

DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA PARA EL MONITOREO DE LA  
CALIDAD DEL AIRE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ, UTILIZANDO APOYOS  
TECNOLÓGICOS DE LA ERA DIGITAL

Danna Stefania Beltrán Niño  
Daniel Felipe López Aragón  
Nikol Jahaira Palencia Rubiano  
Geoffrey Struss Castillo

Universidad de San Buenaventura Bogotá

Proyecto Integrador

11/11/2022

# Tabla de Contenido

<u>ÍNDICE DE CONTENIDO</u> .....	2
<u>1 CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u> .....	3
1.1 <u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u> .....	3
1.2 <u>OBJETIVOS</u> .....	4
1.2.1 <u>OBJETIVO GENERAL</u> .....	4
1.2.2 <u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u> .....	4
1.3 <u>JUSTIFICACIÓN</u> .....	5
1.4 <u>ALCANCE</u> .....	5
<u>2 CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</u> .....	6
2.1 <u>AGENTES CONTAMINANTES DEL AIRE</u> .....	6
4.2.1 <u>PM2.5 y PM10</u> .....	6
4.2.1 <u>Ozono</u> .....	6
4.2.1 <u>Dióxido de nitrógeno</u> .....	7
4.2.1 <u>Dióxido de azufre</u> .....	8
4.2.1 <u>Monóxido de carbono</u> .....	8
2.2 <u>LENGUAJES PARA EL DESARROLLO WEB</u> .....	9
4.2.1 <u>Python</u> .....	9
4.2.1 <u>Java</u> .....	9
4.2.1 <u>PHP</u> .....	10
4.2.1 <u>JavaScript</u> .....	10
2.4 <u>ANTECEDENTES</u> .....	11
2.4.1 <u>A NIVEL INTERNACIONAL</u> .....	11
2.4.2 <u>A NIVEL NACIONAL</u> .....	12
2.4.3 <u>A NIVEL LOCAL</u> .....	14
<u>3 CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA</u> .....	16
3.1 <u>TIPO DE INVESTIGACIÓN</u> .....	16

3.2 <u>DISEÑO METODOLÓGICO</u> .....	16
3.2.1 <u>FASE 1</u> .....	16
4. <u>CAPITULO 4. DESARROLLO</u> .....	17
4.1 <u>ACTIVIDADES</u> .....	17
4.2 <u>CUADROS DE CORRESPONDENCIA</u> .....	19
4.2.1 <u>Gestión del tiempo</u> .....	19
4.2.1 <u>Gestión de costos</u> .....	20
4.2.1 <u>Gestión de comunicaciones</u> .....	20
4.2.1 <u>Gestión de recurso humano</u> .....	21
4.2.1 <u>Gestión de riesgos</u> .....	21
4.3 <u>EDT</u> .....	22
4.4.1 <u>REQUERIMIENTOS FUNCIONALES</u> .....	22
4.4.2 <u>REQUERIMIENTOS TÉCNICOS</u> .....	23
4.5 <u>MATRIZ DOFA</u> .....	24
5 <u>REFERENCIAS</u> .....	24

## CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En particular, la ciudad de Bogotá enfrenta un problema de contaminación ambiental que es causado principalmente por material particulado proveniente de diversos factores, incluyendo la combustión de fuentes móviles, el mal estado de las vías y en ciertas épocas del año, partículas provenientes del transporte de incendios forestales.

Ahora, para impulsar la reducción de contaminantes en la ciudad, Bogotá ha desarrollado un plan estratégico para la gestión integral de la calidad del aire al 2030, que la administración regional firmó en 2021. Incluye estrategias que se

adoptarán durante la próxima década y tiene como objetivo alinear la agenda con las últimas directrices de la OMS sobre contaminantes y sus niveles máximos permisibles.

La OMS recomienda nuevos niveles de calidad del aire para 6 contaminantes en sus últimas directrices: partículas (PM2.5 y PM10), ozono (O3), dióxido de nitrógeno (NO2), dióxido de azufre (SO2) y monóxido de carbono (CO).

Por tanto, se plantea el siguiente interrogante ¿cómo desarrollar una plataforma que pueda generar informes de las concentraciones de agentes contaminantes del aire de la ciudad de Bogotá para posteriores análisis?

## OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una plataforma para consolidar información de la calidad del aire de Bogotá por medio de herramientas de la era digital.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar los diferentes agentes contaminantes en el aire para seleccionar los 6 de mayor repercusión en la salud de las personas mediante una búsqueda documental.
2. Realizar una búsqueda de antecedentes con el fin de fundamentar la información respecto a plataformas web y aplicaciones móviles de medición y monitoreo que existan.
3. Hacer una evaluación y un análisis de datos, tomando como punto de partida la información presentada por la RMCAB, con el fin de documentar la trazabilidad de la información de las estaciones y su funcionamiento.

## JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto busca como objetivo mejorar la plataforma actual de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de la ciudad de Bogotá (RMCAB). Ya que la red de monitoreo actual es obsoleta y no entrega los datos suficientes para tomar las medidas necesarias y promover estrategias que ayuden a la reducción de la contaminación en la ciudad, para ello, con base en el uso de herramientas de la era digital, el objetivo es consolidar el soporte tecnológico para elaborar informes precisos de contaminación con el fin de utilizar esta información para desarrollar estrategias específicas en Bogotá que permitan la reducción de contaminantes y las enfermedades causadas por estos.

Por ello, la aplicación de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), el análisis de datos y, por supuesto, el desarrollo de redes que faciliten a los ciudadanos una información más democrática, permitirá generar informes efectivos sobre el estado de la calidad del aire en la ciudad.

Finalmente, la plataforma tiene como objetivo fortalecer las medidas ya tomadas y promover la consolidación del llamado plan estratégico para la gestión integral de la calidad del aire en Bogotá en 2030 para lograr una mayor igualdad, democracia y cambio en nuestro entorno en beneficio del medio ambiente y la población, para que sea más seguro y amigable.

## ALCANCE

De los diferentes agentes contaminantes que se encuentran en el aire de la ciudad de Bogotá, se identifican los 6 que tienen mayor afectación a la salud y al medio ambiente, los cuales son el PM2.5, PM10, ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono. Así pues, en la búsqueda de información con respecto a plataformas de monitoreo, se consolidan los más significativos a nivel internacional, nacional y local, sacando como resultado 2 por cada nivel obteniendo un total de 6 antecedentes de distintos tipos.

Finalmente, en el análisis de la plataforma RMCAB, se evalúa la información de las 19 estaciones que han estado funcionando en la ciudad de Bogotá, midiendo su rendimiento en el transcurso del semestre, lo que compone la funcionalidad de cada uno de los puntos, su efectividad en cuanto a los resultados que proyecta y el cómo se muestra la información.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### AGENTES CONTAMINANTES DEL AIRE

#### **PM2.5y PM10**

PM se refiere a las partículas en suspensión que se encuentran en el aire. PM seguido de un número hace referencia a todas las partículas de un tamaño máximo determinado (diámetro aerodinámico). Las partículas de un rango inferior también quedan incluidas. PM0.1 son partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 0.1 µm, denominadas partículas ultrafinas o fracción ultrafina. PM2.5 son partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 2.5 µm, denominadas partículas finas o fracción fina (que por definición incluye a las partículas ultrafinas). PM10 son partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 10 µm, es decir, comprende las fracciones fina y gruesa (GreenFacts, 2022).

La fracción PM10 comprende tanto las partículas gruesas (PM10-2.5) como las finas (PM2.5); mientras que la fracción fina (PM2.5) incluye las partículas ultrafinas (PM0.1). Por lo tanto, las tres fracciones no deben nunca sumarse, ya que PM10 incluye a PM2.5, que, a su vez, incluye a PM0.1 (GreenFacts, 2022).

#### **Ozono**

El Ozono (O<sub>3</sub>) es un gas compuesto por moléculas triatómicas de oxígeno unidas cíclicamente. Su peso molecular es de 48 Da, posee una gran carga de energía ( $2O_3 = 3O_2 + 68.400 \text{ cal}$ ) y un gran poder oxidante, sólo superado por el flúor y el persulfato. Es un gas claro de color azul, inestable que rápidamente desaparece como tal con una vida media de 40 minutos a 20°C, es 1,6 veces más denso que el oxígeno y 10 veces más soluble en agua (49,0 ml en 100 ml de agua a 0° C) (53). Otra de las características del ozono gas es su olor (su nombre procede del griego “ozein” que significa olor). Normalmente se almacena condensado en un líquido azul profundo a muy baja temperatura (Ireneo P, 2017).

El ozono se encuentra de forma natural en la atmósfera, sirviendo como capa protectora de la radiación ultravioleta procedente del sol. Se genera a partir de la energía de la radiación solar que al incidir sobre las moléculas de oxígeno las descompone en dos especies efímeras muy reactivas que reaccionan con otras

moléculas diatómicas de oxígeno uniéndose a ellas y dando la forma triatómica que es el ozono (Ireneo P, 2017).

El ozono (O<sub>3</sub>), descubierto por Schönbein en 1840, es un gas que en la actualidad está ganando gran preferencia de utilización tanto en la industria como en el campo de la medicina y odontología por su poder bactericida, fungicida, virucida y en otras múltiples utilidades. El ozono es una forma alotrópica del oxígeno (O<sub>2</sub>), muy inestable, formada por la adición de un tercer átomo a la molécula de oxígeno, que la torna mucho más activa desde el punto de vista bio-oxidativo en su acción biológica. En la naturaleza, el ozono es el gas más importante de la estratosfera. Puede ser generado espontáneamente en tempestades con tormentas eléctricas, y también por acción de rayos ultravioleta que, al reaccionar con el oxígeno, forman el ozono. La aplicación tópica del ozono como cicatrizante de heridas sépticas se remonta a la Primera Guerra Mundial. (Ireneo P, 2017).

### **Dióxido de nitrógeno**

El dióxido de nitrógeno generalmente se forma como resultado de la oxidación del óxido nítrico por el oxígeno del aire:  $O_2 + 2NO \rightarrow 2NO_2$ . El dióxido de nitrógeno u óxido de nitrógeno (IV)(NO<sub>2</sub>), es un compuesto químico formado por los elementos nitrógeno y oxígeno, uno de los principales contaminantes entre los varios óxidos de nitrógeno. El dióxido de nitrógeno es de color marrón-amarillento. Se forma como subproducto en los procesos de combustión a altas temperaturas, como en los vehículos motorizados y las plantas eléctricas. Por ello es un contaminante frecuente en zonas urbanas (IUPAC, 2005).

La formación de NO<sub>2</sub> en la atmósfera resulta de la oxidación del NO generado en los cilindros de los motores de combustión interna por combinación directa de nitrógeno y oxígeno. La mayor fuente de emisiones de óxidos de nitrógeno es el uso de combustibles fósiles por fuentes fijas y móviles, aunque también se producen óxidos de nitrógeno durante la fabricación de ácido nítrico, el uso de explosivos y el proceso de soldadura. Los óxidos de nitrógeno se generan de manera natural por actividad bacterial, volcánica y por descargas eléctricas atmosféricas; sin embargo, la cantidad generada es baja en comparación con las emisiones de origen antropogénico. La permanencia media del dióxido de nitrógeno en la atmósfera es de un día. (IUPAC, 2005).

## **Dióxido de azufre**

El dióxido de azufre es un compuesto inorgánico gaseoso formado por azufre (S) y oxígeno (O), siendo su fórmula química  $\text{SO}_2$ . Es un gas incoloro con olor irritante y sofocante. Además, es soluble en agua formando soluciones ácidas. Los volcanes lo expulsan hacia la atmósfera durante las erupciones. Forma parte del ciclo biológico y geoquímico del azufre, pero es producido en grandes cantidades por ciertas actividades humanas como la refinación del petróleo y la quema de combustibles fósiles (carbón o diésel, por ejemplo) (Stea M, 2020).

El  $\text{SO}_2$  presente en la atmósfera es dañino para muchas plantas, en el agua afecta los peces y además es uno de los responsables de la “lluvia ácida” la cual corroe los materiales creados por el ser humano. Las erupciones volcánicas explosivas causan fluctuaciones o variaciones anuales significativas del  $\text{SO}_2$  en la atmósfera. Se estima que el 25% del  $\text{SO}_2$  emitido por los volcanes es lavado por la lluvia antes de alcanzar la estratosfera (Stea M, 2020).

En zonas urbanas e industriales las fuentes humanas predominan. La principal actividad humana que lo produce es la quema de combustibles fósiles, como el carbón, la gasolina y el diésel. Otras fuentes humanas son las refinerías de petróleo, plantas químicas y producción de gas (Stea M, 2020).

## **Monóxido de carbono**

El monóxido de carbono, cuya fórmula química es  $\text{CO}$ , es un gas incoloro y altamente tóxico. Puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados. Se produce por la combustión deficiente de sustancias como gas, gasolina, queroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera. Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua o calefactores y los aparatos domésticos que queman combustible, como las estufas u hornillas de la cocina o los calentadores a queroseno, también pueden producirlo si no están funcionando bien (Luis E, 2017).

Los vehículos con el motor encendido también lo expulsan. Grandes cantidades de  $\text{CO}$  se forman como subproducto durante los procesos oxidativos para la producción de productos químicos, lo que hace necesaria la purificación de los gases residuales. Por otro lado, se están realizando considerables esfuerzos de investigación para desarrollar nuevos procesos y catalizadores para la maximización de la producción del producto útil. También se puede encontrar en las atmósferas de las estrellas de carbono (Luis E, 2017).



## LENGUAJES PARA EL DESARROLLO WEB

### Python

Python es un lenguaje de scripting independiente de plataforma y orientado a objetos, preparado para realizar cualquier tipo de programa, desde aplicaciones Windows a servidores de red o incluso, páginas web. Es un lenguaje interpretado, lo que significa que no se necesita compilar el código fuente para poder ejecutarlo, lo que ofrece ventajas como la rapidez de desarrollo e inconvenientes como una menor velocidad (Álvarez M, 2003).

El creador del lenguaje es un europeo llamado Guido Van Rossum. Hace ya más de una década que diseñó Python, ayudado y motivado por su experiencia en la creación de otro lenguaje llamado ABC. El objetivo de Guido era cubrir la necesidad de un lenguaje orientado a objetos de sencillo uso que sirviese para tratar diversas tareas dentro de la programación que habitualmente se hacía en Unix usando C (Álvarez M, 2003).

El desarrollo de Python duró varios años, durante los que trabajó en diversas compañías de Estados Unidos. En el 2000 ya disponía de un producto bastante completo y un equipo de desarrollo con el que se había asociado incluso en proyectos empresariales. Actualmente trabaja en Zope, una plataforma de gestión de contenidos y servidor de aplicaciones para el web, por supuesto, programada por completo en Python (Álvarez M, 2003).

### Java

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos diseñado específicamente para permitir a los desarrolladores una plataforma de continuidad. Java difiere de otros paradigmas de programación - como la programación funcional y lógica - porque los desarrolladores pueden continuar o actualizar algo que ya han terminado, en lugar de empezar desde cero. Los objetos mantienen el código ordenado y fácil de modificar cuando es necesario (Lenovo, 2022).

Los programas creados con Java son portátiles porque están ensamblados en bytecode. Puede ejecutarse en cualquier servidor donde esté instalado Java Virtual Machine (JVM) (Lenovo, 2022).

Sun Microsystems creó Java en 1995 como una plataforma universal que podía ejecutar la misma aplicación en cualquier máquina independientemente de su

sistema operativo. Java está instalado actualmente en 3 mil millones de dispositivos en todo el mundo (Lenovo, 2022).

## **PHP**

PHP es el acrónimo de Hipertext Preprocesor. Es un lenguaje de programación del lado del servidor gratuito e independiente de plataforma, rápido, con una gran librería de funciones y mucha documentación (Álvarez M, 2001).

Un lenguaje del lado del servidor es aquel que se ejecuta en el servidor web, justo antes de que se envíe la página a través de Internet al cliente. Las páginas que se ejecutan en el servidor pueden realizar accesos a bases de datos, conexiones en red, y otras tareas para crear la página final que verá el cliente. El cliente solamente recibe una página con el código HTML resultante de la ejecución de la PHP. Como la página resultante contiene únicamente código HTML, es compatible con todos los navegadores (Álvarez M, 2001).

Fue creado originalmente en 1994 por Rasmus Lerdorf, pero como PHP está desarrollado en política de código abierto, a lo largo de su historia ha tenido muchas contribuciones de otros desarrolladores (Álvarez M, 2001).

## **JavaScript**

JavaScript es un poderoso lenguaje de programación construido para el navegador Netscape en 1995. JavaScript es un lenguaje de programación creado para cumplir con las necesidades del paisaje envolvente del internet. Desde su concepción, ha crecido en popularidad y utilidad, y ahora está presente no solo en el desarrollo web. JavaScript es la insignia del desarrollo web interactivo y, como resultado, es universal en esta industria (Coppola M, 2022).

El uso más popular de JavaScript es para el desarrollo web, y es una de las herramientas más poderosas que un desarrollador puede tener en sus manos. Los desarrolladores usan JavaScript en esta área para añadir interactividad y funciones que mejoren la experiencia del usuario y hagan a internet mucho más disfrutable (Coppola M, 2022).

## ANTECEDENTES DEL PROYECTO

### **A nivel Internacional**

Como primer antecedente a nivel internacional se encuentra el proyecto titulado: “Aplicación de modelos de simulación de la calidad del aire”, el proyecto modela los procesos físicos y químicos que ocurren en la atmósfera utilizando modelos de calidad del aire que simulan la evolución de los contaminantes en la misma, todo ello integrado en un entorno computacional adecuado, utilizando la máquina disponible en el laboratorio del Grupo de Modelos y Software de Medio Ambiente de la Escuela de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid. (Velázquez M, 2021)

En este proyecto se van a utilizar modelos que constituyen el estado del arte en la modelización de la meteorología y la calidad del aire. Presenta dos núcleos dinámicos, un sistema de asimilación de datos y una arquitectura de software que admite cómputo paralelo y extensibilidad del sistema. El modelo sirve una amplia gama de aplicaciones meteorológicas en escalas de decenas de metros a miles de kilómetros (Velázquez M, 2021)

WRF ofrece una previsión operativa de una plataforma flexible y computacionalmente eficiente. Por último, se realizará la implementación de un sitio web en el cual se mostrarán los resultados de estas simulaciones. Para el desarrollo de la práctica se va a utilizar el lenguaje de programación Fortran, compilando los ficheros generados de código con el compilador GNU Fortran. Una vez se tienen los ejecutables, estos generarán unos ficheros de datos en formato net.cdf, los cuales serán visualizados mediante la herramienta Matlab (Velázquez M, 2021)

Como segundo antecedente a nivel internacional se encuentra el proyecto titulado: “Plataforma cloud de monitoreo, adquisición, visualización y predicción de la contaminación del aire, basada en modelos de redes neuronales artificiales”. En la presente investigación se propone medir la concentración de las partículas en suspensión que varían entre 2.5 ug y 10 ug también conocidas como PM10 y las partículas en suspensión menores a 2.5 ug conocidas como PM2.5, en el campus Huachi de la Universidad Técnica de Ambato (Paredes J, 2018).

La evaluación consiste en la construcción de una plataforma móvil para la medición de la concentración de los contaminantes PM10 y PM2.5. Dicha plataforma consta de un sensor de polvo PPD42, el que registra las partículas de polvo en un tiempo determinado, el sensor consta de un diodo emisor de luz y un detector de fotodiodos. La plataforma dispone de un sensor DHT11 para la

medición de la temperatura y humedad del ambiente y de un módulo GPS Ublox NEO 6M para el registro del posicionamiento de la plataforma móvil (Paredes J, 2018).

Por último, se realiza la predicción de las concentraciones de material particulado PM10 y PM2.5 utilizando Redes Neuronales artificiales. En el presente proyecto se emplea un perceptrón multicapa que consta de una capa de entrada, una capa intermedia y una capa de salida (Paredes J, 2018).

## **A nivel Nacional**

Como primer antecedente a nivel Nacional se encuentra el proyecto titulado: “Desarrollo de un aplicativo para observar el comportamiento de la calidad de aire basado en valores de PM2.5 en una red de monitoreo”, el proyecto de investigación trata sobre la implementación de un aplicativo app denominado SIMBU, que permite a cualquier ciudadano observar el comportamiento de la calidad de aire basado en valores de PM2.5.

El proyecto se realiza en una red de monitoreo en 10 puntos portátiles del área metropolitana de Bucaramanga, Colombia, en especial en la comuna centro de la ciudad, donde se realizará mediciones continuas con dispositivos electrónicos de bajo costo, con base en tecnología Arduino y que se están diseñando y desarrollando en la Universidad de Santander (Walter L, 2021).

La metodología del trabajo comprende la identificación de los puntos estratégicos mediante sistemas de información geográfica, el diseño y desarrollo de las herramientas electrónicas de medición de PM2.5, mediciones de PM2.5 con validación mediante equipos convencionales Hi-Vol, el desarrollo de la app SIMBU y la aplicación del seguimiento del monitoreo, como se ve en la Figura 1:

**Figura 1**



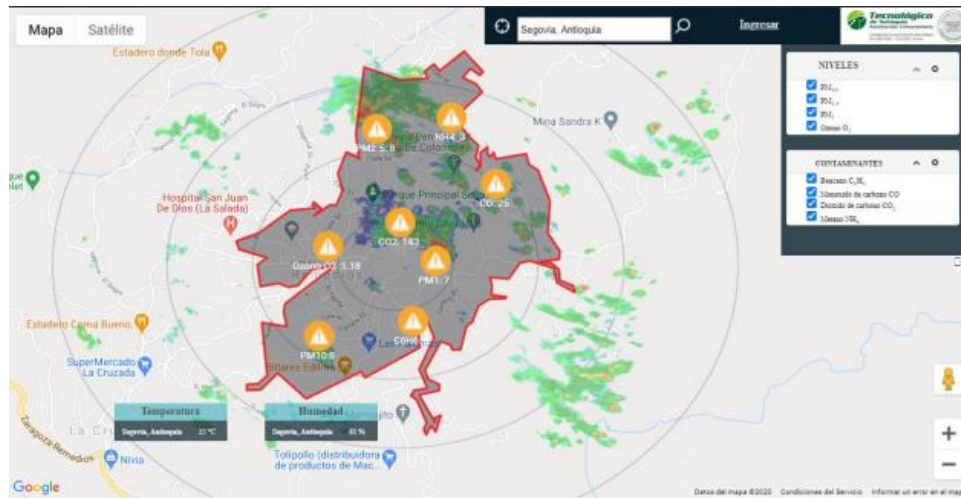
Fuente: [chrome-extension://efaidhbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Duarte-Forero-2/publication/354786561\\_Configuracion\\_de\\_una\\_red\\_de\\_prestadores\\_de\\_servicios\\_en\\_salud\\_para\\_zonas\\_urbanas\\_utilizando\\_herramientas\\_de\\_programacion\\_matematica/links/6152640c154b3227a8b3df43/Configuracion-de-una-red-de-prestadores-de-servicios-en-salud-para-zonas-urbanas-utilizando-herramientas-de-programacion-matematica.pdf](chrome-extension://efaidhbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Duarte-Forero-2/publication/354786561_Configuracion_de_una_red_de_prestadores_de_servicios_en_salud_para_zonas_urbanas_utilizando_herramientas_de_programacion_matematica/links/6152640c154b3227a8b3df43/Configuracion-de-una-red-de-prestadores-de-servicios-en-salud-para-zonas-urbanas-utilizando-herramientas-de-programacion-matematica.pdf)

El impacto esperado era tener un monitoreo continuo de PM2.5 en la ciudad, para la planeación y ejecución de acciones de mejoramiento y control de calidad del aire que propendan por una mayor calidad de vida y salud adecuada de la población (Walter L, 2021).

Como segundo antecedente a nivel nacional se encuentra el proyecto titulado: “Aplicativo web para el monitoreo y la gestión de la información de la calidad del aire en el municipio de Segovia, Antioquia”, este proyecto busca desarrollar un aplicativo web para el monitoreo y gestión de la calidad del aire en el municipio de Segovia, Antioquia, con el propósito de capturar datos en tiempo real, para posteriormente facilitar la toma de decisiones apoyados en el procesamiento de los datos y visualizaciones con el usuario final (Álvarez D, 2020).

En este proyecto el aplicativo se desarrolló basado en los principios de la metodología Scrum, permitiendo al usuario final acceder e interpretar los datos de una forma amigable, el resultado del aplicativo se muestra en la Figura 2:

**Figura 2**

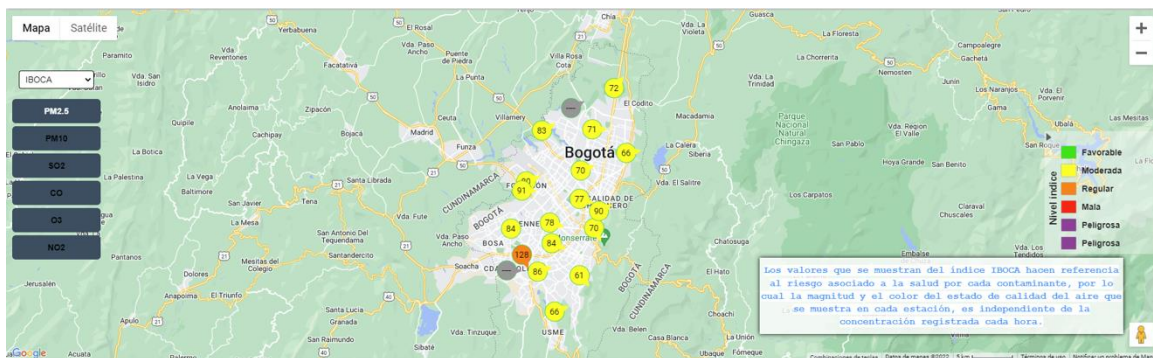


*Fuente: Moniterio y gestion.pdf (tdea.edu.co)*

## A nivel Local

Como primer antecedente a nivel Local se tiene la plataforma de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB). Este sistema se compone de 19 estaciones de medición fijas automáticas y una estación móvil. Las estaciones de monitoreo están conformadas por monitores, analizadores y sensores automáticos que recolectan datos cada hora sobre el estado de la calidad del aire en Bogotá. Esta información es almacenada y enviada vía internet hacia el servidor central de la Secretaría de Ambiente para posteriormente ser publicada en tiempo real en la página web de la entidad, como se evidencia en la Figura 3:

**Figura 3**



*Fuente: <http://mcab.ambientebogota.gov.co/home/map>*

La RMCAB ha llevado un registro de las concentraciones de ciertos contaminantes desde 1997, donde en las estaciones se monitorean los siguientes aspectos (Secretaría de Ambiente, 2022b):

- Contaminantes: óxidos de nitrógeno (NOX), ozono (O3), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO2) y material particulado (PM2.5 y PM10).

- Meteorológicos: Precipitación, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, presión atmosférica y radiación.

Desde el 2018, la RMCAB se rige por lo establecido en la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión y adopta disposiciones para la gestión de este recurso en el territorio nacional (Secretaría de Ambiente, 2022b).

Como segundo antecedente a nivel local se encuentra el proyecto titulado: “Estrategia piloto de divulgación de la plataforma web SISAIRE – IDEAM para el fortalecimiento del PRAE del Colegio Nacional Nicolás Esguerra de Bogotá D.C”. La contaminación atmosférica es un problema ambiental que reviste relevancia, debido a la afectación que le causa a la salud de la población; es por esto que cobra importancia el hecho de que las nuevas generaciones conozcan las herramientas con las que se cuenta en el país para conocer el estado del recurso aire y que de esta manera ejerzan una verdadera gobernanza de la calidad del aire (Hernández A, 2022).

En este sentido, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ideam, administra el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire SISAIRE, plataforma web que es la principal fuente de información a nivel nacional, sobre el estado de este recurso. Con base en la caracterización de usuarios del citado subsistema elaborada por el Ideam, se evidenció que la población menor de 18 años no lo conoce (Hernández A, 2022).

Así las cosas, surge la iniciativa de desarrollar una estrategia piloto de divulgación de esta plataforma web, para contribuir con el fortalecimiento del Proyecto de Educación Ambiental Escolar (PRAE) del Colegio Nacional Nicolás Esguerra de Bogotá (Hernández A, 2022).

## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

### TIPO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto tiene como enfoque de investigación un enfoque *tecnológico aplicado*, ya que este enfoque genera conocimientos o métodos dirigidos al sector productivo de bienes y servicios, ya sea con el fin de mejorarlo y hacerlo más eficiente, o con el fin de obtener productos nuevos y competitivos en dicho sector.

### DISEÑO METODOLÓGICO

#### FASE 1

En la primera fase, que para el proyecto abarcará todo el primer y segundo semestre se hará una búsqueda documental sobre agentes contaminantes, específicamente los que afectan la calidad del aire. Una búsqueda documental se hace a partir de varios pasos: primero, se hace una selección del material a investigar que pueda ser útil para el proceso.

Segundo, se clasifica el material y se separan los que son poco necesarios de los que son importantes para el proyecto.

Tercero, se compara el material seleccionado y se obtiene información textual con el objetivo de sustentar teorías e interpretaciones.

Cuarto, se analiza la información sobre el fenómeno de estudio.

Quinto y último, se cierra el tema especificando los puntos que se quería demostrar con conclusiones, que en el caso de proyecto fueron los 6 contaminantes seleccionados (PM2.5, PM10, ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono).

Por otro lado, se hará una búsqueda de antecedentes de plataformas de monitoreo. Las plataformas digitales o plataformas virtuales, son espacios en Internet que permiten la ejecución de diversas aplicaciones o programas en un mismo lugar para satisfacer distintas necesidades. Monitoreo es el proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información para hacer seguimiento al



progreso de un programa a favor de la consecución de sus objetivos, y para guiar las decisiones de gestión.

Por último, se hará un análisis de la actual red de monitoreo de la calidad del aire de Bogotá (RMCAB) para hacer una posterior evaluación de su efectividad. Este análisis se hace a partir de medir cada uno de los puntos de focalización y su funcionalidad en cuanto a los resultados que proyecta y el cómo se muestra la información.

## CAPITULO 4. DESARROLLO

### ACTIVIDADES

Para el desarrollo de las actividades propuestas para este semestre se realizó primero, la búsqueda y definición de los 6 agentes contaminantes que se van a monitorear para medir la calidad del aire en la ciudad de Bogotá. Segundo, se realizó la búsqueda de antecedentes de distintas plataformas o aplicaciones de monitoreo, en especial de la calidad del aire, para esto se hallaron 6 antecedentes principales, 2 a nivel internacional, 2 a nivel nacional y 2 a nivel local, encontrándose en este último la RMCAB que es el principal antecedente que se tiene como referencia del proyecto.

Además de esto, avanzando en el diseño del proyecto se tiene el Modelo Relacional de lo que será la base de datos de la plataforma en MySQL, como se evidencia en la Figura 4, además de una muestra en la Figura 5. También el Modelo Entidad Relación, Figura 6:

**Figura 4**

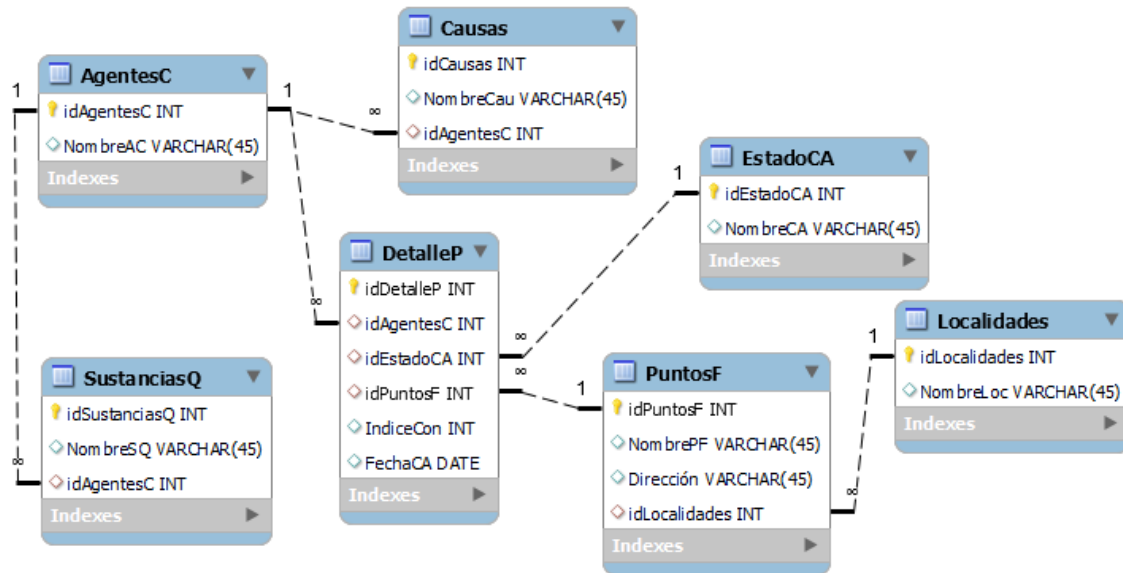


Figura 5

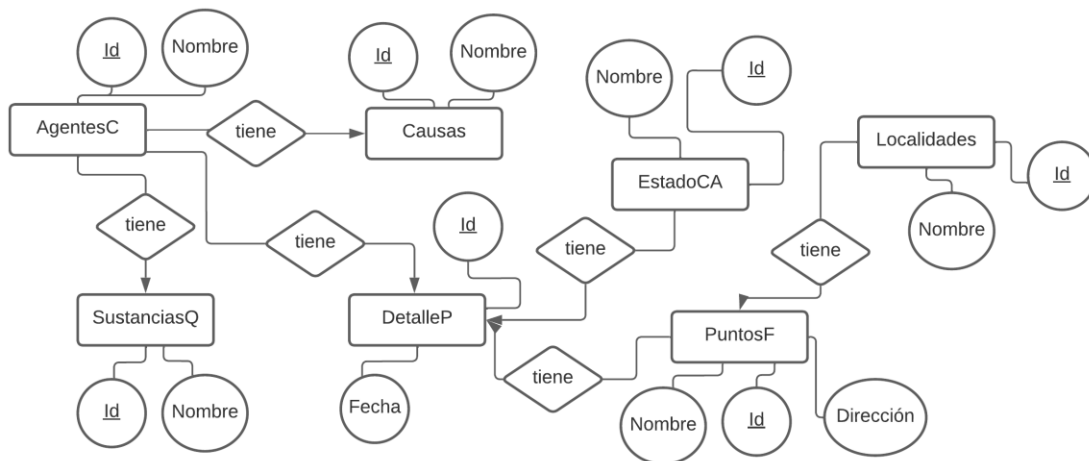
Query 1

```

1 • select agentesC.NombreAC, detalleP.IndiceCon, estadoCA.NombreCA, puntosF.NombrePF, puntosF.Dirección, detalleP.FechaCA
2   from agentesC join detalleP on agentesC.idAgentesC=detalleP.idAgentesC join estadoCA on detalleP.idEstadoCA=estadoCA.idEstadoCA
3   join puntosF on detalleP.idPuntosF=puntosF.idPuntosF where NombreAC like "PM2.5" order by detalleP.IndiceCon desc;
  
```

	NombreAC	IndiceCon	NombreCA	NombrePF	Dirección	FechaCA
▶	PM2.5	105	Regular	Carvajal-Sevillana	Autopista Sur # 63-40	2022-03-11
	PM2.5	65	Moderada	Kennedy	Carrera 80 # 40-55 sur	2022-03-11
	PM2.5	64	Moderada	Bosa	Diagonal 73 F Sur # 78 - 44	2022-03-11
	PM2.5	63	Moderada	Fontibón	Carrera 104 # 20 C - 31	2022-03-11
	PM2.5	62	Moderada	El Jazmín	Calle 1 G # 41 A 39	2022-03-11
	PM2.5	62	Moderada	MinAmbiente	Calle 37 # 8-40	2022-03-11
	PM2.5	60	Moderada	Móvil Fontibón	Cra. 98 # 16 B 50	2022-03-11
	PM2.5	60	Moderada	Tunal	Carrera 24 # 49-86 sur	2022-03-11
	PM2.5	56	Moderada	San Cristóbal	Carrera 2 Este # 12-78 sur	2022-03-11
	PM2.5	55	Moderada	Centro de alto r...	Calle 63 # 59A-06	2022-03-11
	PM2.5	53	Moderada	Puente Aranda	Calle 10 # 65-28	2022-03-11
	PM2.5	53	Moderada	Las Ferias	Avenida Calle 80 # 69Q-50	2022-03-11
	PM2.5	52	Moderada	Guaymaral	Autopista Norte # 205-59	2022-03-11
	PM2.5	41	Favorable	Bolivia	Avenida Calle 80 # 121-98	2022-03-11
	PM2.5	30	Favorable	Usaquén	Carrera 7B Bis # 132-11	2022-03-11
	PM2.5	28	Favorable	Colina	Avenida Boyacá No 142#-55	2022-03-11
	PM2.5	21	Favorable	Usme	Carrera 11 # 65 D 50 Sur	2022-03-11

Figura 6



## CUADROS DE CORRESPONDENCIA

### Gestión del tiempo

Actividades	Meses (semanas (S))															
	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Analizar la pagina web de red de monitoreo del aire en Bogota y asi identificar los problemas a tratar	2 al 8															
Investigar cuales son los tipos de agentes contaminantes del aire existentes		12 al 15														
Escoger los 6 agentes contaminantes con mayor repercusion, con los cuales se enfocará el proyecto			15													
Buscar antecedentes de proyectos creados con aterioridad y asi tener bases fundamentadas					5	15										

Elegir los Antecedentes que se enfocan en sistemas de medición de agentes contaminantes que han implementado a nivel internacional, nacional y local.							18	30								
Hacer un análisis de datos, con el fin de documentar la trazabilidad de información de las estaciones y fundamento.												26		10		

### Gestión de costos

Nº	DETALLE	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/TOTAL
1	TRASPORTE	3	2.650	7.950
2	EQUIPO DE COMPUTO	2	1.750.000	3.500.000
3	LIBROS, REVISTAS	3	50.000	150.000
4	APLICACIONES WEB	1	1.200.000	1.200.000
5	RECURSO HUMANO	4	N/A	N/A
6	PLAN DE DATOS	4	40.000	160.000
7	GASOLINA	1	75.000	75.000
8				
9				
10				

### Gestión de comunicaciones

Nº	RESPONSABLES	MÉTODO DE COMUNICACIÓN
1	Danna Beltrán	Correo electrónico, Reuniones presenciales, Reuniones virtuales, Whatsapp
2	Daniel López	
3	Jahaira Palencia	
4	Geoffrey Struss	

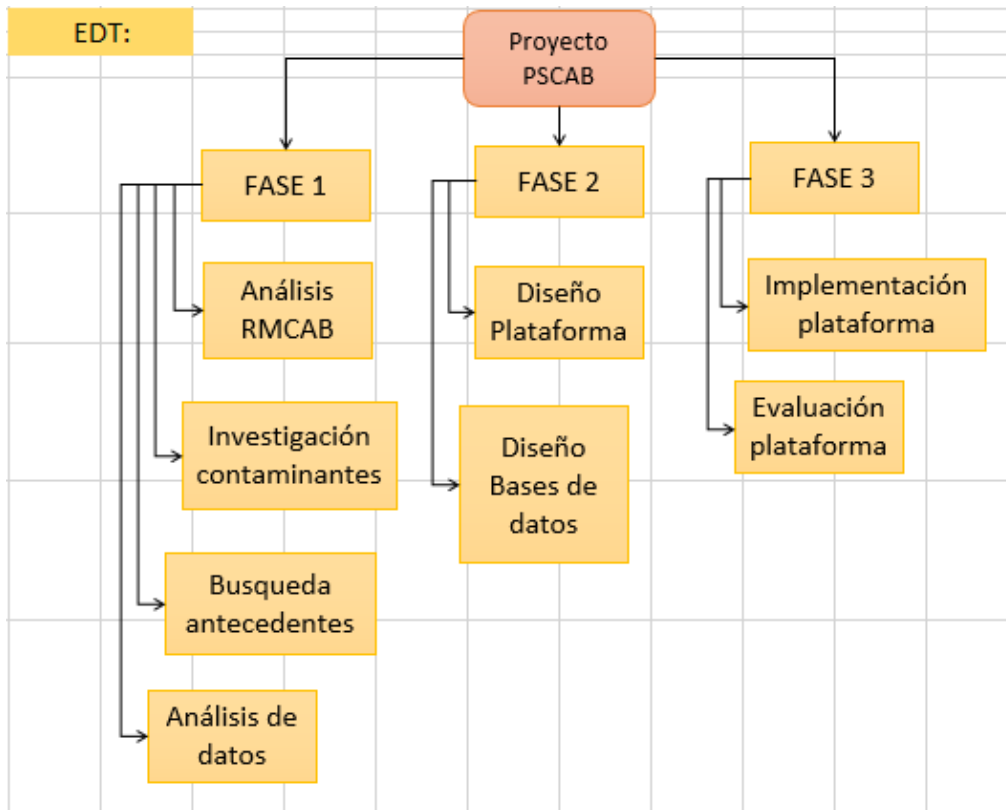
## Gestión de recurso humano

N	NOMBRE	CARGO	CORREO	TELEFONO
1	Geoffrey Struss Castillo	Team Leader	<a href="mailto:gstrussc@academia.usbbog.edu.co">gstrussc@academia.usbbog.edu.co</a>	3186983741
2	Nikol Jahaira Palencia Rubiano	Project Manager	<a href="mailto:njpalenciar@academia.usbbog.edu.co">njpalenciar@academia.usbbog.edu.co</a>	3229431745
3	Danna Stefania Beltrán Niño	Team Member	<a href="mailto:dsbeltrann@academia.usbbog.edu.co">dsbeltrann@academia.usbbog.edu.co</a>	3228449358
4	Daniel Felipe López Aragón	Team Member	<a href="mailto:dflopeza@academia.usbbog.edu.co">dflopeza@academia.usbbog.edu.co</a>	3053602470

## Gestión de riesgos

NC	RIESGO	IMPACTO	PLAN DE ACCION	RESPONSABLE	FC
1	Perdida de datos	Alto	Copia de seguridad	Nosotros como equipo	2
2	Hurto de equipos de computo	Alto	Denuncia y previo Backup	Delicuentes	1
3	Insuficiencia de fondos	Medio	Tener un cronograma bien ejecutado, de las finanzas	El equipo	2

## EDT



## Requerimientos funcionales

- Mostrar un mapa de la ciudad de Bogotá y sus alrededores.
- En el mapa se muestren los puntos de focalización.
- Cada punto debe mostrar la información en tiempo real del contaminante que desea visualizar.
- Se debe desplegar una pestaña con los distintos tipos de contaminantes para que el usuario elija cual quiere visualizar.

- En otra pestaña se muestran los niveles de contaminación según su color, donde verde es favorable, amarillo es moderado, naranja es regular, roja es malo y morado es peligroso.
- En cada punto de focalización según el contaminante se debe mostrar además el color del estado en tiempo real.
- Se debe poder interactuar con el mapa.
- Si se elige un punto, este abre una pestaña donde se visualice la información por horas de forma estadística y se pueda descargar cierta información.
- Se debe poder cambiar o traducir la plataforma a otro idioma (inglés).
- Otra pestaña con tablas dinámicas de la información de cada punto de focalización según el contaminante.

## **Requerimientos técnicos**

- Se van a usar bases de datos soportados por MYSQL que almacenarán la información en tiempo real de cada contaminante según su punto.
- El diseño completo de la plataforma será creado a partir del lenguaje de programación PYTHON, usando PHP y HTML para la parte visual del desarrollo de la plataforma web.
- Para el diseño de las estadísticas se va a usar EXCEL.
- El diseño del mapa será aportado por Google Maps.

## Matriz DOFA



## REFERENCIAS

Wayback Machine (archive.org)

Ozono - Conceptos Básicos - MARCO TEÓRICO (1library.co)

Nomenclature of Inorganic Chemistry (IUPAC Recommendations 2005)

Stea, Marilu. (5 de febrero de 2020). Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>): estructura, propiedades, usos, riesgos. Lifeder. <https://www.lifeder.com/dioxido-de-azufre/>

Emisiones Contaminantes de un Motor de Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades (conicyt.cl)

Qué es Python (desarrolloweb.com)

¿Qué es Java? | Lenovo México

Qué es PHP (desarrolloweb.com)

Qué es JavaScript, para qué sirve y cómo funciona (hubspot.es)



Edwin Collado (2021). Diseño De Un Sistema Basado En Internet De Las Cosas Para Monitoreo De Contaminantes De Aire | Semantic Scholar

GómezCombaCieloAmparo2017.pdf (unimilitar.edu.co)

Secretaría de Ambiente. (2022a). Plan Aire 2030. Secretaría Distrital de Ambiente. <https://www.ambientebogota.gov.co/plan-aire-2030>

Secretaría de Ambiente. (2022b). RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTA (RMCAB).

[http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pagesfiles/Presentación%202017\\_RMCAB.pdf](http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pagesfiles/Presentación%202017_RMCAB.pdf)

Equipo editorial. (19 de mayo de 2020). Enfoque de la investigación: tipos y características. Lifeder. Recuperado de Enfoque de la investigación: tipos y características (lifeder.com)

<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/28482?mode=full>

[https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Duarte-Forero-2/publication/354786561\\_Configuracion\\_de\\_una\\_red\\_de\\_prestadores\\_de\\_servicios\\_en\\_salud\\_para\\_zonas\\_urbanas\\_utilizando\\_herramientas\\_de\\_programacion\\_matematica/links/6152640c154b3227a8b3df43/Configuracion-de-una-red-de-prestadores-de-servicios-en-salud-para-zonas-urbanas-utilizando-herramientas-de-programacion-matematica.pdf#page=82](https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Duarte-Forero-2/publication/354786561_Configuracion_de_una_red_de_prestadores_de_servicios_en_salud_para_zonas_urbanas_utilizando_herramientas_de_programacion_matematica/links/6152640c154b3227a8b3df43/Configuracion-de-una-red-de-prestadores-de-servicios-en-salud-para-zonas-urbanas-utilizando-herramientas-de-programacion-matematica.pdf#page=82)

Moniterio y gestion.pdf (tdea.edu.co)

Hernandez\_Hoyos\_2022.pdf (libertadores.edu.co)