra de color azul siempre representa la ubicación actual del dispositivo móvil del cliente.

HU – 05

Historia de Usuario

Número: 05

Nombre: Seleccionar un dispositivo en el mapa

Usuario: Cliente de la aplicación móvil

Modificación de Historia Número:

Iteración Asignada:

Prioridad en Negocio: Media

(Alta / Media / Baja)

Puntos Estimados:

Riesgo en Desarrollo: Media

(Alto / Medio / Bajo)

Puntos Reales:

Descripción:

- El usuario puede seleccionar cualquiera de los dispositivos representados en el mapa a través de los marcadores, una vez el usuario selecciona un marcador se despliega una vista con la información detallada del dispositivo como: El nombre del dispositivo, la ubicación, los parámetros de referencia que registra y un botón para compartir los datos en Facebook.

- El usuario puede regresar al mapa por medio del botón atrás del dispositivo móvil.

HU – 06	
Historia de Usuario	
Número: 06	Nombre: Listar sensores
Usuario: Cliente de la aplicación móvil	
Modificación de Historia Número:	Iteración Asignada:
Prioridad en Negocio: Media (Alta / Media / Baja)	Puntos Estimados:
Riesgo en Desarrollo: Media (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales:
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Al darle click en el botón Listar Sensores la aplicación muestra una vista que contiene un listado de todos los dispositivos, este listado contiene el nombre del dispositivo junto a un cuadro que muestra el color de acuerdo a los niveles registrados en los parámetros de referencia. • El usuario puede regresar a la vista principal por medio del botón atrás del 	

dispositivo móvil.
<p>Excepciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Debe haberse ejecutado la HU-01, para poder mostrar la vista lista de sensores.

HU – 07	
Historia de Usuario	
Número: 06	Nombre: Seleccionar dispositivo desde la lista de sensores
Usuario: Cliente de la aplicación móvil	
Modificación de Historia Número:	Iteración Asignada:
Prioridad en Negocio: Media (Alta / Media / Baja)	Puntos Estimados:
Riesgo en Desarrollo: Media (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales:
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuando el usuario da click sobre alguno de los dispositivos que están en la lista, en la aplicación se despliega una vista con la información detallada del dispositivo como: El nombre del dispositivo, la ubicación, los 	

parámetros de referencia que registra y un botón para compartir los datos en Facebook.

- El usuario puede regresar a la vista anterior por medio del botón atrás del dispositivo móvil.

Excepciones:

- Debe haberse ejecutado la **HU-01**, para poder mostrar la vista actual.

HU – 08	
Historia de Usuario	
Número: 08	Nombre: Buscar Sensor
Usuario: Cliente de la aplicación móvil	
Modificación de Historia Número:	Iteración Asignada:
Prioridad en Negocio: Media (Alta / Media / Baja)	Puntos Estimados:
Riesgo en Desarrollo: Media (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales:

Descripción:

- Cuando el cliente da click en el botón **Buscar Sensor** la aplicación muestra un formulario en el cual se pide al usuario digitar el id del dispositivo.
- Si se encuentra el dispositivo, la aplicación despliega una vista con la información detallada del dispositivo como: El nombre del dispositivo, la ubicación, los parámetros de referencia que registra y un botón para compartir los datos en Facebook.
- En caso de no encontrar el dispositivo seleccionado se mostrara un mensaje de error indicando que el dispositivo no ha podido ser encontrado.

Excepciones:

- Debe haberse ejecutado la **HU-01**, para poder mostrar la vista actual.

HU – 09	
Historia de Usuario	
Número: 09	Nombre: Publicar Evento
Usuario: Cliente de la aplicación móvil	
Modificación de Historia Número:	Iteración Asignada:
Prioridad en Negocio: Media (Alta / Media / Baja)	Puntos Estimados:

Riesgo en Desarrollo: Media (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales:
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Al darle click en el botón Publicar Evento la aplicación abre la cámara del teléfono, si el cliente de la aplicación toma la foto se despliega un formulario en el que se pide diligenciar el título del evento y una descripción. • Finalmente al dar click en el botón Enviar se le muestra un mensaje de confirmación al usuario que el evento ha sido guardado exitosamente y la aplicación regresa a la vista principal. • El usuario puede deshacer los cambios si no ha dado click en el botón Enviar a través del botón atrás del dispositivo móvil. 	
Excepciones: <ul style="list-style-type: none"> • Debe haberse ejecutado la HU-01, para poder mostrar la vista actual. 	

HU – 10 Historia de Usuario	
Número: 10	Nombre: Visualizar Eventos
Usuario: Cliente de la aplicación móvil	
Modificación de Historia Número:	Iteración Asignada:

<p>Prioridad en Negocio: Media (Alta / Media / Baja)</p>	<p>Puntos Estimados:</p>
<p>Riesgo en Desarrollo: Media (Alto / Medio / Bajo)</p>	<p>Puntos Reales:</p>
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Al momento de dar click en el botón Visualizar Eventos se despliega un listado de los eventos publicados por los demás clientes de la aplicación móvil, este listado contiene el título del evento, la fecha y hora de publicación, los detalles del evento y la foto que el usuario que lo público le tomo desde su dispositivo móvil. • Para regresar a la vista principal el usuario debe dar click en el botón atrás del dispositivo móvil. 	
<p>Excepciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Debe haberse ejecutado la HU-01, para poder mostrar la vista actual. 	

<p>HU – 11 Historia de Usuario</p>	
<p>Número: 11</p>	<p>Nombre: Vista detallada de cada evento</p>
<p>Usuario: Cliente de la aplicación móvil</p>	

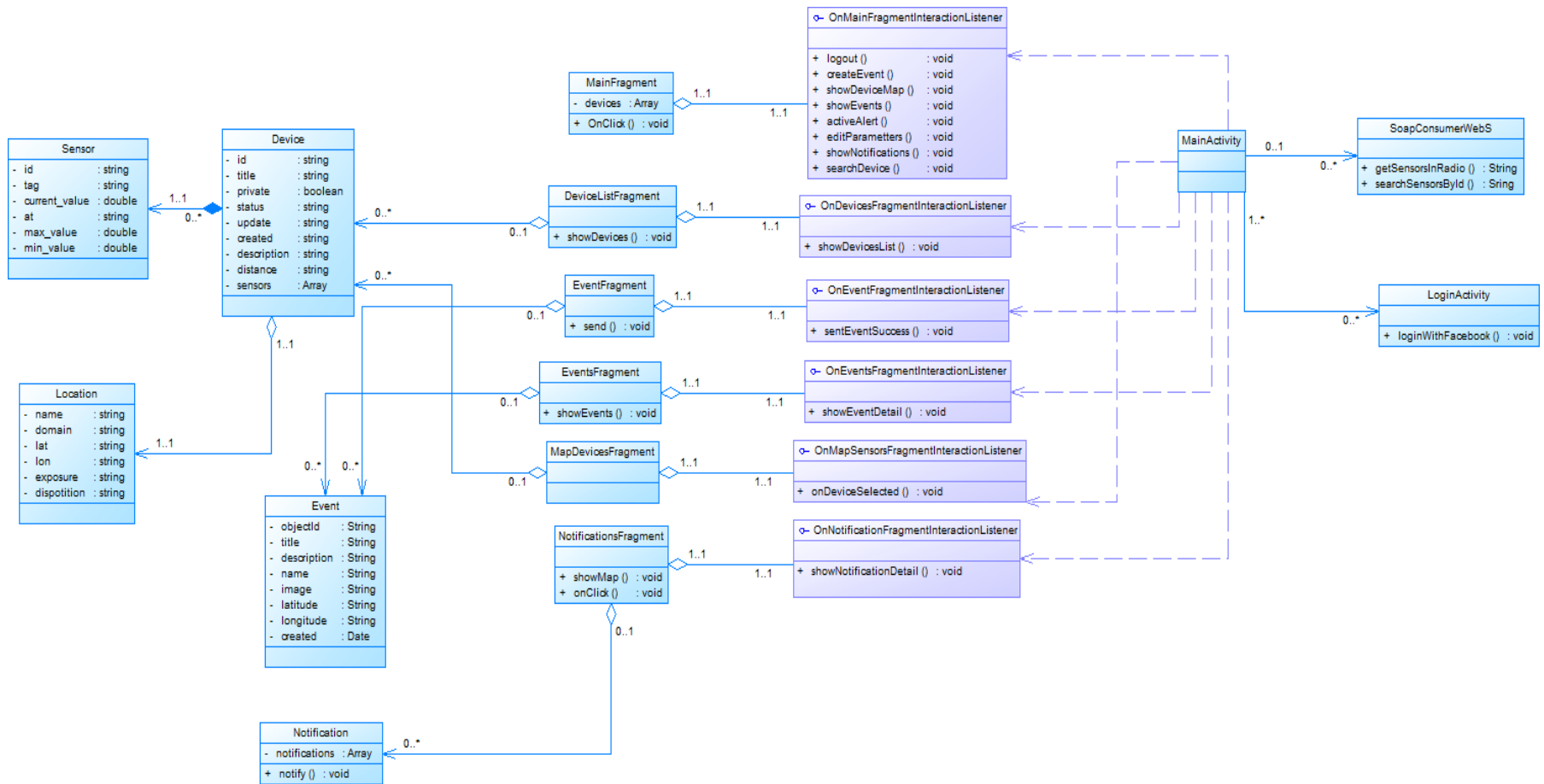
Modificación de Historia Número:	Iteración Asignada:
Prioridad en Negocio: Media (Alta / Media / Baja)	Puntos Estimados:
Riesgo en Desarrollo: Media (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales:
Descripción: <ul style="list-style-type: none">• Cuando es seleccionado un evento desde la HU – 10 la aplicación muestra una vista, en la que se obtiene información más detallada del evento que fue seleccionado como: el título del evento, el autor, la fecha y hora de publicación, la foto relacionada al evento, los detalles del evento y un mapa mostrando geográficamente donde se encontraba el dispositivo móvil al momento de creación del evento.• Para regresar a la vista principal el usuario debe dar click en el botón atrás del dispositivo móvil.	
Excepciones: <ul style="list-style-type: none">• Debe haberse ejecutado la HU-01, para poder mostrar la vista actual.	

HU – 13

Historia de Usuario

Número: 13	Nombre: Editar Parámetros
Usuario: Cliente de la aplicación móvil	
Modificación de Historia Número:	Iteración Asignada:
Prioridad en Negocio: Media (Alta / Media / Baja)	Puntos Estimados:
Riesgo en Desarrollo: Media (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales:
Descripción: <ul style="list-style-type: none">• El cliente de la aplicación móvil puede en cualquier momento editar los parámetros de referencia por medio del botón Editar Parámetros, este botón despliega una vista con un formulario que tiene los datos precargados con la información que el usuario diligencio en HU-02.• Para regresar a la vista principal el usuario debe dar click en el botón atrás del dispositivo móvil.	
Excepciones: <ul style="list-style-type: none">• Debe haberse ejecutado la HU-01, para poder mostrar la vista actual.	

Diagrama de clases.



Diagramas de secuencia prototipo aplicación móvil.

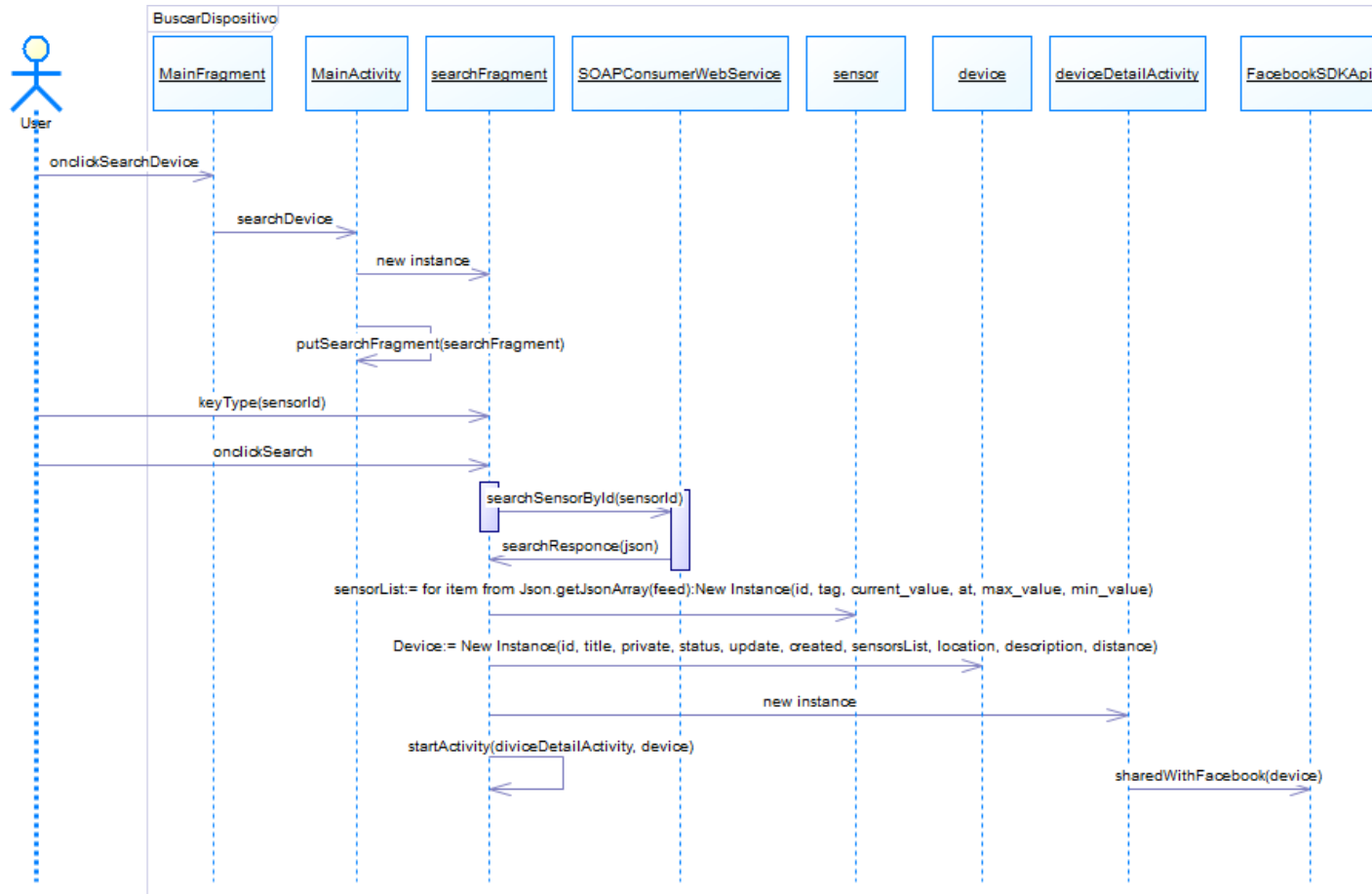


Diagrama de secuencia 1: buscar dispositivo.

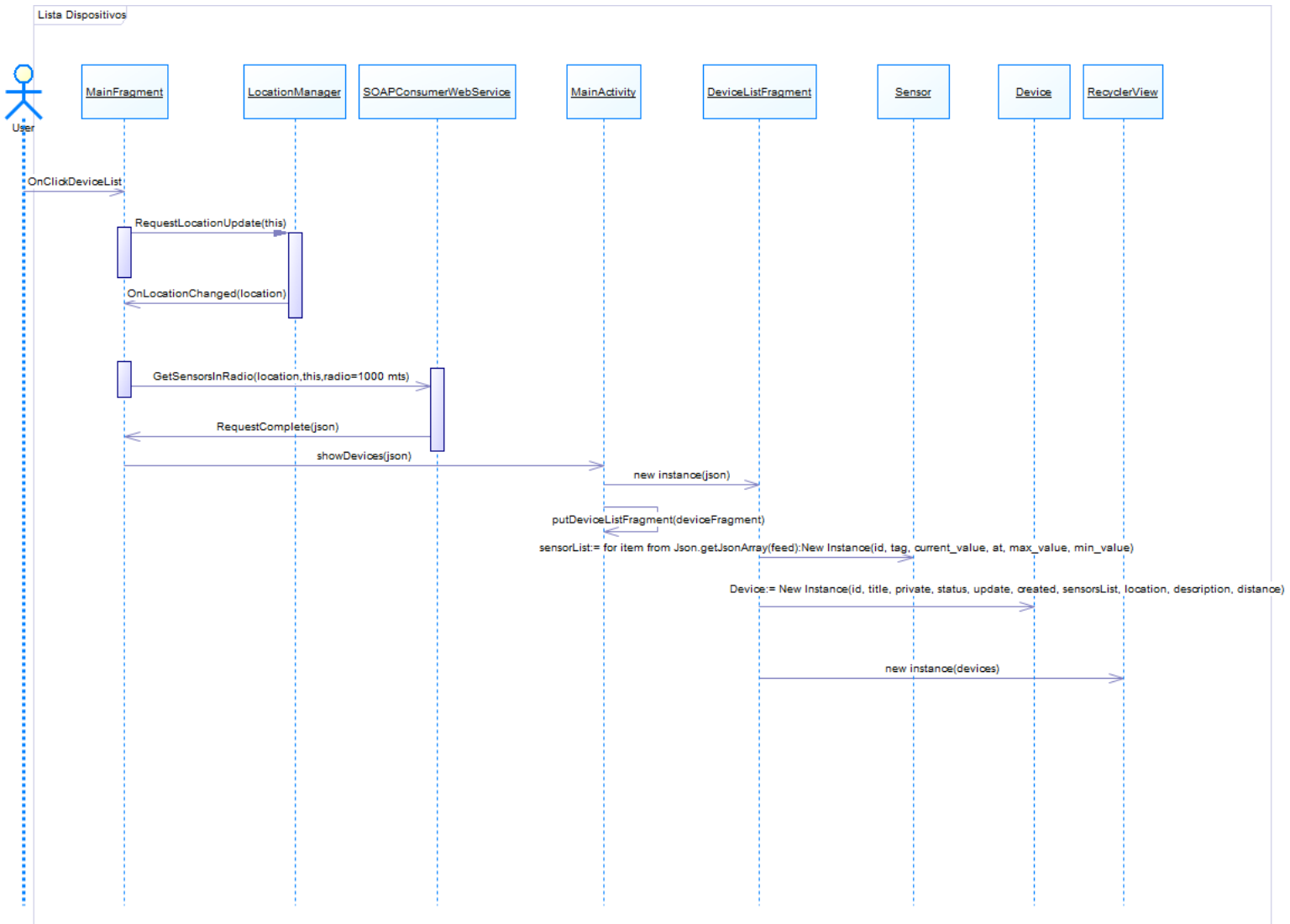


Diagrama de secuencia 2: listar dispositivo parte uno.

Modelo para la Construcción de Ecosistemas Sociales de Objetos Inteligentes IoT
 Diego Fernando Balcazar Hoyos – Juan Jose Lemos Elvira

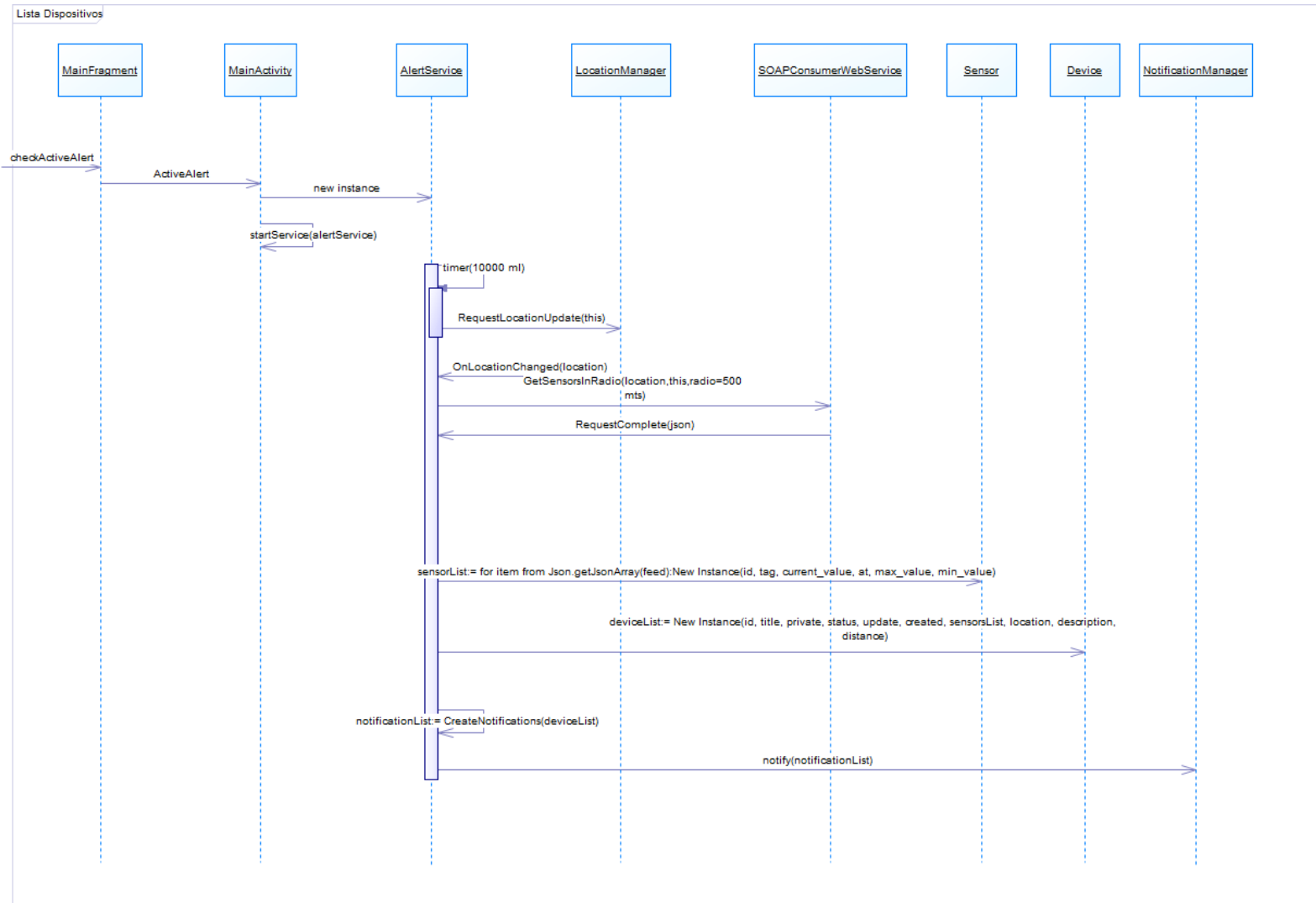


Diagrama de secuencia 2: listar dispositivo parte dos.

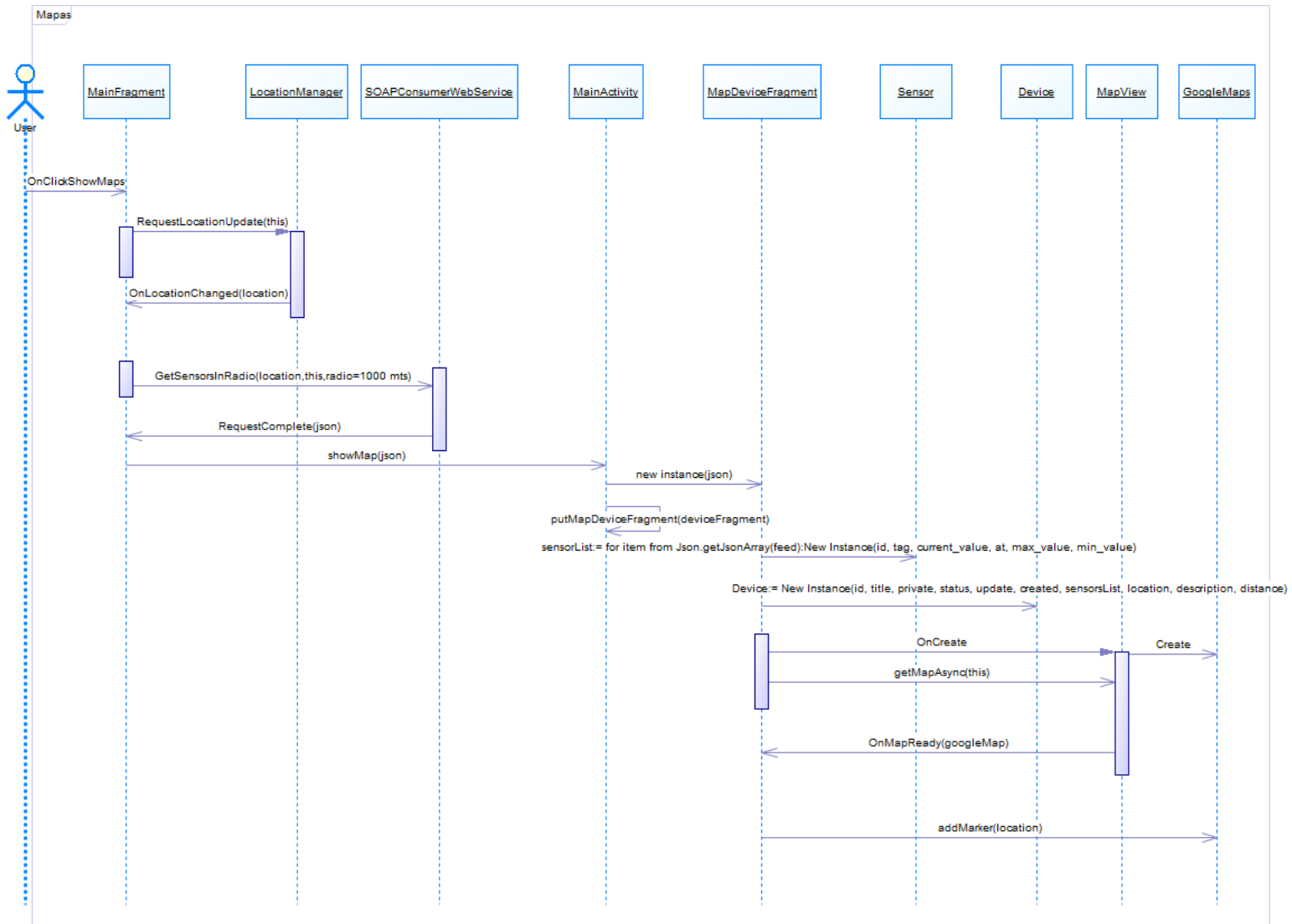


Diagrama de secuencia 3: mapas parte uno.

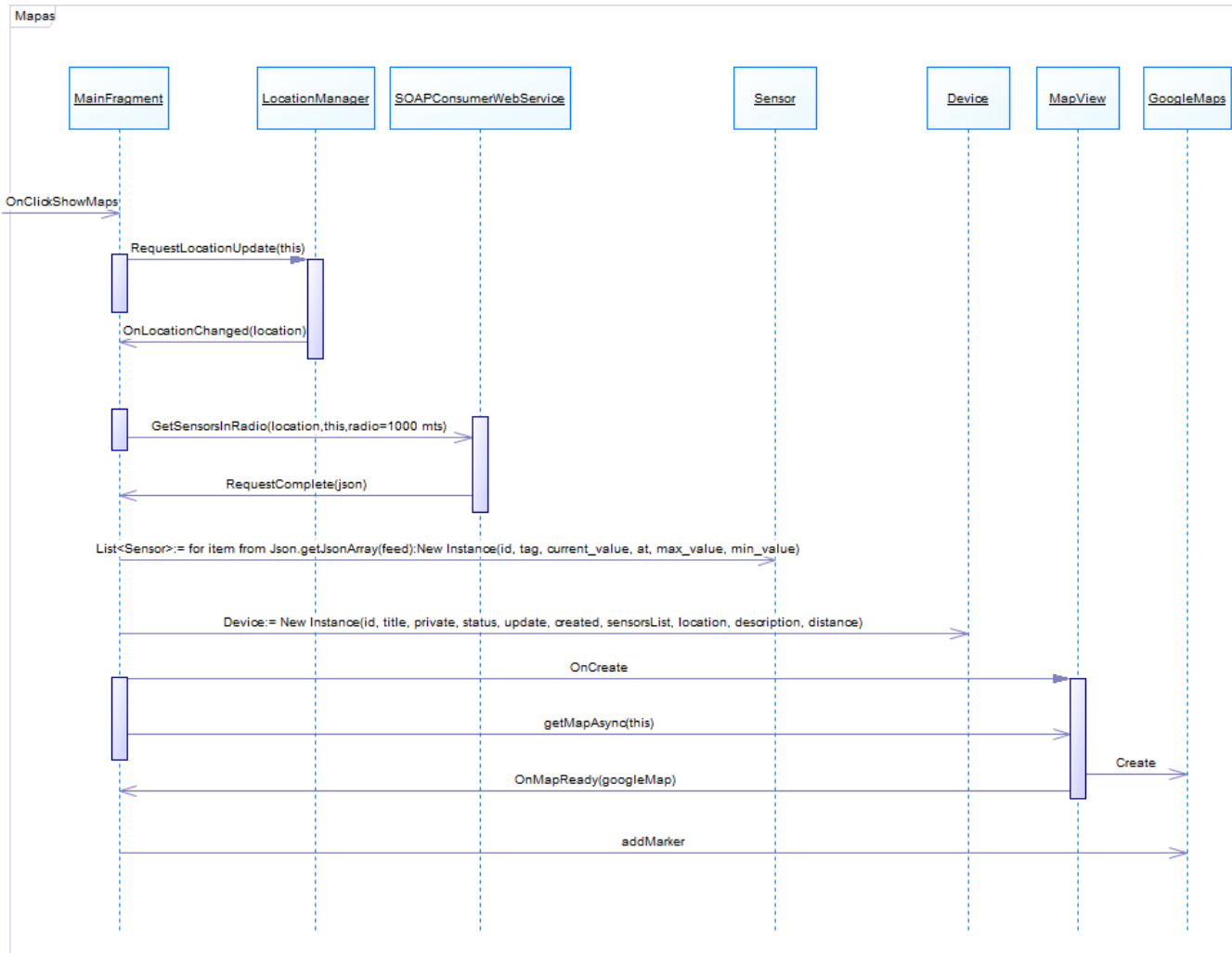


Diagrama de secuencia 3: mapas parte dos.

Anexo D

Evaluación Modelo para la Construcción de Ecosistemas Sociales de Objetos Inteligentes IoT

El modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT lo que desea es darle al usuario una herramienta para que evite entornos de mala calidad de aire y así aportar en la salud de los usuarios.

La aplicación proporcionara alertas tempranas según los índices de calidad el aire en Colombia, además permite enriquecer la información de cada evento a través de la red social. Se explica las diferentes variables al usuario y el escenario de prueba que realizaremos a continuación y se solicita al final diligencia la siguiente encuesta

Responda las siguientes preguntas según la siguiente escala

ESCALA DE LIKERT				
TOTALMENTE DIFICIL	DIFICIL	NI FACIL NI DIFICIL	FACIL	TOTALMENTE FACIL
TOTALMENTE EN DESACUERPO	PARCIALMENTE EN DESACUERDO	NI EN DESACUERDO NI DEACUERDO	PARCIALMENTE DEACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
MUY MALO	MALO	NORMAL	BUENO	MUY BUENO
1	2	3	4	5

1) ¿Cuál es su nivel de conocimiento en IoT? _____

2) ¿Qué tan a menudo suele usar aplicaciones móviles? _____

- 3) ¿Qué tan difícil fue realizar el registro en el prototipo? _____
- 4) ¿Qué tan complicado fue acceder a la funcionalidad mapa de dispositivos e interactuar con ella? _____
- 5) ¿Qué tan difícil fue acceder a la funcionalidad listar dispositivo y compartir información de alguno de ellos en los estados de Facebook? _____
- 6) ¿Qué tan difícil fue publicar un evento dentro de las funcionalidades de red social de la aplicación, visualizarlo y luego visualizar el de los demás? _____
- 7) ¿Para usted la alerta emitida por el prototipo de la aplicación fue de ayuda? _____
- 8) ¿Si la aplicación le informa de espacios de mala contaminación de aire, usted evitaría esos lugares? _____
- 9) ¿Usted aportaría información al desastre (con imágenes, comentarios) a través de la red social de la aplicación? _____
- 10) ¿Le parece que la red social enriquece la información emitida por el prototipo? _____

Encuestas realizadas



Evaluación Modelo para la Construcción de Ecosistemas Sociales de Objetos Inteligentes IoT

El modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT lo que desea es darle al usuario una herramienta para que evite entornos de mala calidad de aire y así aportar en la salud de los usuarios.

La aplicación proporcionara alertas tempranas según los índices de calidad el aire en Colombia, además permite enriquecer la información de cada evento a través de la red social. Se explica las diferentes variables al usuario y el escenario de prueba que realizaremos a continuación y se solicita al final diligencia la siguiente encuesta

Responda las siguientes preguntas según la siguiente escala

ESCALA DE LIKERT				
TOTALMENTE DIFÍCIL	DIFÍCIL	NI FACIL NI DIFÍCIL	FÁCIL	TOTALMENTE FÁCIL
	PARCIALMENTE EN DESACUERDO	NI EN DESACUERDO NI DEACUERDO	PARCIALMENTE DEACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
MUY MALO	MALO	NORMAL	BUENO	MUY BUENO
1	2	3	4	5

- 1) ¿Cuál es su nivel de conocimiento en IoT? 1
- 2) ¿Qué tan a menudo suele usar aplicaciones móviles? 2
- 3) ¿Qué tan difícil fue realizar el registro en el prototipo? 3
- 4) ¿Qué tan complicado fue acceder a la funcionalidad mapa de dispositivos e interactuar con ella? 2
- 5) ¿Qué tan difícil fue acceder a la funcionalidad listar dispositivo y compartir información de alguno de ellos en los estados de Facebook? 2
- 6) ¿Qué tan difícil fue publicar un evento dentro de las funcionalidades de red social de la aplicación, visualizarlo y luego visualizar el de los demás? 2
- 7) ¿Para usted la alerta emitida por el prototipo de la aplicación fue de ayuda? 5
- 8) ¿Si la aplicación le informa de espacios de mala contaminación de aire, usted evitaría esos lugares? 5
- 9) ¿Usted aportaría información al desastre (con imágenes, comentarios) a través de la red social de la aplicación? 5
- 10) ¿Le parece que la red social enriquece la información emitida por el prototipo? 5



Evaluación Modelo para la Construcción de Ecosistemas Sociales de Objetos Inteligentes IoT

El modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT lo que desea es darle al usuario una herramienta para que evite entornos de mala calidad de aire y así aportar en la salud de los usuarios. La aplicación proporcionara alertas tempranas según los índices de calidad el aire en Colombia, además permite enriquecer la información de cada evento a través de la red social. Se explica las diferentes variables al usuario y el escenario de prueba que realizaremos a continuación y se solicita al final diligencia la siguiente encuesta

Responda las siguientes preguntas según la siguiente escala

ESCALA DE LIKERT				
TOTALMENTE DIFÍCIL	DIFÍCIL	NI FACIL NI DIFÍCIL	FÁCIL	TOTALMENTE FÁCIL
	PARCIALMENTE EN	NI EN NI EN	PARCIALMENTE DEACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
TOTALMENTE EN DESACUERDO	DESACUERDO	NI DEACUERDO	DEACUERDO	
MUY MALO	MALO	NORMAL	BUENO	MUY BUENO
1	2	3	4	5

- 1) ¿Cuál es su nivel de conocimiento en IoT? 2
- 2) ¿Qué tan a menudo suele usar aplicaciones móviles? 3
- 3) ¿Qué tan difícil fue realizar el registro en el prototipo? 5
- 4) ¿Qué tan complicado fue acceder a la funcionalidad mapa de dispositivos e interactuar con ella? 4
- 5) ¿Qué tan difícil fue acceder a la funcionalidad listar dispositivo y compartir información de alguno de ellos en los estados de Facebook? 3
- 6) ¿Qué tan difícil fue publicar un evento dentro de las funcionalidades de red social de la aplicación, visualizarlo y luego visualizar el de los demás? 3
- 7) ¿Para usted la alerta emitida por el prototipo de la aplicación fue de ayuda? 4
- 8) ¿Si la aplicación le informa de espacios de mala contaminación de aire, usted evitaría esos lugares? 5
- 9) ¿Usted aportaría información al desastre (con imágenes, comentarios) a través de la red social de la aplicación? 3
- 10) ¿Le parece que la red social enriquece la información emitida por el prototipo? 3



Evaluación Modelo para la Construcción de Ecosistemas Sociales de Objetos Inteligentes IoT

El modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT lo que desea es darle al usuario una herramienta para que evite entornos de mala calidad de aire y así aportar en la salud de los usuarios.

La aplicación proporcionara alertas tempranas según los índices de calidad el aire en Colombia, además permite enriquecer la información de cada evento a través de la red social. Se explica las diferentes variables al usuario y el escenario de prueba que realizaremos a continuación y se solicita al final diligencia la siguiente encuesta

Responda las siguientes preguntas según la siguiente escala

ESCALA DE LIKERT				
TOTALMENTE DIFÍCIL	DIFÍCIL	NI FACIL NI DIFÍCIL	FACIL	TOTALMENTE FACIL
TOTALMENTE EN DESACUERDO	PARCIALMENTE EN DESACUERDO	NI EN NI DEACUERDO	PARCIALMENTE DEACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
MUY MALO	MALO	NORMAL	BUENO	MUY BUENO
1	2	3	4	5

- 1) ¿Cuál es su nivel de conocimiento en IoT? 2
- 2) ¿Qué tan a menudo suele usar aplicaciones móviles? 4
- 3) ¿Qué tan difícil fue realizar el registro en el prototipo? 4
- 4) ¿Qué tan complicado fue acceder a la funcionalidad mapa de dispositivos e interactuar con ella? 4
- 5) ¿Qué tan difícil fue acceder a la funcionalidad listar dispositivo y compartir información de alguno de ellos en los estados de Facebook? 4
- 6) ¿Qué tan difícil fue publicar un evento dentro de las funcionalidades de red social de la aplicación, visualizarlo y luego visualizar el de los demás? 4
- 7) ¿Para usted la alerta emitida por el prototipo de la aplicación fue de ayuda? 4
- 8) ¿Si la aplicación le informa de espacios de mala contaminación de aire, usted evitaría esos lugares? 4
- 9) ¿Usted aportaría información al desastre (con imágenes, comentarios) a través de la red social de la aplicación? 3
- 10) ¿Le parece que la red social enriquece la información emitida por el prototipo? 5



Evaluación Modelo para la Construcción de Ecosistemas Sociales de Objetos Inteligentes IoT

El modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT lo que desea es darle al usuario una herramienta para que evite entornos de mala calidad de aire y así aportar en la salud de los usuarios.

La aplicación proporcionara alertas tempranas según los índices de calidad el aire en Colombia, además permite enriquecer la información de cada evento a través de la red social. Se explica las diferentes variables al usuario y el escenario de prueba que realizaremos a continuación y se solicita al final diligencia la siguiente encuesta

Responda las siguientes preguntas según la siguiente escala

ESCALA DE LIKERT				
TOTALMENTE DIFÍCIL	DIFÍCIL	NI FACIL NI DIFÍCIL	FÁCIL	TOTALMENTE FÁCIL
	PARCIALMENTE EN DESACUERDO	NI EN NI DESACUERDO	PARCIALMENTE DEACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
TOTALMENTE EN DESACUERDO	MALO	NORMAL	BUENO	MUY BUENO
1	2	3	4	5

- 1) ¿Cuál es su nivel de conocimiento en IoT? 92
- 2) ¿Qué tan a menudo suele usar aplicaciones móviles? 3
- 3) ¿Qué tan difícil fue realizar el registro en el prototipo? 4
- 4) ¿Qué tan complicado fue acceder a la funcionalidad mapa de dispositivos e interactuar con ella? 4
- 5) ¿Qué tan difícil fue acceder a la funcionalidad listar dispositivo y compartir información de alguno de ellos en los estados de Facebook? 3
- 6) ¿Qué tan difícil fue publicar un evento dentro de las funcionalidades de red social de la aplicación, visualizarlo y luego visualizar el de los demás? 3
- 7) ¿Para usted la alerta emitida por el prototipo de la aplicación fue de ayuda? 4
- 8) ¿Si la aplicación le informa de espacios de mala contaminación de aire, usted evitaría esos lugares? 4
- 9) ¿Usted aportaría información al desastre (con imágenes, comentarios) a través de la red social de la aplicación? 4
- 10) ¿Le parece que la red social enriquece la información emitida por el prototipo? 4



Evaluación Modelo para la Construcción de Ecosistemas Sociales de Objetos Inteligentes IoT

El modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT lo que desea es darle al usuario una herramienta para que evite entornos de mala calidad de aire y así aportar en la salud de los usuarios.

La aplicación proporcionara alertas tempranas según los índices de calidad el aire en Colombia, además permite enriquecer la información de cada evento a través de la red social. Se explica las diferentes variables al usuario y el escenario de prueba que realizaremos a continuación y se solicita al final diligencia la siguiente encuesta

Responda las siguientes preguntas según la siguiente escala

ESCALA DE LIKERT				
TOTALMENTE DIFÍCIL	DIFÍCIL	NI FÁCIL NI DIFÍCIL	FÁCIL	TOTALMENTE FÁCIL
TOTALMENTE EN DESACUERDO	PARCIALMENTE EN DESACUERDO	NI EN ACUERDO NI DESACUERDO	PARCIALMENTE DEACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
MUY MALO	MALO	NORMAL	BUENO	MUY BUENO
1	2	3	4	5

- 1) ¿Cuál es su nivel de conocimiento en IoT? 2
- 2) ¿Qué tan a menudo suele usar aplicaciones móviles? 4
- 3) ¿Qué tan difícil fue realizar el registro en el prototipo? 4
- 4) ¿Qué tan complicado fue acceder a la funcionalidad mapa de dispositivos e interactuar con ella? 4
- 5) ¿Qué tan difícil fue acceder a la funcionalidad listar dispositivo y compartir información de alguno de ellos en los estados de Facebook? 4
- 6) ¿Qué tan difícil fue publicar un evento dentro de las funcionalidades de red social de la aplicación, visualizarlo y luego visualizar el de los demás? 4
- 7) ¿Para usted la alerta emitida por el prototipo de la aplicación fue de ayuda? 4
- 8) ¿Si la aplicación le informa de espacios de mala contaminación de aire, usted evitaría esos lugares? 4
- 9) ¿Usted aportaría información al desastre (con imágenes, comentarios) a través de la red social de la aplicación? 3
- 10) ¿Le parece que la red social enriquece la información emitida por el prototipo? 5



Evaluación Modelo para la Construcción de Ecosistemas Sociales de Objetos Inteligentes IoT

El modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT lo que desea es darle al usuario una herramienta para que evite entornos de mala calidad de aire y así aportar en la salud de los usuarios.

La aplicación proporcionara alertas tempranas según los índices de calidad el aire en Colombia, además permite enriquecer la información de cada evento a través de la red social. Se explica las diferentes variables al usuario y el escenario de prueba que realizaremos a continuación y se solicita al final diligencia la siguiente encuesta

Responda las siguientes preguntas según la siguiente escala

ESCALA DE LIKERT				
TOTALMENTE DIFÍCIL	DIFÍCIL	NI FACIL NI DIFÍCIL	FACIL	TOTALMENTE FACIL
	PARCIALMENTE EN DESACUERDO	NI EN DESACUERDO NI DEACUERDO	PARCIALMENTE DEACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
MUY MALO	MALO	NORMAL	BUENO	MUY BUENO
1	2	3	4	5

- 1) ¿Cuál es su nivel de conocimiento en IoT? 2
- 2) ¿Qué tan a menudo suele usar aplicaciones móviles? 3
- 3) ¿Qué tan difícil fue realizar el registro en el prototipo? 5
- 4) ¿Qué tan complicado fue acceder a la funcionalidad mapa de dispositivos e interactuar con ella? 4
- 5) ¿Qué tan difícil fue acceder a la funcionalidad listar dispositivo y compartir información de alguno de ellos n los estados de Facebook? 3
- 6) ¿Qué tan difícil fue publicar un evento dentro de las funcionalidades de red social de la aplicación, visualizarlo y luego visualizar el de los demás? 3
- 7) ¿Para usted la alerta emitida por el prototipo de la aplicación fue de ayuda? 4
- 8) ¿Si la aplicación le informa de espacios de mala contaminación de aire, usted evitaría esos lugares? 5
- 9) ¿Usted aportaría información al desastre (con imágenes, comentarios) a través de la red social de la aplicación? 3
- 10) ¿Le parece que la red social enriquece la información emitida por el prototipo? 3



Evaluación Modelo para la Construcción de Ecosistemas Sociales de Objetos Inteligentes IoT

El modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT lo que desea es darle al usuario una herramienta para que evite entornos de mala calidad de aire y así aportar en la salud de los usuarios.

La aplicación proporcionara alertas tempranas según los índices de calidad el aire en Colombia, además permite enriquecer la información de cada evento a través de la red social. Se explica las diferentes variables al usuario y el escenario de prueba que realizaremos a continuación y se solicita al final diligencia la siguiente encuesta

Responda las siguientes preguntas según la siguiente escala

ESCALA DE LIKERT				
TOTALMENTE DIFÍCIL	DIFÍCIL	NI FÁCIL NI DIFÍCIL	FÁCIL	TOTALMENTE FÁCIL
TOTALMENTE EN DESACUERDO	PARCIALMENTE EN DESACUERDO	NI EN ACUERDO NI DESACUERDO	PARCIALMENTE DEACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
MUY MALO	MALO	NORMAL	BUENO	MUY BUENO
1	2	3	4	5

- 1) ¿Cuál es su nivel de conocimiento en IoT? 2
- 2) ¿Qué tan a menudo suele usar aplicaciones móviles? 4
- 3) ¿Qué tan difícil fue realizar el registro en el prototipo? 4
- 4) ¿Qué tan complicado fue acceder a la funcionalidad mapa de dispositivos e interactuar con ella? 4
- 5) ¿Qué tan difícil fue acceder a la funcionalidad listar dispositivo y compartir información de alguno de ellos en los estados de Facebook? 4
- 6) ¿Qué tan difícil fue publicar un evento dentro de las funcionalidades de red social de la aplicación, visualizarlo y luego visualizar el de los demás? 4
- 7) ¿Para usted la alerta emitida por el prototipo de la aplicación fue de ayuda? 4
- 8) ¿Si la aplicación le informa de espacios de mala contaminación de aire, usted evitaría esos lugares? 4
- 9) ¿Usted aportaría información al desastre (con imágenes, comentarios) a través de la red social de la aplicación? 3
- 10) ¿Le parece que la red social enriquece la información emitida por el prototipo? 5



Evaluación Modelo para la Construcción de Ecosistemas Sociales de Objetos Inteligentes IoT

El modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT lo que desea es darle al usuario una herramienta para que evite entornos de mala calidad de aire y así aportar en la salud de los usuarios. La aplicación proporcionara alertas tempranas según los índices de calidad el aire en Colombia, además permite enriquecer la información de cada evento a través de la red social. Se explica las diferentes variables al usuario y el escenario de prueba que realizaremos a continuación y se solicita al final diligencia la siguiente encuesta

Responda las siguientes preguntas según la siguiente escala

ESCALA DE LIKERT				
TOTALMENTE DIFÍCIL	DIFÍCIL	NI FÁCIL NI DIFÍCIL	FÁCIL	TOTALMENTE FÁCIL
	PARCIALMENTE EN DESACUERDO	NI EN DESACUERDO NI DEACUERDO	PARCIALMENTE DEACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
MUY MALO	MALO	NORMAL	BUENO	MUY BUENO
1	2	3	4	5

- 1) ¿Cuál es su nivel de conocimiento en IoT? 3
- 2) ¿Qué tan a menudo suele usar aplicaciones móviles? 4
- 3) ¿Qué tan difícil fue realizar el registro en el prototipo? 3
- 4) ¿Qué tan complicado fue acceder a la funcionalidad mapa de dispositivos e interactuar con ella? 5
- 5) ¿Qué tan difícil fue acceder a la funcionalidad listar dispositivo y compartir información de alguno de ellos en los estados de Facebook? 5
- 6) ¿Qué tan difícil fue publicar un evento dentro de las funcionalidades de red social de la aplicación, visualizarlo y luego visualizar el de los demás? 4
- 7) ¿Para usted la alerta emitida por el prototipo de la aplicación fue de ayuda? 5
- 8) ¿Si la aplicación le informa de espacios de mala contaminación de aire, usted evitaría esos lugares? 4
- 9) ¿Usted aportaría información al desastre (con imágenes, comentarios) a través de la red social de la aplicación? 5
- 10) ¿Le parece que la red social enriquece la información emitida por el prototipo? 5



Evaluación Modelo para la Construcción de Ecosistemas Sociales de Objetos Inteligentes IoT

El modelo para la construcción de ecosistemas sociales de objetos inteligentes IoT lo que desea es darle al usuario una herramienta para que evite entornos de mala calidad de aire y así aportar en la salud de los usuarios.

La aplicación proporcionara alertas tempranas según los índices de calidad el aire en Colombia, además permite enriquecer la información de cada evento a través de la red social. Se explica las diferentes variables al usuario y el escenario de prueba que realizaremos a continuación y se solicita al final diligencia la siguiente encuesta

Responda las siguientes preguntas según la siguiente escala

ESCALA DE LIKERT				
TOTALMENTE DIFÍCIL	DIFÍCIL	NI FACIL NI DIFÍCIL	FACIL	TOTALMENTE FACIL
TOTALMENTE EN DESACUERDO	PARCIALMENTE EN DESACUERDO	NI EN DESACUERDO NI DEACUERDO	PARCIALMENTE DEACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
MUY MALO	MALO	NORMAL	BUENO	MUY BUENO
1	2	3	4	5

- 1) ¿Cuál es su nivel de conocimiento en IoT? 5
- 2) ¿Qué tan a menudo suele usar aplicaciones móviles? 5
- 3) ¿Qué tan difícil fue realizar el registro en el prototipo? 5
- 4) ¿Qué tan complicado fue acceder a la funcionalidad mapa de dispositivos e interactuar con ella? 3
- 5) ¿Qué tan difícil fue acceder a la funcionalidad listar dispositivo y compartir información de alguno de ellos n los estados de Facebook? 5
- 6) ¿Qué tan difícil fue publicar un evento dentro de las funcionalidades de red social de la aplicación, visualizarlo y luego visualizar el de los demás? 3
- 7) ¿Para usted la alerta emitida por el prototipo de la aplicación fue de ayuda? 5
- 8) ¿Si la aplicación le informa de espacios de mala contaminación de aire, usted evitaría esos lugares? 5
- 9) ¿Usted aportaría información al desastre (con imágenes, comentarios) a través de la red social de la aplicación? 3
- 10) ¿Le parece que la red social enriquece la información emitida por el prototipo? 3

Anexo E

Graficas de respuesta de los usuarios a las preguntas de la encuesta en la experimentación

QUE TAN A MENUDO USA APLICACIONES MOVILES

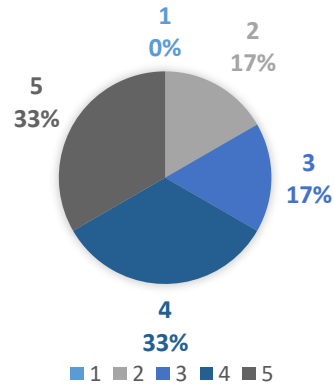


Figura 24: Que tan a menudo usa aplicaciones móviles basada en la encuesta con escala de Likert. Fuente propia

En esta grafica podemos ver que tan a menudo usan aplicaciones móviles, en la mayoría de las personas es alto. Con un 66% afirman tener entre total conocimiento y conocimiento del tema.

¿QUÉ TAN DIFÍCIL FUE REALIZAR EL REGISTRO EN EL PROTOTIPO?

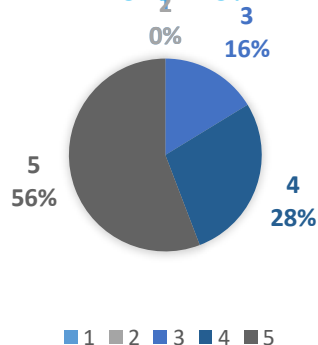


Figura 25: ¿Qué tan difícil fue realizar el registro en el prototipo? basada en la encuesta con escala de Likert. Fuente propia

En esta grafica podemos ver que tan difícil fue registrarse en el prototipo, en la mayoría de las personas este proceso fue sencillo. Con un 56% las personas encuestadas afirman que fue totalmente fácil y con un 28% que fue fácil.

¿QUÉ TAN COMPLICADO FUE ACCEDER A LA FUNCIONALIDAD MAPA DE DISPOSITIVOS E INTERACTUAR CON ELLA?

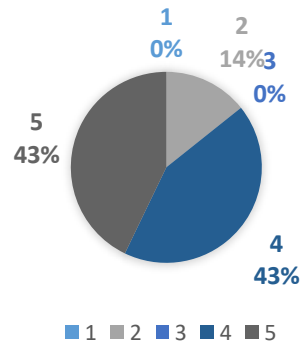


Figura 26: ¿Qué tan complicado fue acceder a la funcionalidad mapa de dispositivos e interactuar con ella? basada en la encuesta con escala de Likert. Fuente propia

En esta grafica podemos ver que tan complicado fue acceder a la funcionalidad de mapa del dispositivo e interactuar con ella, en la mayoría de las personas este proceso fue sencillo. Con un 86% las personas encuestadas afirman que fue entre totalmente fácil y fácil.

¿QUÉ TAN DIFÍCIL FUE PUBLICAR UN EVENTO DENTRO DE LAS FUNCIONALIDADES DE RED SOCIAL DE LA APLICACIÓN, VISUALIZARLO Y LUEGO VISUALIZAR EL DE LOS DEMÁS?

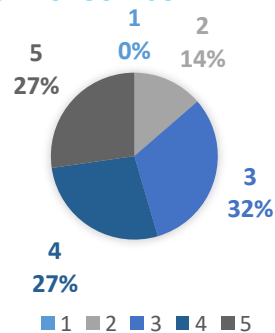


Figura 27: ¿Qué tan difícil fue publicar un evento dentro de las funcionalidades de red social de la aplicación, visualizarlo y luego visualizar el de los demás? basada en la encuesta con escala de Likert Fuente propia

En esta grafica podemos ver que tan difícil fue publicar un evento dentro de las funcionalidades de red social de la aplicación, visualizarlo y luego visualizar eventos de los demás, en la mayoría de las personas este proceso fue sencillo. Con un 54% las personas encuestadas afirman que fue entre totalmente fácil y fácil, pero esta vez hubo una mayor porcentaje en normal un 32%, lo que indica que este fue un proceso que causo poco más dificultad que os anteriores.

¿PARA USTED LA ALERTA EMITIDA POR EL PROTOTIPO DE LA APLICACIÓN FUE DE AYUDA?

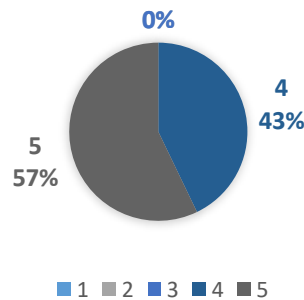


Figura 28: ¿Para usted la alerta emitida por el prototipo de la aplicación fue de ayuda? Basada en la encuesta con escala de Likert Fuente propia

En esta grafica podemos ver la respuesta de los usuarios si para ellos fue de ayuda la alerta emitida por el prototipo de la aplicación, para las personas este proceso fue de gran ayuda prácticamente en su totalidad, pues con un 100% las personas encuestadas afirman que si fue de ayuda.

¿SI LA APLICACIÓN LE INFORMA DE ESPACIOS DE MALA CONTAMINACIÓN DE AIRE, USTED EVITARÍA ESOS LUGARES?

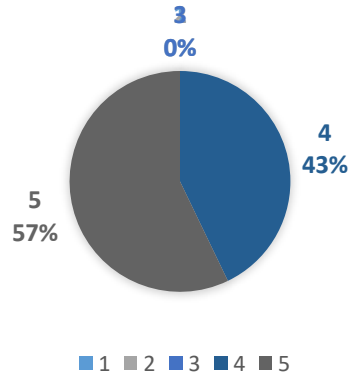


Figura 29: ¿Si la aplicación le informa de espacios de mala contaminación de aire, usted evitaría esos lugares? basada en la encuesta con escala de Likert Fuente propia

En esta grafica podemos ver la respuesta de los usuarios a la pregunta si la aplicación le informa de espacios de mala calidad de aire usted evitaría esos espacios, las personas evitarían con un 100% estos espacios de mala calidad de aire.

¿USTED APORTARÍA INFORMACIÓN AL DESASTRE (CON IMÁGENES, COMENTARIOS) A TRAVÉS DE LA RED SOCIAL DE LA APLICACIÓN?

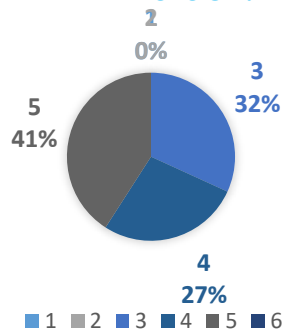


Figura 30: ¿Usted aportaría información al desastre (con imágenes, comentarios) a través de la red social de la aplicación? basada en la encuesta con escala de Likert. Fuente: propia.

En esta grafica podemos ver la respuesta de los usuarios a la pregunta usted aportaría información al desastre (con imágenes o comentarios) a través de la red social de la aplicación. Con u 68% de favorabilidad las personas si aportarían a la red social

¿LE PARECE QUE LA RED SOCIAL ENRIQUECE LA INFORMACIÓN EMITIDA POR EL PROTOTIPO?

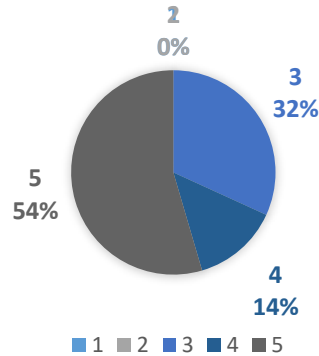


Figura 31: ¿Le parece que la red social enriquece la información emitida por el prototipo? basada en la encuesta con escala de Likert Fuente propia

En esta grafica podemos ver la respuesta de los usuarios a la pregunta le parece que la red social enriquece la información emitida por el prototipo. Con un 68% de favorabilidad las personas si les parece que la red social aporta.