



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería Informática

Visualización de la contaminación del aire en Canarias

Canary Islands' air pollution visualization

Lucas Alonso Ortega

La Laguna, 6 Julio de 2020

Dña. Isabel Sánchez Berriel, con N.I.F. 42.885.838-S profesora Contratada Doctora adscrita al Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas de la Universidad de La Laguna, como tutora.

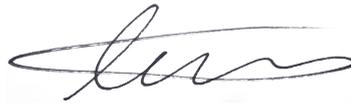
C E R T I F I C A

Que la presente memoria titulada:

“Visualización de la contaminación del aire en Canarias”

ha sido realizada bajo su dirección por D. **Lucas Alonso Ortega**,
con N.I.F. 42.197.883-J.

Y para que así conste, en cumplimiento de la legislación vigente y a los efectos oportunos firman la presente en La Laguna a *6 Julio de 2020*.



Agradecimientos

Isabel Sánchez Berriel

Licencia



© Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Resumen

El objetivo de este proyecto ha sido diseñar e implementar una aplicación web para visualizar la contaminación atmosférica en el archipiélago de las Islas Canarias.

La contaminación atmosférica es la presencia en el aire de materiales o radiación que implican riesgo, daño o molestia para las personas, la fauna o los recursos naturales del propio planeta.

En las últimas décadas ha aumentado el interés popular y científico en este tema debido a sus efectos nocivos en la salud humana: enfermedades respiratorias y cardiovasculares, muerte prematura, alteraciones en el desarrollo normal de las personas...; y en el medio ambiente: lluvia ácida, visibilidad del paisaje, calentamiento global, etc.

A raíz de este problema han surgido nuevos tratados internacionales y leyes para mitigar las emisiones de contaminantes a la atmósfera, y también nuevas herramientas como el Índice de Calidad del Aire.

Se decidió orientar el proyecto a la visualización de datos de la contaminación del aire en Canarias por la creciente importancia de este problema y por el abanico de posibilidades que este ofrece a la hora de crear una interfaz web.

Palabras clave: aplicación web, Islas Canarias, contaminación atmosférica, visualización de datos.

Abstract

The project's objective has been to design and implement a web application to visualize Canary Islands' air pollution.

Air pollution is the presence in the air of particles or radiation that discomfort or hazard humans, wildlife or environment.

In the last decades, popular and scientific interest in this topic has increased, due to its harmful effects on human health such as respiratory and cardiovascular diseases, premature death, human's cognitive development; and acid rain, landscape visibility, global warming, etc. in the environment.

Due to this problem, new international treaties and laws have been made to mitigate the emission of pollutants into the atmosphere, and also new tools such as the Air Quality Index.

I decided to focus this project on data visualization of Canary Islands' air pollution due to the growing significance of this problem and the range of possibilities it offers when creating a web interface.

Keywords: web application, Canary Islands, air pollution, data visualization.

Índice general

Introducción	10
Contaminación atmosférica	10
Índice de calidad del aire	12
Medición de la contaminación del aire en España y Canarias	13
Definición del proyecto	15
Objetivo general	15
Antecedentes	15
Alcance	16
Herramientas	16
Framework Web	16
Lenguaje	18
InfluxDB	18
Utilidades	21
Desarrollo del proyecto	22
Tareas realizadas	22
Fases del proyecto	27
Problemas	28
Conclusiones y líneas futuras	30
Summary and Conclusions	32
Presupuesto	34
Apéndices	35
Población expuesta a contaminación atmosférica	35
Bibliografía	36

Índice de figuras

Figura 1.1. Fotografía de China donde se aprecia los efectos de la contaminación atmosférica en la visibilidad del paisaje	11
Figura 1.2. Estaciones de las Islas Canarias	14
Figura 2.2. Ejemplo abreviado de componente implementado en React Hooks que se conforma por un botón que al ser pulsado muestra un dialog. Se corresponde con el botón 'Leyenda' del mapa de la aplicación web.	17
Figura 3.1. Diagrama con la arquitectura de la aplicación	22
Figura 3.2. Ejemplo de grupo de datos en xls	23
Figura 3.3. Captura de pantalla de la web donde se realiza web scraping	24
Figura 3.4. Segmento de la estructura HTML de la página web dónde de aplica web scraping	25
Figura 3.5. Mapa de la aplicación	26
Figura 3.6. Zoom del mapa en la zona de Santa Cruz de Tenerife	26
Figura 3.7. Diagrama de líneas de la aplicación	27
Figura 3.8. Cuadro del diagrama de líneas	27
Figura 3.9. Cuadro del mapa	27
Figura 3.10. Cronograma del proyecto	28
Figura 3.11. Datos de 2010	29
Figura 3.12. Datos de 2007. Fila de más, columna de más, nombres de las filas distintos	29
Figura 7.1. Porcentaje de la población de la Unión Europea expuesta a concentraciones de contaminación que superan los límites establecidos por la Unión Europea y la OMS agrupadas por contaminantes	37

Índice de tablas

Tabla 1.1. Índice de calidad del aire según la concentración del contaminante	13
Tabla 1.2. Colores estandarizados para el ICA	13
Tabla 1.3. Límites de concentración de varios contaminantes establecidos por la unión Europea	14
Tabla 3.1. Esquema de la base de datos con algún ejemplo	23
Tabla 6.1. Resumen de Tipos	34

Capítulo 1 Introducción

1.1 Contaminación atmosférica

La *contaminación atmosférica* es la presencia en el aire de materiales o radiación que implican riesgo, daño o molestia para las personas, la fauna o los recursos naturales del propio planeta.

Su origen puede ser humano: polvo en suspensión, obras de construcción, quema de combustibles (centrales eléctricas, barcos, coches, etc.), incendios forestales e incluso estufas y algunos electrodomésticos; o natural: incendios naturales, volcanes, fauna...

La contaminación atmosférica de origen humano comenzó con la revolución industrial iniciada en la segunda mitad del siglo XVIII. Desde entonces creció continuamente hasta la aparición de organizaciones como Greenpeace en la segunda mitad del siglo XX, concienciando a la población sobre sus riesgos por medio de propaganda y estudios científicos.

Puede afectar a la visibilidad de los paisajes, al medio ambiente (por ejemplo, el famoso “agujero de la capa de ozono”) y a la salud de las personas.

La gravedad en esta última puede variar según:

- La concentración y tipo de partículas o contaminante en cuestión.
- Exposición a un ambiente con alta concentración de manera breve o prolongada (ambas pueden alterar la salud).
- Salud. Problemas cardiovasculares o respiratorios como asma.
- Edad. Ancianos y niños menores de 5 años son más vulnerables.
- Clima. Los vientos y la posición geográfica pueden ser un factor relevante. Por ejemplo, en el caso de Canarias a veces nos vemos afectados por calima procedente de África, lo que empeora drásticamente la calidad del aire de forma puntual.

En 2005 la OMS estimó que el número de muertes prematuras en el mundo debidas a este problema era de dos millones (1). En 2018 aumentó esta cifra a 7 millones (2) y también comunicó que el 91% de los habitantes del planeta respira aire contaminado (en mayor o menor medida). Es un problema que va en aumento.

Un estudio realizado en la Universidad de Pekín desembocó en que la contaminación atmosférica crónica puede afectar al correcto funcionamiento cognitivo de los seres humanos (3). Este estudio se realizó en China, el país con peor calidad del aire, pero aunque se escape de la media, nos da una idea del porqué se debe controlar este tipo de contaminación y que en casos extremos puede ser muy perjudicial.

Muchas ciudades de Europa restringen el tráfico en los núcleos urbanos limitando la cantidad de autos en marcha, impidiendo la circulación de los más contaminantes y

promoviendo el transporte público y autos “eco-friendly”, porque los automóviles que usan combustibles fósiles son una fuente contaminante para la atmósfera. Cabe destacar que el hollín producido por los vehículos que usan diésel está catalogado como cancerígeno por la OMS (17).

Sin embargo en España solo hay una ciudad en la que se restringe el tráfico (Madrid Central), apenas 4,7 km², mientras que en Alemania estas restricciones se aplican a grandes ciudades como Berlín, con 891,8 km².



Figura 1.1. Fotografía de China donde se aprecia los efectos de la contaminación atmosférica en la visibilidad del paisaje.

La contaminación atmosférica tiene carácter global cuando sus consecuencias afectan a zonas alejadas del punto emisor o a todo el planeta, por ejemplo los gases de efecto invernadero: una de las causas del calentamiento global; o local cuando sus efectos están ligados a las inmediaciones de la emisión.

En la actualidad existen leyes nacionales que buscan controlar y disminuir las emisiones de contaminantes a la atmósfera. Así como tratados globales entre países con los mismos propósitos.

En el caso concreto de las Islas Canarias, las fuentes de contaminación más notorias y constantes en el tiempo son: el tráfico terrestre, naval y aéreo y las instalaciones contaminantes como por ejemplo fábricas productoras de vidrio, plantas de generación eléctrica, tratamiento de residuos, etc. “El 90% de la energía en Canarias proviene de combustibles fósiles”(13).

Hay que tener en cuenta que, debido a la limitación de desplazamiento terrestre que origina un archipiélago, hay un constante tráfico de bienes y recursos a través de barco y avión, así como de residentes. Sumándole a esto también los desplazamientos derivados del turismo, ya que Canarias es un destino turístico relevante a nivel internacional.

También cabe destacar algunos fenómenos como los incendios forestales y la calima, que pueden afectar puntualmente a la concentración de partículas en el aire.

La *calima* es un fenómeno meteorológico definido por la presencia de pequeñas partículas en el aire que no se pueden distinguir a simple vista, como arcilla, polvo, arena, etc. Se clasifica en tipo ‘A’ cuando su origen es natural (como es el caso de la que ocasiona el Sahara) o ‘B’ si tiene un origen artificial o accidental como un incendio forestal.

1.2 Índice de calidad del aire

En este proyecto nos centraremos en la contaminación local que afecta geográficamente a Canarias.

El *Índice de Calidad del Aire (ICA)* es un valor numérico que representa el grado de contaminación de la atmósfera, en la mayoría de los casos asociado a una localización específica. Es directamente proporcional a la concentración de sustancias en el aire y al peligro que representa para la salud.

Su propósito es proporcionar información comprensible para el público general sobre la contaminación del aire y también controlar y limitar las emisiones atmosféricas de las empresas.

Existen distintos índices para los países del mundo. Incluso en España algunas comunidades autónomas tienen índices propios. En este proyecto trabajaremos en torno al **Índice Nacional de Calidad del Aire de España**, definido en la Orden TEC/351/2019 del Boletín Oficial del Estado español (7), y el cual está basado en el Europeo.

Para calcular el ICA se tienen en cuenta los siguientes contaminantes:

- Dióxido de azufre (SO₂)
- Dióxido de nitrógeno(NO₂)
- Material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5})
- Ozono (O₃)

El dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno al contacto con el agua originan ácidos, lo que deriva en la lluvia ácida.

El material particulado equivale a partículas en suspensión. Este afecta a la visibilidad del paisaje y al sistema respiratorio de los humanos. Se suele dividir en partículas de tamaño menor a 10 µm (PM₁₀) y partículas con tamaño menor de 2,5 µm (PM_{2,5}).

La calima puede estar formada por PM₁₀ y/o partículas de mayor tamaño. Las segundas también pueden afectar los órganos respiratorios, pero son menos nocivas.

El ozono también afecta al sistema respiratorio y puede causar irritaciones en los ojos y garganta.

Se considera que el Índice de Calidad del Aire sería el peor de cualquiera de los 5 contaminantes.

El Índice Nacional de Calidad del Aire de España especifica los rangos de cantidad de contaminante que van acordes a cada índice de calidad (Tabla 1.1) y también unos colores estándar ligados a cada uno de ellos (Tabla 1.2).

Tabla 1.1
Índice de calidad del aire según la concentración del contaminante (7)

Contaminante ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
SO ₂	0 - 100	101 - 200	201 - 350	351 - 500	501 - 1250
NO ₂	0 - 40	41 - 100	101 - 200	201 - 400	401 - 1000
PM _{2,5}	0 - 10	11 - 20	21 - 25	26 - 50	51 - 800
PM ₁₀	0 - 20	21 - 35	36 - 50	51 - 100	101 - 200
O ₃	0 - 80	81 - 120	121 - 180	181 - 240	241 - 600

Tabla 1.2
Colores estandarizados para el ICA (7)

ICA	Color	RGB
Muy bueno		(0,255,255)
Bueno		(80,200,163)
Regular		(255,255,0)
Malo		(255,79,92)
Muy malo		(192,0,0)

1.3 Medición de la contaminación del aire en España y Canarias

En España, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) es el mayor encargado de controlar las emisiones atmosféricas y de que se respeten los límites para concentraciones de contaminantes establecidos en: los convenios internacionales de los que forme parte España, la normativa Europea, y las propias leyes españolas designadas para este propósito.

Cuando la concentración de un contaminante supera el umbral de seguridad debido a fuentes naturales, como por ejemplo la calima producida por el desierto del Sahara, no se considera como tal a los efectos de cumplimiento de las normativas y tampoco originan la obligación de ejecutar planes de actuación.

Tabla 1.3
Límites de concentración de varios contaminantes establecidos por la unión Europea (20)

Contaminante	Límite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SO ₂	75
NO ₂	140
PM ₁₀	Media de 24 horas < 35 Media anual < 28
PM _{2,5}	Media anual < 17
CO	Media 8h < 7

También se establecen límites para la protección de la vegetación, los cuales son aún más estrictos

Las *Redes de vigilancia de la calidad del aire* se crearon ante esta necesidad de controlar los niveles de contaminación atmosférica. Se definen por un conjunto de estaciones localizadas en distintos puntos geográficos equipadas con sensores destinados a la medición de la concentración de distintos contaminantes en el aire.

MITECO delega a las Comunidades Autónomas y las Entidades Locales, según sus competencias establecidas en la legislación vigente, la responsabilidad de gestionar las redes de vigilancia que les corresponda.

Así mismo MITECO es el encargado de mantener y gestionar los datos recibidos de las distintas redes de calidad del aire, elaborar planes de contingencia, informes para otras entidades ejecutoras y enviar los datos a la Comisión Europea.

La Red de Control y Vigilancia de la Calidad del Aire de Canarias (8) está formada por un total de 58 estaciones (*Figura 1.2*) pertenecientes a Endesa, Cepsa y la Viceconsejería de Medio Ambiente. Estas estaciones están distribuidas geográficamente según la población, fuentes de emisión, clima, etc; habiendo al menos una en cada una de las islas.

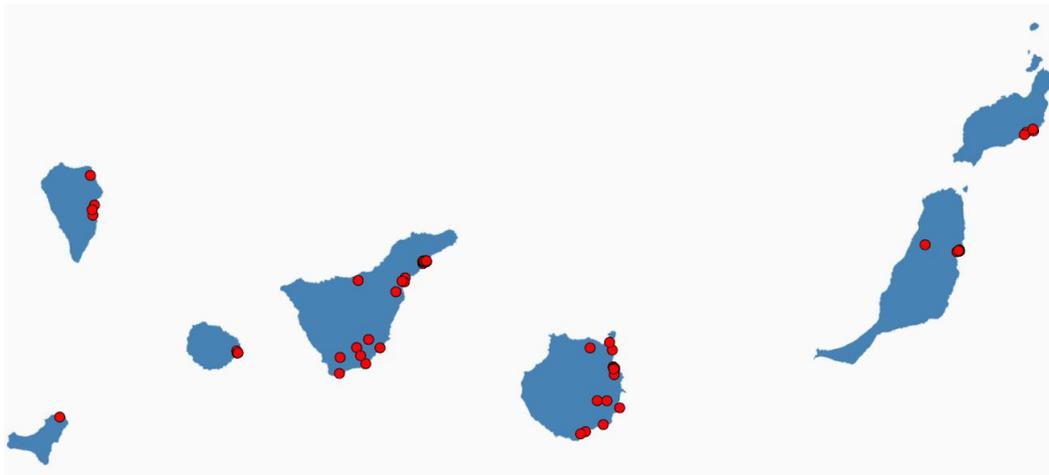


Figura 1.2. Estaciones de las Islas Canarias

Capítulo 2 Definición del proyecto

2.1 Objetivo general

Diseñar e implementar una aplicación web para visualizar la contaminación atmosférica en el archipiélago de las Islas Canarias.

2.2 Antecedentes

Algunas aplicaciones web con propósitos similares son las siguientes:

MITECO ofrece una aplicación web llamada Visor de Calidad del Aire que permite visualizar los últimos datos recibidos de las redes de calidad del aire de toda España en tiempo real y su evolución histórica. Permite visualizar todos los contaminantes con valores legislados en el Real Decreto 102/201 de 28 de enero (entre ellos se encuentran los mencionados en el ICA nacional de España) (10).

La Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias también dispone de una web similar a la de MITECO pero en el ámbito de Canarias (11).

El proyecto World Air Quality Index (WAQI) es una organización sin ánimo de lucro fundada en 2007 cuyo objetivo es concienciar a la población sobre la contaminación del aire y proporcionar una plataforma unificada de información de la calidad del aire a nivel mundial. Extraen los datos de más de 12.000 estaciones por todo el mundo y tienen en funcionamiento dos páginas web para su visualización (12).

La web donde se alojan los datos de la Red de Calidad del Aire de Canarias también proporciona una visualización de sus datos en su misma plataforma web (8).

La página web resultante ofrece una visualización específica para Canarias, al contrario que la aplicación de MITECO que apunta a España y la de WAQI que lo hace en todo el globo, esto permite aumentar en detalle el mapa de las islas y visualizar todas las estaciones disponibles.

También aporta sencillez, ya que con un vistazo rápido al mapa se puede interpretar las estaciones que tienen un peor índice y su gravedad según los colores con unos controles relativamente fáciles y accesibles para el público en general.

La visualización que aporta la Red de Calidad del Aire de Canarias, aunque también es específica para las islas, ofrece una experiencia de usuario pobre, y que se pretende mejorar. Por ejemplo, hay que estar pinchando en las diferentes zonas para acceder a la información y no está bien señalizada, mientras que en la aplicación desarrollada se puede realizar zoom de forma natural y se visualizan todas las estaciones en una sola pantalla de manera cómoda. Además la aplicación del gobierno no muestra colores.

2.3 Alcance

La aplicación web desarrollada debe adaptarse a los estándares actuales: diseño interactivo y agradable, amigable con el usuario, uso de frameworks web, gráficos integrados en html, etc.

Se deberá implementar un programa para el back-end de la aplicación que permita su acceso desde la red y otras funcionalidades si fuera necesario.

Como el proyecto trata de visualizar datos, evidentemente se necesitará de una fuente de datos accesible desde la web, bien externa al proyecto o en el servidor de la aplicación. En el caso de la segunda será necesario crear la base de datos e insertar los datos en esta.

Los datos utilizados para este proyecto son obtenidos de la Red de Control y Vigilancia de la Calidad del Aire de Canarias (8). Su web proporciona datos históricos desde 2004 y en tiempo real por horas. Cada una de las mediciones están ligadas a un contaminante o medida atmosférica y van acompañadas de una fecha, una hora y una localización que se corresponde a una de las estaciones mencionadas.

Por la misma razón (el carácter de visualización del proyecto), uno de los pilares fundamentales será elegir una librería para mostrar gráficos complejos, ya que el estándar web es algo rudimentario para ello (Canvas / SVG).

La aplicación final debe poder permitir la visualización de los datos provenientes de las estaciones de la Red de Calidad del Aire de Canarias de manera sencilla y que todas se dispongan en una sola página. Y además también de facilitar la información histórica en función del tiempo.

2.4 Herramientas

En este apartado se comentarán las herramientas más relevantes que han sido necesarias para el desarrollo de este proyecto: lenguajes de programación, plataformas, librerías, software, etc.

2.4.1 Framework Web

A la hora de realizar una aplicación web es importante elegir el framework web apropiado. Un framework web es un entorno de trabajo diseñado para apoyar el desarrollo de sitios dinámicos, aplicaciones o servicios web. Su objetivo es facilitar las tareas repetitivas con funcionalidades como: estandarización del acceso a las bases de datos, uso de vistas, enrutamiento, etc. Existe una amplia gama de frameworks web como por ejemplo Angular y Vue, e incluso algunos que usan lenguajes fuera del estándar web como Ruby on Rails y Django (Ruby y Python respectivamente).

Para este proyecto decidí elegir **React**. Este framework está orientado a la creación de páginas web interactivas de una sola página, primando la sencillez del código.

Decidí utilizar React por varias razones: aunque no lo había utilizado hasta ahora, lo había oído mencionar durante la carrera, dándome la sensación de que era un framework útil y actualizado; está desarrollado por la empresa Facebook, que gestiona una de las redes sociales más famosas con su mismo nombre; está diseñado para Javascript, que es el lenguaje en el que más cómodo me sentía en relación a las demás opciones; y ofrece mayor libertad que el resto de sus competidores, rompiendo con el esquema tradicional de Modelo - Vista - Controlador (MVC) y permitiendo al programador seguir el esquema

que considere más conveniente.

Hay que tener en cuenta que React no es tanto un framework web sino más bien una librería especializada en implementar el front-end de la aplicación.

React funciona mediante componentes. Permiten separar la UI en fragmentos independientes y reutilizables que aceptan variables de entrada y retornan lo que debe aparecer en la pantalla.

Existen dos interfaces de programación en React: la tradicional, en el que cada componente se escribe utilizando clases; y otra más novedosa a partir de la versión 16.8, React Hooks, que permite usar la mayor parte de la funcionalidad que ofrece React sin necesidad de utilizar clases, en su lugar se usan funciones.

Cada componente se corresponde con una clase o función y tiene unas propiedades (usualmente abreviado como 'props') y un estado ('state'). Las propiedades son los datos de entrada de un componente, que son invariables dentro de este, mientras que el estado es interno del componente y varía a lo largo del tiempo.

Cuando el estado o las propiedades de un componente cambian, se renderiza de nuevo.

```
// Botón que abre la leyenda del mapa al ser pulsado
export default function Leyenda() {

  // Define el estado isOpen: true si el dialog está abierto
  // false por defecto
  const [isOpen, setOpen] = React.useState(false)

  // función que cambia el estado isOpen a true
  const open = () => setOpen(true)
  // función que cambia el estado isOpen a false
  const close = () => setOpen(false)

  return (
    <React.Fragment>
      {/** Al pulsar el botón se llama a la función open */}
      <Button variant='outlined' color='primary' onClick={open}>
        Leyenda
      </Button>

      {/** El dialog solo se muestra si isOpen es true */}
      <Dialog open={isOpen} onClose={close}>
        <DialogTitle>Leyenda de colores</DialogTitle>

        <DialogContent>
          <DialogContentText>...
        </DialogContent>

        <DialogActions>
          <Button onClick={close} color="primary">
            ok
          </Button>
        </DialogActions>
      </Dialog>
    </React.Fragment>
  )
}
```

Figura 2.2. Ejemplo abreviado de componente implementado en React Hooks que se conforma por un botón que al ser pulsado muestra un dialog. Se corresponde con el botón 'Leyenda' del mapa de la aplicación web.

También se usó **Material-UI**, una librería de interfaces de usuario que dispone de una implementación en React (y también en otras plataformas como Angular). Dispone de los elementos más comunes para aplicaciones front-end, como layouts, botones, barras de navegación, pop-ups, elementos para formularios (sliders, cuadros de texto...), iconos, dialogs, etc.

2.4.2 Lenguaje

Los lenguajes utilizados son los estándares web: HTML, CSS y **JavaScript**. En el back-end de la web también usé JavaScript utilizando el intérprete NodeJS y en el front-end parte del código fue escrito en **TypeScript** (una extensión de JavaScript que añade nueva sintaxis compatible con el lenguaje original para, entre otras cosas, permitir definir los tipos de las variables y argumentos de las funciones).

También cabe destacar que se usó otra extensión de JavaScript (y de TypeScript) que se le conoce como JSX (y **TSX**). Esta sintaxis sigue el estándar de JavaScript pero además añadiendo el lenguaje de plantillas típico de HTML. Las etiquetas retornan un objeto equivalente a un elemento React. Se recomienda utilizar esta extensión si se está trabajando con React.

Con esta sintaxis podemos reemplazar:

```
React.createElement(  
  'div',  
  null,  
  'Hello World!'  
)
```

por:

```
<div>Hello World!</div>
```

cómo si fuera parte del HTML de la web. Este ejemplo es muy sencillo pero cuando tenemos varios elementos React anidados realmente facilita mucho la interpretación del código y es más semántico ya que estamos definiendo un DOM virtual.

2.4.3 InfluxDB

InfluxDB es un sistema gestor de bases de datos (SGBD) de series temporales con código abierto y bajo la licencia MIT.

Un sistema gestor de bases de datos es una plataforma que facilita la gestión de la información registrada en una base de datos, permitiendo acceder, modificar y crear bases de datos, normalmente mediante interfaces de usuario o consultas en un lenguaje propio realizadas por consola o APIs.

Las bases de datos basadas en series temporales están optimizadas para almacenar datos localizados en el tiempo. La clave primaria de los registros está compuesta por el tiempo y (si es necesario) por más campos.

InfluxDB genera bases de datos que contienen una serie de 'points' o puntos, cada uno de los cuales contiene los siguientes campos:

- 'time'. Contiene el tiempo con el que se registró.
- 'measurement'. Nombre de la medición, por ejemplo, en el proyecto, cada uno de los contaminantes sería un 'measurement'.

- Al menos un campo de tipo 'field'. El valor o valores que se han medido.
- Cero o más campos de tipo 'tag'. Metadata, por ejemplo la zona de la medida.

Los campos 'time' y 'measurement' forman la clave primaria de la tabla, por lo que podemos tener varios puntos con igual tiempo en la misma tabla siempre que sean diferentes medidas.

En la documentación de InfluxDB se menciona que podemos entender cada 'measurement' como una tabla SQL aparte en la que la clave primaria es 'time'.

Existe una diferencia entre 'field' y 'tag' aparte de su propósito: y es que los tags funcionan como índices en la base de datos, los fields no. Además los tags se manipulan siempre como cadenas de texto, mientras que los fields pueden tener distintos tipos.

Nótese además que los campos 'measurement' y 'time' son únicos, pero pueden existir varios 'field' o 'tag', por lo que cada uno de ellos cuenta con un 'field key' o 'tag key', que equivale a su nombre.

Se escogió este SGBD por su licencia abierta y por la naturaleza temporal de los datos que se están tratando, ideales para almacenar en una base de datos de series temporales.

InfluxDB dispone de un módulo en NPM (influx), que facilita algunas acciones como la conexión con la base de datos por medio de red, realizar consultas y obtener la respuesta, e insertar puntos en una base de datos.

Consultas en InfluxDB

El idioma de las consultas es similar a SQL, con algunos pequeños matices para soportar sus peculiaridades.

A continuación se mostrará, a modo de resumen, una serie de consultas ejemplificadas en InfluxDB.

Crear un usuario administrador:

```
CREATE USER "admin" WITH PASSWORD 'blabla' WITH ALL PRIVILEGES
```

Crea un usuario con nombre 'admin', contraseña 'blabla' y con todos los permisos en todas las bases de datos. Para crear un usuario normal, eliminamos el último segmento 'WITH ALL PRIVILEGES', creando un usuario con ningún permiso.

Modificar los permisos de un usuario:

```
[GRANT|REVOKE] [READ|WRITE|ALL] ON "contaminantes" TO "client"
```

Concede o revoca los permisos para leer, escribir o ambos al usuario 'client' en la tabla 'contaminantes'.

Crear una base de datos:

```
CREATE DATABASE contaminantes
```

Crea una base de datos llamada 'contaminantes'. Como se explica anteriormente, los registros en este SGBD no tienen un esquema fijo, por lo que no es necesario especificarlo al crear una base de datos.

Usar una base de datos:

USE contaminantes

Comienza a usar la base de datos 'contaminantes'. En este sistema gestor no se especifica la base de datos en cada consulta sino que directamente la conexión se realiza especificando la base de datos a la que te quieres conectar o usando el comando mencionado en una consola. Una vez se ha introducido este comando, todas las consultas de inserción y selección se realizarán en 'contaminantes'.

Selección de datos:

```
SELECT MEAN("value")
FROM "PM10"
WHERE time >= '2004-01-01' AND time < '2005-01-01'
AND "zone" = 'Jinámar'
GROUP BY time(8h)
```

Selecciona los valores del field 'value' de la medida 'PM10' cuyo tiempo de registro sea del año 2004 y el tag 'zone' sea 'Jinámar', agrupándolos cada 8 horas y aplicando media aritmética.

Los nombres de los fields, tags y medidas se especifican con comillas dobles si llevan algún carácter que genere confusión como puntos, comas o espacios (se pueden omitir en el caso contrario). Las cadenas de texto literales siempre llevan comillas simples.

En SQL la sentencia 'FROM' recibe como argumento el nombre de una base de datos, en InfluxDB recibe el nombre de una medida.

La sentencia 'GROUP BY' permite agrupar por tiempo especificando la cantidad del mismo que se desea tener en cuenta (p. ej: 3s, 8h, 7d...) y también por tags.

Inserción de datos:

```
INSERT PM2.5,zone=Arrecife value=3.1 1587074400000000000
```

Inserta un nuevo punto en la base de datos que se esté usando en la medida 'PM2.5' con el tag con nombre 'zone' igual a 'Arrecife', el field 'value' igual a '3.1' y con time igual a 1587074400000000000. El tiempo se especifica como un entero. Si no se especifica el tiempo, se registra el punto con la hora actual.

Normalmente este comando se emplea para testear, cuando se quiere insertar un número considerable de datos se utiliza alguna de las APIs que ofrece InfluxDB que facilitan el proceso, por ejemplo en la de NodeJS no es necesario especificar el tiempo con un número entero, basta con pasar como argumento un objeto del tipo Date nativo del estándar Javascript.

Eliminación de datos:

```
DROP DATABASE "contaminantes"
```

Elimina la base de datos 'contaminantes'.

```
[DROP SERIES | DELETE]
FROM "PM10"
WHERE "zone" = 'Igeste'
```

Elimina los puntos de la medida PM10 cuya zona sea igual a 'Igeste'. El comando

'DROP SERIES' elimina los puntos del índice de la base de datos, mientras que 'DELETE' no. Ambos comando pueden omitir la sentencia 'FROM' o 'WHERE' pero deben utilizar al menos una de las dos.

2.4.4 Utilidades

Otras utilidades usadas en este proyecto fueron:

- Babel. Un compilador de javascript con distintas funcionalidades que permite traducir a JavaScript estándar compatible con navegador algunas de sus extensiones como ECMAScript 6, TypeScript, JSX y TSX.
- Webpack. Controlador de dependencias de JavaScript. A partir de un archivo inicial con dependencias, crea un solo archivo estático apto para web.
- ExpressJS. Módulo de NodeJS que proporciona una infraestructura para crear un servidor web.
- Cheerio. Módulo de NodeJS para realizar web scraping.
- IAAS. Servicio de máquinas virtuales de la Universidad de La Laguna como servidor para la aplicación web.
- D3js. Librería de javascript diseñada para mostrar gráficos modificando el árbol DOM de una web a partir de un conjunto de datos. Basada en estándares web.
- NPM. (*Node Package Manager*). Controlador de paquetes para NodeJS.

Capítulo 3 Desarrollo del proyecto

3.1 Tareas realizadas

Arquitectura de la aplicación

La aplicación estará formada por un programa servidor (back-end) que permita el acceso a aplicación (front-end) a partir de la red, y también a los datos formateados que se vayan a mostrar provenientes de la base de datos y del web scraping.

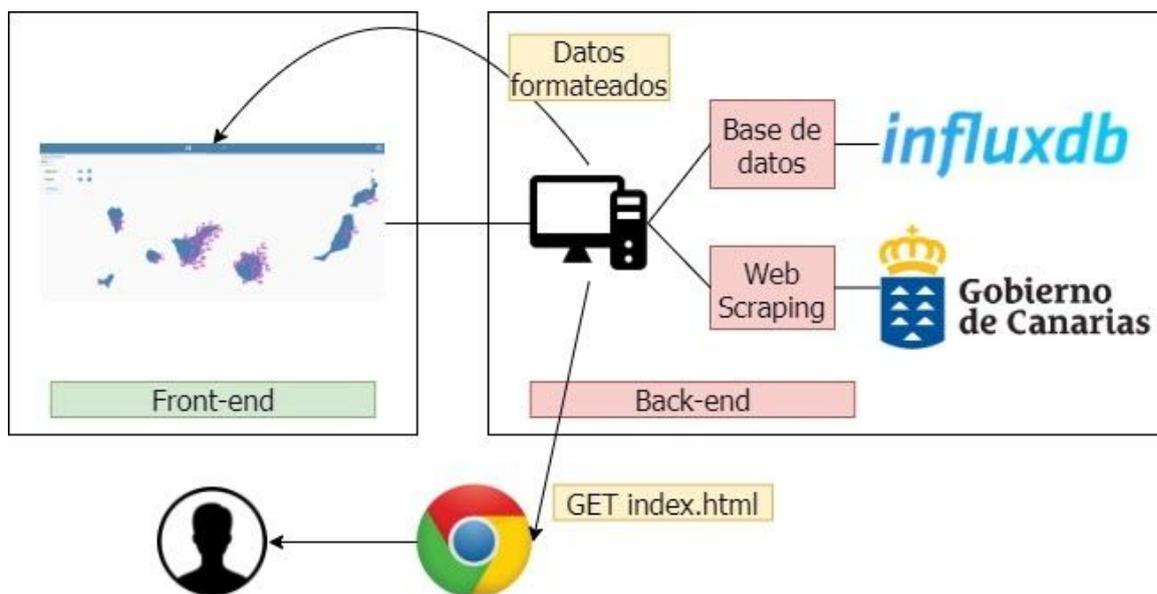


Figura 3.1. Diagrama con la arquitectura de la aplicación.

Diseño y creación de la base de datos

Se creó y configuró una base de datos en el servidor usando InfluxDB.

Como ya se mencionó previamente los datos son obtenidos de la Red de Control y Vigilancia de la Calidad del Aire de Canarias. Se creó un programa para interpretar los datos en el formato disponible (xls) e insertarlos propiamente en la base de datos ya creada.

A la hora de procesarlos se usó un módulo de NodeJS ('xlsx') que ofrece una variedad de utilidades para trabajar con archivos con formato xlsx y xls de Microsoft Excel. Este interpreta los archivos y permite trabajar con cada una de las hojas en diferentes formatos como arrays en memoria, CSV o texto.

Cada una de las hojas contiene la información relativa a una zona. Las dos primeras filas son la Fecha y la Hora, mientras que las demás son el valor numérico de cada uno de los contaminantes. No todas las estaciones miden todos los contaminantes, por lo que en algunas hojas algunos directamente no aparecen.

Fecha	Hora	SO2	NO	NO2	PM10	O3
01/01/2004	1	24	19	4	15	62
01/01/2004	2	24	20	1	9	56
01/01/2004	3	22	20	1	34	54
01/01/2004	4	22	18	4	55	56
01/01/2004	5	22	20	5	26	59
01/01/2004	6	17	19	3	33	56
01/01/2004	7	19	19	2	41	58
01/01/2004	8	17	19	5	47	60

Figura 3.2. Ejemplo de grupo de datos en xls

La base de datos que utiliza la plataforma web consta de una sola tabla llamada 'contaminantes' con el esquema de la Tabla 3.1.

Tabla 3.1
Esquema de la base de datos con algún ejemplo

time	measurement	zone	value
1/1/2004 1:00	SO2	Jinámar	80
1/1/2004 1:00	PM25	Iguste	12
1/1/2004 1:00	PM10	Iguste	70

InfluxDB permite especificar la precisión del tiempo; en el caso de este proyecto se almacena con una precisión máxima de horas, la misma que tienen los datos que aporta el gobierno de Canarias.

El valor de 'measurement' coincide con los nombres de los contaminantes; 'zone' es un tag con el nombre de la localización de la medida; y 'value' es un field que contiene el valor numérico del contaminante.

Web Scraping

Se conoce como *web scraping* a la acción de extraer información de un sitio web mediante software. En mi caso usé el módulo npm 'cheerio'.

Los datos se extraen de dos fuentes distintas (ambas de la web del gobierno de Canarias), por un lado los datos históricos estáticos que están en formato xls mencionados en el apartado anterior, y por otro los datos disponibles de la última hora de las estaciones. Los segundos cambian dinámicamente cada hora, por ello se utiliza web scraping para acceder a ellos.

Cada vez que se carga la aplicación se extraen estos datos, que son los mostrados en el mapa de la aplicación.

Inicio	Datos	Índice de calidad del aire	Predicción	Legislación	Informes	Superaciones	Avisos	Documentos			
Datos on-line de la Red de Control y Vigilancia de la Calidad del Aire de Canarias. Datos por contaminante											
<p>Los datos aquí publicados no han sido validados por la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, por lo que son susceptibles de sufrir variaciones respecto a los datos definitivos (datos validados). Ha de tenerse en cuenta que los datos tienen como referencia la hora GMT. - En invierno: La hora GMT coincide con la hora local canaria - En verano: La hora GMT es la hora local canaria menos una hora</p>											
Nueva consulta											
Valores de las últimas 24 horas de Partículas en suspensión (<10µm)											
Fecha	Hora	Tio Pino-Sta Cruz de TF						Flag			
26-06-2020	16:00										
26-06-2020	15:00										
26-06-2020	14:00										
26-06-2020	13:00										
26-06-2020	12:00										
26-06-2020	11:00										
26-06-2020	10:00										
26-06-2020	09:00							19	T		
26-06-2020	08:00							19	T		
26-06-2020	07:00							18	T		
26-06-2020	06:00							10	T		
26-06-2020	05:00							8	T		
26-06-2020	04:00							18	T		
26-06-2020	03:00							4	T		
26-06-2020	02:00							1	T		
26-06-2020	01:00							6	T		
25-06-2020	24:00							6	T		
25-06-2020	23:00							6	T		
25-06-2020	22:00							22	T		
25-06-2020	21:00							11	T		
25-06-2020	20:00							18	T		
25-06-2020	19:00							11	T		
25-06-2020	18:00							14	T		
25-06-2020	17:00							21	T		
Opciones de exportación de la tabla: <input type="checkbox"/> CSV <input checked="" type="checkbox"/> Excel <input type="checkbox"/> PDF											
Valores de las últimas 24 horas de Partículas en suspensión (<10µm)											
Fecha	Hora	Nestor Alamo	Flag	Iguaste	Flag	Granadilla	Flag	Deposito La Guancha-Candelaria	Flag	Polideportivo Afonso-Arucas	Flag
26-06-2020	16:00				N		N		N		N
26-06-2020	15:00				N		N		N		N
26-06-2020	14:00				N		N		N		N
26-06-2020	13:00				N		N		N		N
26-06-2020	12:00				N		N		N		N
26-06-2020	11:00				N		N		N		N
26-06-2020	10:00				N		N		N		N
26-06-2020	09:00	11	T		N		N		N	15	T
26-06-2020	08:00	16	T		N		N		N	17	T
26-06-2020	07:00	13	T		N		N		N	17	T
26-06-2020	06:00	13	T		N		N		N	18	T
26-06-2020	05:00	14	T		N		N		N	15	T
26-06-2020	04:00	12	T		N		N		N	13	T
26-06-2020	03:00	10	T		N		N		N	12	T
26-06-2020	02:00	10	T		N		N		N	9	T
26-06-2020	01:00	15	T		N		N		N	17	T
25-06-2020	24:00	8	T	11	T	20	T	20	T	14	T
25-06-2020	23:00	8	T	13	T	18	T	17	T	10	T
25-06-2020	22:00	7	T	16	T	19	T	20	T	5	T
25-06-2020	21:00	11	T	16	T	13	T	21	T	8	T
25-06-2020	20:00	12	T	9	T	20	T	20	T	11	T
25-06-2020	19:00	12	T	11	T	16	T	13	T	11	T

Figura 3.3. Captura de pantalla de la web donde se realiza web scraping

Esta página de la Red de Control de la Calidad del Aire de Canarias es accesible desde su página web seleccionando las zonas y un contaminante (14). También podemos acceder de manera directa mediante una petición POST con los argumentos 'cana' y 'zona' en la url, siendo 'cana' un id único para cada contaminante (o magnitud meteorológica) y 'zona' para la localización. Por ejemplo para acceder a la información del contaminante PM₁₀ con todas las zonas disponibles tendríamos que acceder al siguiente link:

<https://www3.gobiernodecanarias.org/medioambiente/calidaddel Aire/datosOnLineContaminante.do?cana=10&zona=-100>

El valor '-100' equivale a pedir los datos de todas las zonas.

Está compuesta por un número indeterminado de tablas, las cuales también tienen un número indeterminado de filas y con los nombres de las zonas que corresponden en las cabeceras.

Las dos primeras filas se corresponden con la fecha y la hora, el resto se agrupan en pares: el valor de la medida y un flag que aporta feedback al dato. El flag indica si el dato está pendiente de revisión, si está verificado o si no está disponible, no tiene relevancia en el contexto actual ya que los datos de las últimas horas siempre están a la espera de revisión y podemos saber que el dato no está disponible cuando la cadena de texto está vacía en la tabla.

Todas las tablas tienen la clase 'tablaDisplayTag', por lo que podemos seleccionarlas usando los selectores css estándar ('.tablaDisplayTag'). Seleccionamos las cabeceras de la tabla ('thead th') y las celdas de las filas ('tbody tr'). Y extraemos los datos de la primera fila, que se corresponden con los de la última hora disponible. El programa extrae también los de la segunda y muestra estos cuando los de la primera no están disponibles.

```

<!-- fin errores -->
▶<div id="cabeceraSeccion">...</div>
▶<div id="divParrafoAviso">...</div>
▶<div id="nuevaConsulta" style="margin-bottom: 10px; margin-left: 910px;">...</div>
▼<table class="tablaDisplayTag" id="mapaFila0">
  <caption>Valores de las últimas 24 horas de Partículas en suspensión (<10µm)</caption>
  ▼<thead>
    ▼<tr>
      <th>Fecha</th>
      <th>Hora</th>
      <th>Tio Pino-Sta Cruz de TF</th>
      <th>Flag</th>
    </tr>
  </thead>
  ▼<tbody> == $0
    ▼<tr class="odd">
      <td>01-07-2020</td> Fecha
      <td>15:00</td> Hora
      <td>13</td> Valor del contaminante para Tio Pino-Sta-Cruz de TF
      <td>T</td>
    </tr>
    ▶<tr class="even">...</tr>
    ▶<tr class="odd">...</tr>
  </tbody>
</table>

```

Figura 3.4. Segmento de la estructura HTML de la página web dónde de aplica web scraping

Programa servidor

El programa servidor que se implementó tiene 3 propósitos principales:

- Permitir el acceso a la web desde la red
- Recibir consultas para la base de datos y enviar la respuesta
- Recibir peticiones para realizar el web scraping mencionado en el apartado anterior y devolver los datos

Las últimas dos acciones son realizadas por el lado del servidor por la política web CORS (*Cross-origin resource sharing*), que es usada por defecto en los navegadores web para impedir que un dominio acceda a recursos fuera del mismo.

El servidor de la aplicación web está alojado en una máquina virtual del servicio IAAS de la ULL, por lo que esta sólo es accesible desde la red privada de la universidad a partir de la dirección de dicha máquina. Para evitar esto bastaría con alojar el servidor en una máquina con una dirección IP pública en la red.

Diseño e implementación del front-end de la aplicación

El front-end de la aplicación se realizó principalmente con React y con D3js.

Está compuesta de una sencilla interfaz de usuario cuya parte central es uno de los dos gráficos disponibles: un mapa con los últimos datos recogidos de la Red de Vigilancia de Canarias y un diagrama de líneas para mostrar los datos históricos estáticos en función del tiempo. Ambos gráficos cuentan con un cuadro con controles.

El mapa de la aplicación inicialmente estaba especificado en un archivo con formato geoJSON obtenido de la web Carto (15), el cual especifica las provincias de España y del que se extrajeron las Islas Canarias (Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas).

Finalmente se decidió utilizar otro mapa ofrecido por el Instituto Canario de Estadística porque proporciona una mayor granularidad al dividir las islas en cuadrantes de 250 m².

Según el propio ISTAC, consiste en una malla estadística de 250 metros de lado derivada y conforme a la malla de 1 kilómetro cuadrado definida en el marco de GISCO (Geographic Information System of the COmmission) por Eurostat. Utiliza el sistema

geodésico de coordenadas geográficas WGS84 (World Geodetic System 1984, SRID:4326), y con las celdas cortadas por una línea de costa generalizada (19).

En el mapa (Figura 3.5) se muestran los datos de la última hora del contaminante seleccionado obtenidos mediante Web Scraping y también un grupo de empresas que producen contaminación atmosférica, también localizadas. La información sobre las fábricas fue obtenida del Registro de autorizaciones ambientales integradas del Gobierno de Canarias (18).

Además podemos seleccionar el contaminante que queremos visualizar, cambiar la visibilidad de las capas (una para las fábricas y otra para los valores) y un botón que nos muestra la leyenda de colores.

En el diagrama de líneas (Figura 3.7) se puede visualizar la información histórica entre los años 2004 y 2019 almacenada en la base de datos del servidor.

En este gráfico podremos seleccionar la fecha inicial y final del período de tiempo que queremos visualizar, el contaminante y agrupar los datos por horas y zonas.

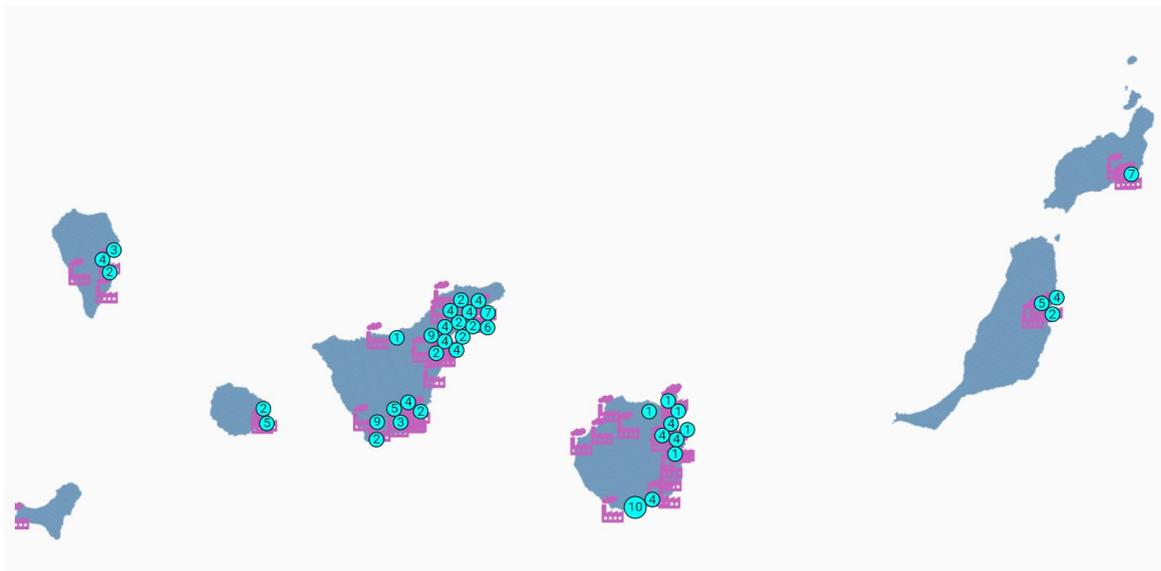


Figura 3.5. Mapa de la aplicación



Figura 3.6. Zoom del mapa en la zona de Santa Cruz de Tenerife

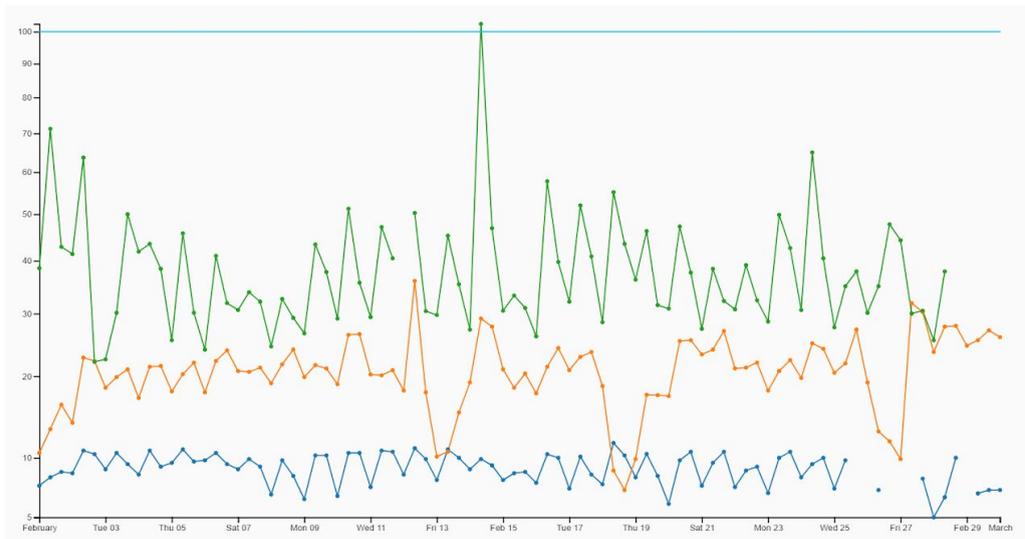


Figura 3.7. Diagrama de líneas de la aplicación

Fecha inicial
01/02/2004

Fecha final
01/03/2004

Contaminante
SO₂

Group by
8 h

SELECCIONA LAS ZONAS

El Río

Jinámar

Médano

Figura 3.8. Cuadro del diagrama de líneas

Contaminante
SO₂

Fábricas

Nodos

LEYENDA

Figura 3.9. Cuadro del mapa

3.2 Fases del proyecto

El planteamiento del proyecto comenzó entorno a mediados de Enero. Entre esta fecha y marzo se buscó información para definir el proyecto y se comenzó el aprendizaje de React.

En el cronograma de la Figura 3.10 se muestra el peso que tuvieron las distintas actividades a lo largo del tiempo.

	Marzo			Abril			Mayo			Junio		
Programa web scraping	■											
Programa servidor		■										
Base de datos						■	■					
Front - end			■	■	■	■	■	■				
Corrección de bugs y errores en la web										■	■	■
Redacción de la memoria										■	■	■

Figura 3.10. Cronograma del proyecto.

3.3 Problemas

Heterogeneidad y formato de los datos

La Red de Control y Vigilancia de la Calidad del Aire de Canarias no proporciona ninguna API para acceder a los datos.

Tiene disponible una serie de archivos estáticos para acceder a los datos históricos de años pasados, los cuales no están en el formato más apropiado para su procesado en masa: xls (de Microsoft Excel).

Los archivos pesan entre 15 y 60 MB, lo que dificulta bastante su uso ya que los más pesados tardaban varios minutos en abrirse en Apache OpenOffice Calc, al igual que en Google Sheets, incluso llegando a colgarse a veces el primero y la aplicación de Google no dejaba abrir algunos archivos por ser demasiado pesados.

Cuando eran leídos todos en serie el intérprete lanzaba un error de memoria, esto se solucionó parcialmente usando la opción `--max-old-space-size=8192`; pero este error seguía saltando en el servidor laas por su memoria más limitada, así que se modificó el programa para poder traducir los archivos uno a uno. Concluí que este error era debido al formato de archivo, que no está diseñado para almacenar un volumen de datos tan grande, ya que como mencioné antes, ocurría algo similar con Apache OpenOffice Calc.

Inicialmente se barajó pasar los archivos a CSV (*Comma Separated Values*), pero además de que ya era bastante tedioso abrir los 16 archivos y exportarlos a csv por lo mencionado anteriormente, cada archivo constaba de una hoja por cada localización, lo que equivalía alrededor de 50. No encontré ninguna utilidad para pasar todas las hojas de golpe a un solo archivo CSV en ningún programa o librería, así que no quedó más remedio que programarlo también.

Aparte de todo este problema derivado del formato del archivo, fue necesario cambiar el programa que traduce los archivos xls y envía la información a la base de datos varias veces porque los datos eran muy heterogéneos entre los distintos archivos:

- Los nombres de las hojas equivalen a las localizaciones, pero estos nombres no eran homogéneos en los distintos archivos (para mismas zonas).

- Los nombres de las localizaciones estaban en la primera fila de algunas hojas y de otras no y a veces no coincidían con el nombre de la hoja.
- Algunas hojas tenían una fila de más.
- Los nombres de los títulos de las filas no coincidían entre algunos archivos para mismos campos. Por ejemplo: en algunos archivos se especificaba la medida para cada contaminante y en otras no, uso de coma en vez de punto, espacios invisibles, etc.
- Algunas hojas repetían columnas de metadata (fecha, hora...).
- Algunas hojas usaban 'N' para representar NaN (*Not a Number*), otras lo dejaban el campo en blanco o usaban otros valores.

	A	B	C	D	E
1	Fecha	Hora	SO2	NO2	PM10
2	01/01/2010	1	2	16	30
3	01/01/2010	2	2	55	51
4	01/01/2010	3	2	75	45
5	01/01/2010	4	2	58	44
6	01/01/2010	5	2	77	38

Figura 3.11. Datos de 2010.

	A	B	C	D	E	F	G
1		Parque de la Piedra					
2		Fecha	Hora	SO2 ug/m3	NO ug/m3	NO2 ug/m3	PM10 ug/m3
3		01/01/2007	1	N	N	N	N
4		01/01/2007	2	N	N	N	N
5		01/01/2007	3	N	N	N	N
6		01/01/2007	4	N	N	N	N
7		01/01/2007	5	N	N	N	N
8		01/01/2007	6	N	N	N	N
9		01/01/2007	7	N	N	N	N

Figura 3.12. Datos de 2007. Fila de más, columna de más, nombres de las filas distintos

Aprendizaje de React y más herramientas

Más que un problema, una dificultad añadida al proyecto, fue el hecho de que usé tecnologías que no había usado antes: desarrollo web en profundidad, React, D3js, InfluxDB...

Esto requirió que parte del desarrollo del proyecto se dedicara a investigar profundamente la documentación de estas nuevas tecnologías para su aprendizaje y posterior uso.

Parte del código de la aplicación lo cambié varias veces al vislumbrar mejores formas de realizar algunas aspectos, bien por limpieza de código, eficiencia o por explotar mejor las funcionalidades que aporta React.

También tuve que refactorizar código cuando decidí usar TypeScript porque parte del código de la aplicación ya estaba implementado en Javascript.

Capítulo 4 Conclusiones y líneas futuras

La contaminación atmosférica es un tópico al que hay que prestar mucha atención porque afecta al medio ambiente y a la salud de las personas.

Cuando puse en escena este panorama de la contaminación del aire, el primer lugar que me vino a la mente fue China, el cual es usualmente considerado el país con peor calidad del aire del mundo; y es que el problema en esta nación es tal, que muchos de sus ciudadanos optan por usar frecuentemente mascarillas con filtros destinados para combatir la contaminación, y es común la falta de visibilidad en el paisaje.

A pesar de esto, este problema no está focalizado solo en China, y tampoco en los países más contaminantes como la India, Japón... Es un problema mundial, que nos afecta a prácticamente la totalidad de las personas y a todo el planeta: el calentamiento global provocado por las emisiones de CO₂ afecta a todos los países de La Tierra; la lluvia ácida y la radiación pueden extenderse miles de kilómetros a partir de su foco...

Canarias no es una excepción, y es que aunque generalmente disfrutemos de una buena calidad del aire, tenemos algunas fábricas emisoras y también estamos sujetos al fenómeno meteorológico conocido como Calima, que empeora la calidad del aire puntualmente.

En Febrero de este mismo año (2020) se registró en Canarias una concentración de PM₁₀ entre 1.800 y 3.200 μm^3 (9). Un valor, cuanto menos, alarmante, teniendo en cuenta que en el ICA de España la calidad del aire se considera 'Muy mala' a partir de 101-1.200 μm^3 , superando la cifra máxima establecida; y además la OMS recomienda no exponerse a más de 50 μm^3 de media durante 24 horas.

Es nuestra responsabilidad como humanos preocuparnos por todas estas consecuencias, que son un problema en crecimiento que puede afectarnos a nosotros y a nuestras futuras generaciones: debemos cuidar nuestro planeta. Como ciudadanos debemos presionar al gobierno para que cree y ejecute leyes que mejoren el panorama actual. Y como individuos, no está de más aportar nuestros conocimientos, capacidades y formación profesional para mejorar o buscar nuevas soluciones.

Respecto a la aplicación desarrollada, considero que alcanzó los objetivos inicialmente propuestos y además su desarrollo me ha permitido incrementar mis conocimientos sobre frameworks, desarrollo web en general y otras herramientas.

Una de las actividades más importantes del proyecto fue el aprendizaje y uso de herramientas por primera vez. Un ingeniero informático competente necesita la capacidad de adaptarse a nuevas tecnologías, ya que en el ámbito profesional de la programación todo gira en torno a miles de librerías y frameworks en constante cambio y actualización.

En cuanto al futuro del proyecto, se podría seguir extendiendo añadiendo nuevas funcionalidades a la aplicación web. Por ejemplo: nuevos elementos al mapa, diferentes gráficos, más contaminantes, usar algún convenio que refleje el índice de Calidad del Aire

a partir de todos los contaminantes disponibles, añadir información para cada una de las zonas, mejorar la eficiencia del mapa y el tratado de datos, etc.

También, si tuviéramos acceso a alguna API privada del Gobierno de Canarias, se podría cambiar las funciones que usan web scraping por un acceso a estas, lo cual incrementaría su eficiencia, facilitaría el tratamiento de datos y además sería más estable, ya que si por ejemplo cambian la estructura HTML de la Red de Control del Aire, la aplicación dejaría de obtener los datos apropiadamente.

Capítulo 5 Summary and Conclusions

The developed web application consists of two graphics, a map in which you can visualize up to-date pollutant concentrations, and a line graphic that shows the historical information between 2004 and 2009.

Its front-end was made with the web framework React, TypeScript and the library, specialized in graphics to represent data, D3js. The back-end is a server program written in NodeJS that allows access to the webpage and the data required by it.

All data is obtained from the Canary Air Quality Control and Vigilance Network. Those that are historical, which are already verified by the Government, are stored on the developed server in a database powered by InfluxDB. While the up to-date data shown on the map is obtained using web scraping.

Air pollution is a relevant topic in our society because it affects the environment and people's health.

When I started to search for information about this issue, the first place that crossed my mind was China, which is usually considered the country with the worst air quality in the world. The problem in it is such that many of its citizens frequently use face masks with filters intended to counter pollution and lack of visibility in the landscape is common.

But this problem does not focus only on China, or on the most polluted countries, such as India and Japan. It is a global problem, affecting all people and the entire planet. Global warming caused by CO₂ emissions affects every country on Earth and acid rain and radiation can extend thousands of kilometers from its original location.

The Canary Islands are not an exception, and although we generally enjoy good air quality, we do have some industrial emissions. We are also exposed to the meteorological phenomenon known as Haze, which makes air quality worse when it occurs.

In February of this year (2020) a concentration of PM₁₀ between 1,800 and 3,200 µ/m₃ was registered in the Canary Islands (9). This is an alarming value, to say the least, bearing in mind that in Spain's ICA, air quality is considered 'Very bad' (the worst) from 101-1,200 µ/m₃, exceeding the maximum value established. Furthermore, the WHO recommends not being exposed to more than 50 µ/m₃ on average for 24 hours.

It is our responsibility as humans to worry about all of these consequences, for they are a growing problem that affects us and future generations. We must take care of our planet. As citizens we must pressure government to create and execute laws that improve the current state. And as individuals, it does not hurt to contribute with our knowledge, skills and professional training to improve or search for new solutions.

Regarding the developed application, I consider that it has achieved the initially proposed objectives. Also its development has allowed me to increase my knowledge of frameworks, web development and other tools.

One of the most important activities of the project has been learning and using new tools for the first time. A competent computer engineer needs the skill to adapt to up to date technologies, since, in the professional field of programming, everything involves thousands of libraries and frameworks that are constantly changing and updating.

As for the future of the project, it could grow by adding new functionalities to the web application. For example, new elements on the map, different graphics, more pollutants, the use of an agreement that reflects the Air Quality Index from all the pollutants available, adding information for each of the zones, and so on.

Also, if we had access to some private API from the Canary Government, the functions that use web scraping could be changed for access to them, which would increase their efficiency, facilitate data processing and make the application more stable because, if the HTML structure of the Air Control Network changes, the application would stop obtaining the data correctly.

Capítulo 6 Presupuesto

Tabla 6.1
Resumen de Tipos

Tipo	Descripción
Mano de obra	Trabajo necesario para llevar a cabo el proyecto
Software	Programas y herramientas utilizados en el desarrollo del proyecto
Mantenimiento del servidor	Creación y mantenimiento del servidor necesario para publicar la aplicación

Una alternativa cada vez más común para solventar la **creación y mantenimiento de los servidores** es utilizar servicios en la nube que ofrecen rapidez, sencillez y escalabilidad.

El proyecto utiliza actualmente, con el sistema gestor de bases de datos en funcionamiento, 11 GB de RAM de los 15 disponibles. Lo más efectivo sería tener una máquina con 16GB de RAM. Esta es una cantidad de memoria demasiado alta en comparación con la que ofrecen algunos servicios en la nube y de igual forma el sistema gestor debería poder funcionar igualmente en memorias de tamaño inferior, ya que se adaptan a la cantidad de memoria disponible.

La base de datos en memoria secundaria pesa alrededor de 100 MB y el proyecto compilado pesa 19 MB. Por lo que sería necesario una memoria secundaria con al menos 200 o 300 MB de espacio libre.

Amazon Web Services (16) ofrece una máquina virtual con 2 GB de memoria RAM y un disco de 60GB por **8,91€ / mes** que sería apta para el servidor del proyecto.

Todo el **software** requerido en el proyecto es de uso libre, por lo que no requiere gastos.

La **mano de obra** necesaria sería un total de 250 horas, a 20 € la hora, siendo **5.000€**.

El **total** sería **5.000€ + 8,91€ / mes**.

Capítulo 7 Apéndices

7.1 Población expuesta a contaminación atmosférica

EU urban population exposed to harmful levels of air pollution in 2010-2012, according to:

	EU Limits/Target Values	WHO guidelines
PM _{2.5}	9–14% 	87–93% 
PM ₁₀	17–30% 	61–83% 
O ₃	14–15% 	97–98% 
NO ₂	8–12% 	8–12% 
BaP	25–28% 	85–91% 
SO ₂	< 1% 	36–37% 

Figura 7.1. Porcentaje de la población de la Unión Europea expuesta a concentraciones de contaminación que superan los límites establecidos por la Unión Europea y la OMS agrupadas por contaminantes

Bibliografía

1. OMS. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. MITECO. 2005. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/who_sde_phe_oeh_0602_spa_tcm30-187909.pdf
2. Aire tóxico: el asesino invisible. El País. 5 Nov 2018. Disponible en: <https://www.elpais.com.uy/vida-actual/aire-toxico-asesino-invisible.html>
3. El dañino factor ambiental que puede afectar nuestra inteligencia. BBC News. 28 Ago 2018. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-45330500>
4. Influxdata. Página web oficial de InfluxDB. Disponible en: <https://www.influxdata.com/>
5. ¿Qué son las Bases de Datos de Series Temporales?. Tienda.Digital. Disponible en: <https://tienda.digital/2019/08/06/que-son-las-bases-de-datos-de-series-temporales/>
6. Página web oficial de React. Facebook. Disponible en: <https://es.reactjs.org/>
7. BOE. Orden TEC/351/2019, de 18 de marzo, por la que se aprueba el Índice Nacional de Calidad del Aire. Gobierno de España. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2019-4494>
8. Red de Control y Vigilancia de la Calidad del Aire de Canarias. Gobierno de Canarias. Disponible en: <https://www3.gobiernodecanarias.org/medioambiente/calidaddel aire/inicio.do>
9. La peor calima en Canarias en 40 años. El Día. 5 Mar 2020. Disponible en: <https://www.eldia.es/sociedad/2020/03/05/peor-calima-canarias-40-anos/1057705.html>
10. Visor de calidad del Aire. MITECO. Disponible en: <https://sig.mapama.gob.es/calidad-aire/>
11. IDECanarias visor. Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias. Disponible en: <https://visor.grafcan.es/visorweb/default.php?svc=svcAire&lat=28.217745942232394&lng=-15.767041015624951&zoom=8&lang=es>
12. Contaminación del aire del mundo: Índice de calidad del aire en tiempo real. World Air Quality Index. Disponible en: <https://waqi.info/es/>
13. Clara Morell. Ezequiel Navío: “El 90% de la energía en Canarias proviene de combustibles fósiles”. Diario de Avisos. 3 Dic 2019. Disponible en: <https://diariodeavisos.lespanol.com/2019/12/ezequiel-navio-el-90-de-la-energia-en-canarias-proviene-de-combustibles-fosiles/>
14. Datos on-line de la Red de Control y Vigilancia de la Calidad del Aire de Canarias. Selección por contaminante.. Gobierno de Canarias. Disponible en:

<https://www3.gobiernodecanarias.org/medioambiente/calidaddel aire/seleccionDatosOnLine.do>

15. Alberto Asuero. spain_provinces. Carto. Disponible en:
https://geographica.carto.com/u/alasarr/tables/spain_provinces/public?redirected=true
16. Precios de Amazon Lightsail. AWS. Disponible en:
<https://aws.amazon.com/es/lightsail/pricing/?opdp1=pricing>
17. Sara Acosta. "En Europa hay 280 ciudades con zonas de restricción al tráfico; en España, una". El Diario. Disponible en:
https://www.eldiario.es/ballenablanca/transicion_energetica/ciudades-Europa-restriccion-trafico-Espana_0_870713415.html
18. Registro de autorizaciones ambientales integradas. Gobierno de Canarias. Disponible en:
https://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/temas/prevencion-y-calidad-ambiental/contaminacion_ambiental/autorizacion_ambiental_integrada/aai-otorgadas/#_self
19. Malla estadística Eurostat adaptada a Canarias, celdas 250 m de lado. ISTAC. Disponible en:
<https://www3.gobiernodecanarias.org/aplicaciones/catalogoistac/dataset/malla-estadistica-eurostat-adaptada-a-canarias-celdas-250-m-de-lado>
20. Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. UE. Disponible en:
https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Directiva%202008-50-CE_calidad%20del%20aire_tcm30-187869.pdf