

**AMICA: APLICATIVO WEB PARA DISPOSITIVOS MÓVILES DE ÍNDICE DE CALIDAD  
DEL AIRE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ USANDO SERVICIOS EN LA NUBE**

**DIOMAR ESMERALDA CASILIMAS FAJARDO  
OMAR JOSE MAESTRE FELIZZOLA**

Anteproyecto presentado como requisito parcial para optar al título de  
Especialista en Sistemas de Información Geográfica.

Director:  
Salomón Ramírez

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA  
BOGOTA D.C.  
2017**

## Contenido

1. Introducción .....	3
2. Problema .....	4
3. Justificación .....	6
4. Alcance .....	8
4.1. Alcance Espacial .....	8
4.2. Alcance temporal .....	8
4.3. Alcance técnico .....	8
5. Objetivos .....	9
5.1 Objetivo general .....	9
5.2 Objetivos específicos .....	9
6. Estado del arte .....	10
6.1 Marco teórico .....	10
6.2 Antecedentes .....	14
7. Metodología .....	16
8. Resultados .....	18
9. Conclusiones .....	22
10. Referencias .....	23

## 1. Introducción

La contaminación generada por el material particulado inferior a 10 micras (PM10), ha generado un gran impacto dentro de la calidad del aire de la ciudad de Bogotá especialmente el sector de la zona industrial ubicado en las localidades de Puente Aranda y Fontibón, las cuales han ocasionado la mayor concentración de partículas contaminantes de este tipo en el aire capitalino, lo que ha generado problemas de salud pública a la población que se encuentra expuesta.

Con el fin de identificar estas zonas de altas concentraciones de material particulado se implementó un visor geográfico que permite visualizar información relacionada con la concentración de PM10 mediante mapas de calor por cada estación de la Ciudad de Bogotá.

Por lo tanto, se buscó representar la concentración de PM10 de las estaciones de la ciudad de Bogotá, el cual se desarrolló cumpliendo con cada uno de los requerimientos del sistema establecido previamente.

Posteriormente el desarrollo y la implementación se realizaron mediante el modelo orientado a la reutilización o basado en componentes, estableciendo los requerimientos del sistema y diseñando la arquitectura del software, en respuesta a las funcionalidades deseadas.

Finalmente, la implementación permitió visualizar información de calidad de aire asociada a la concentración promedio trimestral del año 2016 mediante mapas de calor para la ciudad de Bogotá.

## 2. Problema

El aumento de la generación de gases contaminantes atmosféricos en la ciudad de Bogotá D.C, que va de la mano con el crecimiento poblacional y el aumento del parque automotor e industrial, está generando una huella de contaminación ambiental, enfermedades y problemas en salud pública de consideración en la población. Según un análisis hecho por la Organización Mundial de la Salud (OMS), para el 2014, donde se compararon niveles de material particulado como PM10 y PM2.5 de distintas ciudades del continente, demuestra que la contaminación del aire en la capital colombiana es mayor a la de São Paulo y Buenos Aires, urbes con poblaciones entre los 12 y 20 millones de habitantes, aunque no llega a los niveles de Santiago de Chile o Ciudad de México, donde en mayo de 2015, el gobierno local decretó medidas para proteger la salud de los ciudadanos. La ciudad de Bogotá D.C cuenta con herramientas que brindan información sobre la calidad del aire a la ciudadanía, pero no existe un visor web que sea adaptativo para dispositivos móviles que represente de una manera más sencilla la información de la calidad del aire para la ciudad de Bogotá D.C.

Los gases tóxicos emitidos por diferentes fuentes tanto fijas como móviles, generados principalmente por las industrias y el parque automotor, están causando efectos adversos al medio ambiente como el aumento de gases de efecto invernadero, lluvias ácidas y daños irreversibles en las plantas, así mismo afecta directamente la salud de la población, generando enfermedades respiratorias agudas, irritaciones en ojos y en la piel que deterioran la calidad de vida de los residentes.

Dichos gases contaminantes y de efecto invernadero como los compuestos de Carbono, entre los que encontramos Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), gases contaminantes (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>), y principalmente el material particulado, son

los principales causantes de los efectos ya descritos. La secretaria Distrital de Medio Ambiente en conjunto con la secretaria de salud, cuenta con una red de monitoreo de calidad de aire que vigila y controla la emisión de dichos contaminantes, de acuerdo con estas mediciones, el suroccidente de la ciudad es el sector en donde más se concentra material particulado. La estación Carvajal-Sevillana, que puede medir buena parte del aire de las localidades de Bosa, Tunjuelito y Ciudad Bolívar, registró en el 2015 un PM10 anual de  $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (microgramos por metro cúbico) y un PM 2,5 de  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ : cuatro y tres veces por encima de los niveles máximos permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Por consiguiente, con el fin de difundir la información brindada por el observatorio ambiental a los ciudadanos, se propone diseñar una herramienta que facilite el acceso a la información de calidad de aire, por este motivo se pretende mostrar los índices de calidad de aire mediante mapas de calor, tomando como parámetro la concentración de PM10, para las diferentes localidades de la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta la normatividad ambiental vigente, con la finalidad de que se conozca de manera eficiente la calidad del aire del Distrito, utilizando datos de las diferentes estaciones meteorológicas distribuidas en las localidades de la ciudad de Bogotá, obteniendo resultados de contaminantes como PM10, así como los criterios que afectan la salud y el Medio Ambiente, mostrando la información mediante un mapa de calor que permita visualizar la calidad del aire de una manera entendible para los ciudadanos por medio de rangos.

### **3. Justificación**

La herramienta propuesta se diseña con el fin de aportar a la ciudadanía información que visualmente sea clara, concisa y de fácil comprensión, mediante la creación de un geovisor web que permita conocer las concentraciones de PM10 a la cual se encuentran expuestos los ciudadanos, a través de mapas de calor. Visualizar las concentraciones mediante mapas de calor tiene la ventaja de ser fácilmente interpretado por los usuarios al emplear una gama de colores como simbología para representar las áreas de Bogotá en las que hay mayor concentración de PM10. Teniendo presente los niveles de contaminación permitidos por las autoridades ambientales y los niveles que son perjudiciales para la población. Adicionalmente se quiere aprovechar las tecnologías de la información y comunicación, con las que se cuenta hoy en día como lo son: teléfonos inteligentes, internet, redes sociales, entre otros, para que la información se difunda de manera eficiente y se genere así una mejora en la interacción ciudadano-ambiente.

Las mediciones y los datos proporcionados por el observatorio ambiental a través de la red de monitoreo de calidad del aire, generan información útil para la ciudadanía, sin embargo para que exista una mayor participación en los procesos de toma de decisiones y disminuir el impacto ambiental que ha causado el incremento en las emisiones de gases por parte de industrias y el sector automotriz, es necesario generar conciencia. Por esto, el impacto visual que producen los mapas de calor es la mejor forma de captar la atención de los ciudadanos.

Al mismo tiempo, la herramienta permitirá a la ciudadanía identificar y analizar posibles focos de contaminación de material particulado que tienen un mayor impacto

sobre el medio ambiente y la salud de estos mismos, al visualizar las concentraciones mediante mapas de calor e información detallada de calidad de aire por cada estación, donde se explica al usuario el significado de las concentraciones de PM10 y algunas recomendaciones para el cuidado de su salud.

Finalmente la salud pública se verá beneficiada al proporcionar este tipo de información a todas las personas especialmente aquellas que tienen condiciones de salud que las hace propensas a tener dificultades respiratorias, afecciones dérmicas y oculares, así mismo personas que usan medios de transporte como bicicletas, motos, y algunos vehículos eléctricos quienes se encuentran expuestos de manera directa a la polución, además de deportistas, contribuyendo a la salud y bienestar de la comunidad.

## **4. Alcance**

### **4.1. Alcance Espacial**

En primer lugar el geovisor Web adaptativo para dispositivos móviles fue desarrollado para ser implementado en la ciudad de Bogotá, debido a que la ciudad cuenta con información de las estaciones de monitoreo que se encuentran distribuidas en diferentes localidades. A pesar de que la ciudad no cuenta con al menos una estación de monitoreo por localidad, es posible visualizar las áreas de Bogotá donde hay una mayor concentración de material particulado, tomando como referencia las 11 estaciones de monitoreo.

### **4.2. Alcance temporal**

En segundo lugar los datos utilizados para el desarrollo del geovisor permiten visualizar y analizar el comportamiento de la concentración de PM10 en las diferentes estaciones de monitoreo para el año 2016 con una periodicidad trimestral. La información mostrada es de alta confiabilidad puesto que la información fue tomada del Observatorio Ambiental de Bogotá, quien cuenta con una red de monitoreo.

### **4.3. Alcance técnico**

En tercer lugar el geovisor cumple con los objetivos planteados permitir visualizar información de PM10 mediante mapas de calor a través de dispositivos móviles.



## **5. Objetivos**

### **5.1 Objetivo general**

Desarrollar un geovisor web adaptativo para dispositivos móviles, para presentar y consultar información de índices de calidad de aire basado en las concentraciones de PM 10 de las localidades de la ciudad de Bogotá D.C mediante mapas de calor.

### **5.2 Objetivos específicos**

1. Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema del geovisor.
2. Diseñar la estructura del geovisor que cumpla con los requerimientos del sistema y de software.
3. Desarrollar e implementar un geovisor que permita visualizar la información de la calidad del aire requerida por el sistema.
4. Evaluar el geovisor, realizando pruebas con el fin de verificar que cumpla con los requerimientos del sistema.

## 6. Estado del arte

### 6.1 Marco teórico

De acuerdo con IDEAM (2012), el interés en conocer el estado de la calidad del aire se remonta al año 1967, en el que por iniciativa de la Organización Panamericana de la Salud – OPS y por medio del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), se puso en funcionamiento la Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire – RED PANAIRES; esta red inicialmente contaba con ocho estaciones y se fue expandiendo de manera que a finales de 1973 contaba con 88 estaciones ubicadas en 26 ciudades de 14 países, de las cuales en Colombia había estaciones en Bogotá, Barranquilla, Bucaramanga, Cali, Cartagena y Medellín; esta red permaneció en operación hasta 1980.

La evolución en el monitoreo avanzó simultáneamente con la expedición de la normatividad en el país; fue así como en 1973 se expidió la Ley 23 cuyo objetivo era “Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional” en esta Ley se consideran como bienes contaminables el agua, el suelo y el aire. Un año más tarde se promulgaría el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y Protección al Medio Ambiente, como está estipulado en el Decreto 2811 de 1974, el cual constituye la línea base de las políticas ambientales de Colombia (IDEAM, 2012). Seis años después en el año 1979 se promulgó la Ley 9 que facultó al entonces Ministerio de Salud a proferir las normas de emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera, para la protección del recurso. A causa de la facultad conferida el Ministerio de Salud emitió el Decreto 02 de 1982 que

fijó las normas de calidad del aire retomando las disposiciones del Decreto 2811 de 1974 y la Ley 9 de 1979. Al contar con límites máximos permisibles para la emisión de contaminantes a la atmósfera, se reactivó la necesidad de monitorear la calidad del aire; dando respuesta a esta necesidad en 1983 se creó la Red Nacional de Vigilancia de la Calidad del Aire que contaba con más de 50 estaciones y estuvo en operación hasta 1990 (IDEAM, 2012).

A fin de establecer la utilidad del inventario oficial de emisiones Gaitán *et al.* (2007) indica que tanto industrias como vehículos aportan de manera significativa al problema de contaminación del aire que se observa en la ciudad. La flota vehicular supera las 1.2 millones de unidades y se encuentra compuesta por vehículos cuya edad promedio es mayor a 10 años. Estos valores son superiores a los observados en otras ciudades de América Latina tales como Sao Paulo, Santiago de Chile y Ciudad de México. Puesto que los vehículos de transporte público de la ciudad se alimentan principalmente de combustibles diésel, que para el caso de Bogotá cuentan con elevados niveles de azufre, los cuales superan las 1,000 partes por millón (ppm). Así mismo mencionan que el diagnóstico del problema actual de contaminación del aire en Bogotá ha sido posible gracias a que desde el año de 1997 la ciudad cuenta con una moderna Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB), la cual se encarga de hacer seguimiento, en tiempo real, de las concentraciones de los distintos contaminantes, así como de diversas variables meteorológicas. La información proporcionada por esta red de monitoreo es utilizada para establecer las tendencias de contaminación en la ciudad y para entender las variables que determinan dichas tendencias. La información de calidad del aire generada por la RMCAB es también una herramienta de diseño de política pública, ya

que sirve de soporte técnico y científico para las medidas y políticas que el gobierno local establece con el fin de mejorar las condiciones ambientales de la ciudad. Para el mismo año, Rojas (2007), comenta que la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) logró identificar los mayores emisores de contaminantes del aire a través de inventarios de emisión que han sido actualizados en varias oportunidades. Se ha determinado que tanto la industria como las fuentes móviles tienen una contribución importante a las emisiones de contaminantes. Para el contaminante más significativo, el material particulado, se ha encontrado que la industria aporta aproximadamente el 60% de las emisiones, y las fuentes móviles el 40%. Sin embargo, si se tiene en cuenta el impacto de la exposición de la población a la contaminación, es posible afirmar que las fuentes móviles tienen un impacto más significativo, debido a la mayor cercanía de la población (peatones, ciclistas, conductores) a las fuentes de emisión de contaminantes.

De acuerdo con el IDEAM (2012), uno de los aspectos importantes a tener en cuenta es el Índice de Calidad del Aire (ICA), el cual está contemplado para seis contaminantes criterio (O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, CO, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>) en tiempos de exposición que oscilan entre 1 hora y 24 horas de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Se presenta en una escala que oscila entre 0 y 500 donde los valores más altos representan mayores niveles de contaminación atmosférica y en consecuencia, más efectos potenciales y adversos a la salud de la población. Este rango se divide en seis categorías que son indicativas del estado general del aire teniendo en cuenta que el propósito principal del ICA es comunicar de una

manera fácil y eficaz a la población sobre los efectos del estado de la calidad del aire en la salud.

Con el objetivo de presentar información concerniente a la calidad del aire, se han empleado algunas herramientas como aplicaciones, visores entre otros. Sin embargo existen otras herramientas como los mapas de calor o mapas de densidad que son representaciones visuales de datos, facilitan su comprensión y posterior análisis. Este tipo de herramientas permiten simbolizar un punto o nodo con un color que va desde el rojo hasta el azul, reflejando la densidad o intensidad de un suceso dentro de un área. De tal manera que los colores más fríos representan valores menores mientras que los más cálidos simbolizan valores mayores (Cantos-Mateos *et al.*, 2014; & Castillo Prieto, 2017).

## 6.2 Antecedentes

Internacionalmente en la actualidad se cuenta con visores web, los cuales brindan información sobre la calidad del aire de diferentes países alrededor del mundo. El Air Quality Index (AQI), funciona como aplicativo móvil y web, brinda información en tiempo real para: África, América del Norte, Asia, Australia, China, Europa, entre otros. Además de proporcionar información sobre las concentraciones de contaminantes atmosféricos, cuenta con valores de temperatura y presión atmosférica (World Air Quality, 2008-2016).

Para dispositivos móviles, se cuenta con aplicaciones como: “Aire! Calidad del Aire Mundial”, aplicación que indica a los usuarios que tan contaminado se encuentra el aire y los efectos en la salud que puede experimentar una persona al respirar aire contaminado (AirNow, 2016). “Air Quality-AirVisual”, cuenta con información del consulado y la embajada de Estados Unidos (Airvisual, 2016), “Air Quality USA”, permite a los usuarios monitorear la calidad del aire de las áreas donde se encuentran, influyendo en la planeación de sus actividades diarias (mim.Armand, 2015).

En la actualidad en Colombia el observatorio ambiental ha desarrollado para la ciudad de Bogotá un Índice Bogotano de Calidad del Aire (IBOCA), el cual se adoptó por la Resolución 2410 en el 2015 (OAB, 2008). El IBOCA es un indicador adimensional, proporciona información sobre el riesgo ambiental por contaminación atmosférica y el estado de la calidad del aire de Bogotá. Adicionalmente, cuenta con una serie de recomendaciones y afectaciones a la salud, así como las medidas voluntarias para que los ciudadanos contribuyan al mejoramiento o mantenimiento de la calidad del aire de la ciudad. Esta herramienta web, cuenta con información en tiempo real, obtenida a partir de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de la Secretaría Distrital de Ambiente.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá en la ciudad de Medellín, cuenta con una página web que proporciona a los usuarios información sobre: calidad del aire en los municipios del departamento de Antioquia, información complementaria sobre: ¿Qué es el ICA?, ¿Cómo se calcula?, principales contaminantes, normatividad asociada al aire, ruido y olores. Adicionalmente, cuenta con una sección enfocada a los niños, donde se explica en un lenguaje sencillo temáticas relacionadas con el aire, contaminación, fuentes contaminantes, entre otros (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2011).

A nivel nacional el Sistema de Información sobre Calidad del Aire (SISAIRE) es un sistema bajo ambiente Web, para la captura, almacenamiento, transferencia procesamiento y consulta de información, que permite la generación de información unificada de las redes de calidad del aire del país (IDEAM, 2015). Además de permitir realizar consultas a nivel departamental, por redes o por contaminante los valores del índice de calidad del aire, cuenta con información de mapas de ruido para algunos municipios.

## 7. Metodología

La metodología empleada en el desarrollo de un visor web para aplicativos móviles, se basó en el modelo orientado a la reutilización o basado en componentes, el cual hace parte de los procesos de desarrollo de software ágiles, dicho modelo contempla el reúso del código, el cual sirvió de apoyo para el desarrollo del software. Este modelo pretende integrar aspectos como involucrar al cliente, entregas incrementales, enfocado en procesos y simplicidad constante.

Dicho modelo fue elegido porque optimiza los recursos en el desarrollo, esto lo afirma Rozanigo (2000), en su tesis denominada “Maximizando reúso en software para Ingeniería Estructural”, mencionando que una manera de ayudar a cumplir con este objetivo es maximizar el reúso y posibilidad de evolución. El reúso produce reducción de tiempo y costo e incrementos de calidad, en la medida que el desarrollador pueda encontrar, utilizar y adaptar al nuevo contexto, aquellas soluciones que ya han sido probadas y usadas exitosamente.

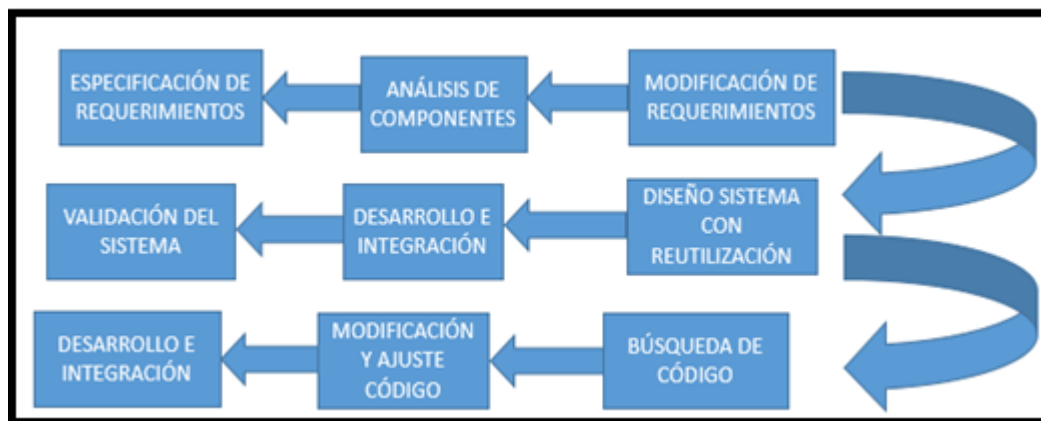


Figura 1. Proceso metodología de re uso. Fuente: Adaptado de Sommerville (2011)

A continuación, se describen cada una de las fases mostradas en la figura 1.



Inicialmente en la fase de especificación de requerimientos se identificaron los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema. Una vez establecidas las especificaciones se realizó el análisis de componentes, durante esta fase de acuerdo a la funcionalidad del sistema se buscaron los componentes a implementar. Se realizó un análisis de los mismos, con el fin de ajustarlos a los requerimientos del sistema. Posteriormente se procedió al diseño del sistema reutilizando un marco de trabajo, para lo cual fue necesario realizar una búsqueda de código, modificarlo y ajustarlo de acuerdo a las necesidades previamente definidas, para poder diseñar finalmente el sistema. Sin embargo, no todo el código fue reutilizado, para lo cual fue necesario desarrollar el código complementario para realizar los ajustes correspondientes en respuesta a las necesidades del sistema, para integrarlo.

## 8. Resultados

El proceso de especificación de los requerimientos necesarios para la funcionalidad del sistema se realizó con el diagrama de casos de usos (figura 2) denominado AMICA (Aplicativo móvil de índice de calidad del aire), donde se determinó como único actor los usuarios, quienes estarán en capacidad de visualizar información sobre calidad del aire en términos de las concentraciones de PM10 y algunas recomendaciones. De igual modo el usuario puede seleccionar el tipo de mapa base que desea seleccionar, así como desplazarse a través de las calles, con el fin de visualizar los espacios aledaños a las estaciones de monitoreo.

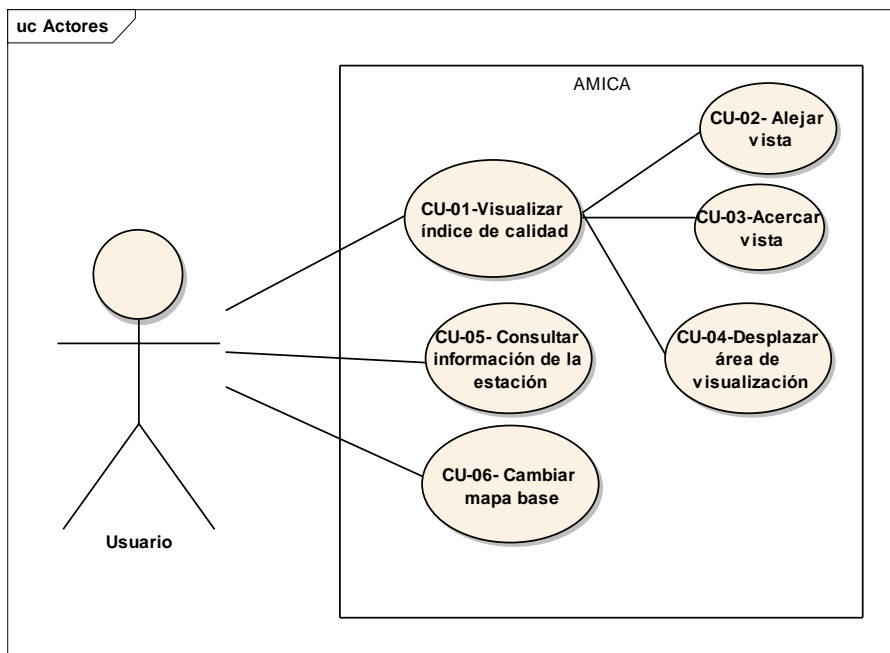


Figura 2. Diagrama de casos de uso. Fuente: Elaboración propia.

Se estableció el diseño arquitectónico (figura 3), donde cada uno de los componentes se relaciona con su respectivo par, identificando las entradas y salidas. Dentro del diseño arquitectónico se identificaron 4 componentes, los cuales

corresponden a el navegador web que está asociado al usuario; AMICA que corresponde al servidor como tal, los entornos de desarrollo corresponden a javascript, html y css. Se cuenta con el visualizador, que para este caso corresponde a la aplicación Google maps y la base de datos corresponde a un servicio web denominado “Fusion tables” de Google.

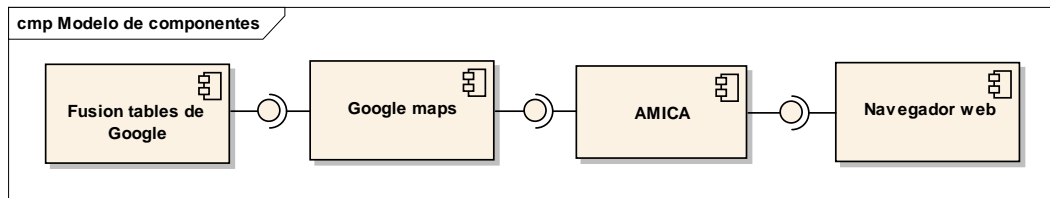


Figura 3. Diagrama de componentes. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se estableció el diseño del hardware (figura 4). Se identificaron 3 capas o nodos, por parte del cliente se tiene asociado el navegador web, mientras que por el lado del servidor se tiene el aplicativo AMICA. Como tercer nodo se cuenta con dos servicios web asociados al almacenamiento de información en la nube la aplicación Google maps y la base de datos corresponde a un servicio web denominado “Fusion tables” de Google.

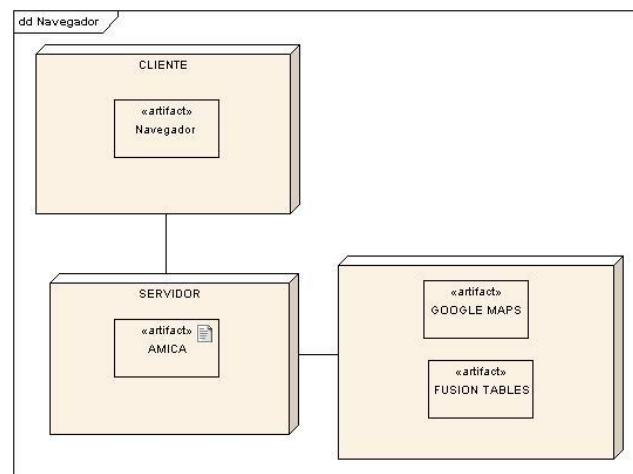
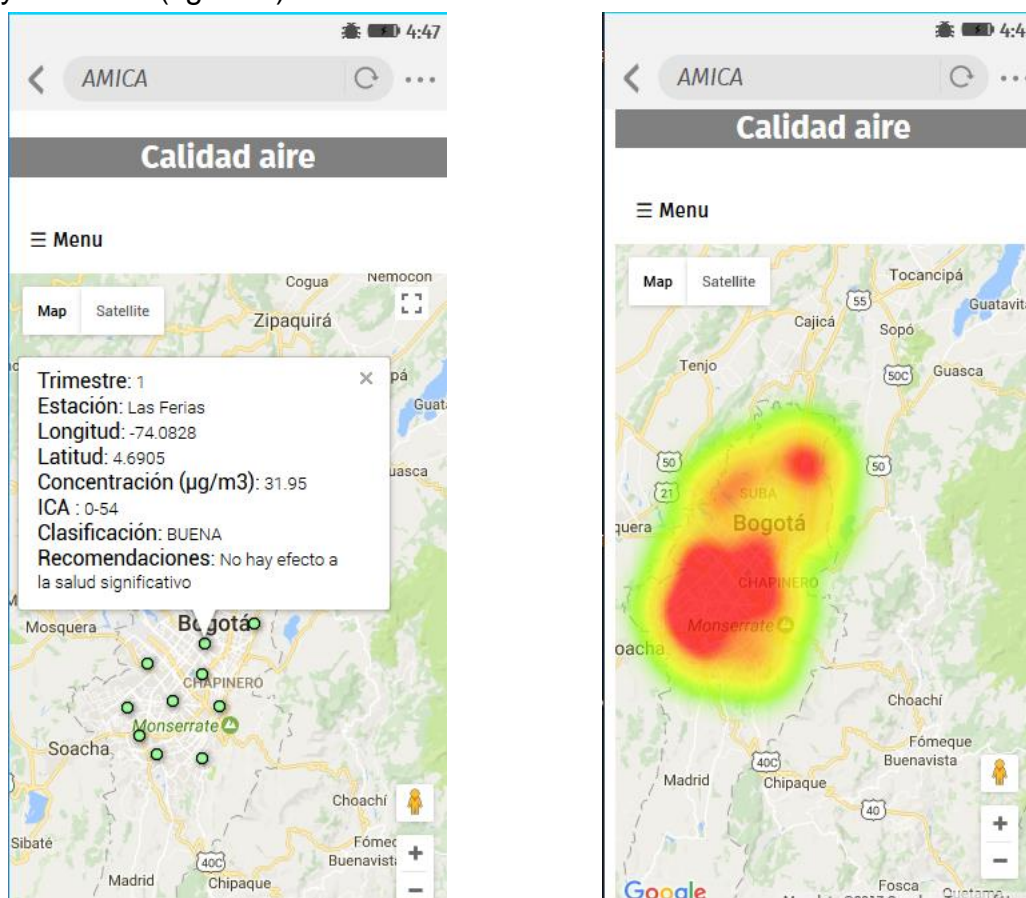


Figura 4. Diagrama de despliegue. Fuente: elaboración propia

Se realizó la implementación del geovisor utilizando la aplicación *Fusion tables* de Google Maps JavaScript API, que permitió cargar la tabla diseñada como base de datos almacenada en Google drive. De igual modo se generó el mapa de calor a través del servicio de Google Maps, obteniendo como resultados las zonas de Bogotá con mayor concentración de contaminantes coincidiendo con las localidades de Kennedy, Puente Aranda y Fontibón (figura 5).



*Figura 5. Visualización de leyenda y recomendaciones de calidad de Aire por estaciones monitoreo y mapa de calor concentración de PM10. Fuente propia.*

Finalmente la publicación del servicio obteniendo el HTML5 con Java Scripts, el cual se reutilizó y se ajustó adicionando estilos personalizados obteniendo como resultado el geovisor en la Web como se muestra a continuación.

De igual forma se realizó la simulación del geovisor en dispositivos móviles utilizando la herramienta WebIDE del navegador Mozilla Firefox donde se utilizó el simulador Firefox OS 2.2 Simulator (estable), permitió tener una visualización del geovisor en dispositivos móviles, previamente el servicio había sido publicado en un servidor web Wamp Server, cumpliendo así con cada uno de los requerimientos del sistema establecidos previamente.

## **9. Conclusiones**

El proceso de identificación de requerimientos funcionales del sistema, así como la identificación de los actores es el motor inicial, para el desarrollo de un sistema que cumpla con las necesidades planteadas por el usuario.

El diseño del sistema no puede dejar de lado los requerimientos funcionales, es necesario hacer un análisis previo de la funcionalidad y utilidad del sistema con el fin de implementar el diseño del mismo, basado en los requerimientos funcionales y no funcionales.

El re uso de código resulta de gran utilidad al momento de diseñar el sistema, sin embargo, cabe resaltar que no todo el código se ajusta a las necesidades por lo cual es necesario revisar el código con detalle y modificarlo de acuerdo a la funcionalidad y necesidades que se requiera.

## 10. Referencias

- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2011). *Índice de calidad del aire*. Recuperado de: <http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/Paginas/default.aspx>
- AirNow. (2016). *Air Quality Index (AQI) Basics*. Recuperado de <https://airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi>
- Airvisual. (2016). *Air Quality-AirVisual*. Recuperado de <https://airvisual.com/>
- Cantos-Mateos, G., Zulueta, M. Á., Vargas-Quesada, B., & Chinchilla-Rodríguez, Z. (2014). Estudio evolutivo de la investigación española con células madre. Visualización e identificación de las principales líneas de investigación. *El profesional de la información*, 23(3), 259-271.
- Castillo Prieto, E. (2017). Análisis del comportamiento de personas mediante mapas de calor (Bachelor's thesis).
- Gaitán, M.; Cancino, J. & Behrentz, E. (2007). Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá. *Revista de Ingeniería*, (26), 81-92. Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-49932007000200011&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932007000200011&lng=en&tlng=es).
- IDEAM. (2012). Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007-2010 Bogotá D.C.. Recuperado de: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022433/CALIDADDELAIREWEB.pdf>
- IDEAM. (2015). *SISARE (Subsistema de Información sobre Calidad de aire)*. Recuperado de: <http://www.sisaire.gov.co:8080/faces/portal/default.jsp>
- Mim.Armand. (2015). *Air Quality USA*. Recuperado de <https://play.google.com/store/apps/details?id=eu.armand.app.airus&hl=es>
- OAB. (2008). *Índice Bogotano de Calidad del Aire- IBOCA*. Recuperado de: <http://oab.ambientebogota.gov.co/esm/indicadores?id=43&v=l>
- Rojas, N. (2007). Aire y problemas ambientales de Bogotá. Recuperado de: [http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44342289/aire\\_y\\_problemas\\_ambientales\\_de\\_bogota.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1492554412&Signature=nsqbjGDHz8HGXR4LBz%2Fki8PagN0%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAire\\_y\\_problemas\\_ambientales\\_de\\_Bogota.pdf](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44342289/aire_y_problemas_ambientales_de_bogota.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1492554412&Signature=nsqbjGDHz8HGXR4LBz%2Fki8PagN0%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAire_y_problemas_ambientales_de_Bogota.pdf)

Rozanigo, Z. (2000). *Maximizando reuso en software para Ingeniería Estructural*. En: [http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Magisters/Ingenieria\\_de\\_Software/Tesis/Rosanigo\\_Zulema.pdf](http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Magisters/Ingenieria_de_Software/Tesis/Rosanigo_Zulema.pdf)

Sommerville, Ian. (2011). *Ingeniería de Software*. Naucalpan de Juárez, México. Addison-Wesley.

World Air Quality. (2008-2016). *Air Quality Index*. Recuperado de <http://aqicn.org/map/colombia/es/>