

Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)

**Escuela Superior de Ingeniería y
Tecnología**

**Máster en Análisis y Visualización de Datos
Masivos**

Monitorización
personalizada de la
calidad del aire a tiempo
real en Málaga

Trabajo Fin de Máster

presentado por: Morales Jiménez, María de la Luz

Director/a: Fuentes Lorenzo, Damaris

Resumen

El presente trabajo abarca desde el diseño al desarrollo de una herramienta para monitorizar a tiempo real la calidad del aire en la ciudad de Málaga.

Los objetivos generales son el (i) almacenamiento periódico de los datos publicados por el portal de datos abiertos, (ii) la visualización de los cambios producidos por zonas, (iii) la visualización de la exposición a las emisiones de forma personalizada, (iv) la difusión de estos datos a la población de una manera accesible y comprensible y (v) ayudar a aquellas personas que sufren de alguna patología que se ve agravada con la contaminación del aire a detectar las situaciones peligrosas.

Como resultado final se obtiene una herramienta disponible en línea como página web. El siguiente paso es la ampliación de la infraestructura y la migración a una aplicación móvil para mejorar la experiencia de usuario.

Palabras Clave: Calidad del aire, tiempo real, monitorización, datos masivos, visualización, análisis.

Abstract

This thesis covers the design and development of an air quality monitoring tool in real time in the city of Malaga.

The aims of this project are to (i) store the data published periodically on the open data portal of the city council, (ii) visualize the changes of the pollutant per area, (iii) visualize the exposure of the pollutants on a personal level, (iv) broadcast the information to the citizens in an easy and comprehensible way and (v) help people with a medical condition affected by the air pollution, to spot the dangerous situations.

The result is an online tool deployed as a website. The next step is to extend the infrastructure and migrate the user interface to a mobile application to improve the user experience.

Keywords: Air quality, real time, monitoring, big data, visual analytics

Índice de contenido

Resumen	1
Abstract.....	1
1 Introducción	8
1.1 Motivación	8
1.2 Planteamiento del trabajo	8
1.3 Estructura	9
2 Marco teórico	10
2.1 Contaminación atmosférica.....	10
2.1.1 Fuentes.....	11
2.1.2 Principales agentes contaminantes.....	13
2.1.3 Consecuencias	14
2.2 Estudio de los agentes contaminantes.....	16
2.2.1 Umbrales	16
2.2.2 Cálculo de índice de calidad del aire.....	17
2.2.3 Agentes contaminantes más relevantes para cada condición médica.....	18
2.3 Plan de contaminación en Málaga	19
2.3.1 Medidas	19
2.3.2 Resultados.....	20
2.4 Artículos.....	21
2.5 Aplicaciones similares.....	25
2.5.1 Páginas web	25
2.5.2 Aplicaciones móviles.....	32
2.6 Conclusiones	36
3 Objetivos y metodología.....	38
3.1 Objetivo general.....	38
3.2 Objetivos específicos	38
3.3 Metodología de trabajo	38
3.3.1 Planificación del proceso	38
3.3.2 Desarrollo de cada uno de los pasos	40
4 Desarrollo	41
4.1 Identificación de requisitos.....	41
4.1.1 Identificación del problema	41
4.1.2 Usuarios a los que va dirigido	41
4.1.3 Localización del usuario.....	42
4.1.4 Minimizar riesgos de identificación.....	42
4.1.5 Visualización de datos	42
4.1.6 Datos disponibles	43

4.2	Definición de roles y permisos	53
4.3	Descripción de las secciones	54
4.4	Infraestructura.....	56
4.4.1	Estudio de las tecnologías a utilizar	56
4.4.2	Arquitectura	58
4.5	Tratamiento de datos y mediciones	60
4.5.1	Datos de las estaciones de medida	60
4.5.2	Localización y almacenamiento	62
4.5.3	Importación de datos de la cronología de Google	63
4.5.4	Mediciones de todos los polígonos por fecha/hora	64
4.5.5	Histórico de mediciones de un polígono en concreto	64
4.5.6	Histórico de mediciones de usuario por periodo de tiempo concreto.....	65
5	Producto final.....	67
5.1	Elementos Generales	68
5.1.1	Cabecera y pie de página	68
5.1.2	Identificación.....	68
5.2	Aire Guru. Página principal	69
5.2.1	Mapa de emisiones.....	69
5.2.2	Índice de calidad del aire	71
5.2.3	Filtrado de emisiones del área seleccionada	72
5.2.4	Historial de zona	72
5.2.5	Historial personal	74
5.3	Glosario	75
5.3.1	Agentes contaminantes	75
5.3.2	Complicaciones médicas	76
5.3.3	Fuentes de contaminación.....	76
5.3.4	Iconos.....	77
5.4	Ayuda	77
5.4.1	Secciones	77
5.4.2	Google cronología	78
5.4.3	Cálculo de AQI.....	78
5.4.4	Quiénes somos.....	79
5.5	Área personal	79
6	Resultados y evaluación	80
6.1	Pruebas	80
6.2	Experiencia del usuario.....	85
6.2.1	Resultados de la encuesta.....	86
6.2.3	Análisis de uso.....	93
6.3	Evaluación general	96

6.3.1	Funcionalidades destacadas.....	96
6.3.2	Datos	98
6.3.3	Implementación	100
6.3.4	Infraestructura.....	100
6.3.5	Concienciación	101
7	Conclusiones y líneas futuras de investigación	102
7.2	Líneas futuras	103
7.3	Conclusiones	103
	Bibliografía	105
	Anexos.....	109
	Anexo I. Publicación del software	109
	Anexo II. Base de datos. Ejemplos de documentos JSON.....	110
	Anexo III. Herramientas	112
	Anexo IV. Prototipos.....	113
	Anexo V. Encuesta y resultados	117

Índice de figuras

Figura 2-1	Muertes relacionadas con la contaminación del aire. OMS	10
Figura 2-2	Fuentes de contaminación del aire. OMS	11
Figura 2-3	Proceso de fabricación del cemento y elaboración de la cerveza	12
Figura 2-4	Energía eléctrica.....	12
Figura 2-5	Principales causas de muertes en Málaga. 2015	21
Figura 2-6	Artículo 1.Diario Sur.....	22
Figura 2-7	Artículo 2. Málaga hoy	22
Figura 2-8	Artículo 4. El País	23
Figura 2-9	Artículo 4. Gráficas. El País	23
Figura 2-10	Artículo 3. El País	24
Figura 2-11	Artículo 5. El País	24
Figura 2-12	Página web IUCA. UrbanClouds	26
Figura 2-13	Página web SmartData Málaga. UrbanClouds	26
Figura 2-14	Página web AQICN.....	27
Figura 2-15	Página web ElTiempo.es	27
Figura 2-16	Página web TuTiempo.net	28
Figura 2-17	Página web de la Junta de Andalucía	28
Figura 2-18	Página web Airqualitynow.eu	29
Figura 2-19	Página web de la agencia europea	29
Figura 2-20	Página web CaptorAir	30

Figura 2-21	Página web Universidad de Barcelona.....	31
Figura 2-22	Página web Calíope	31
Figura 2-23	Aplicación móvil Air Matters	33
Figura 2-24	Aplicación móvil Air Visual	33
Figura 2-25	Aplicación móvil Air pollution near me	34
Figura 2-26	Aplicación móvil Brezo	34
Figura 2-27	Aplicación móvil AirQuality	35
Figura 2-28	Aplicación móvil LuchtKwaliteit	35
Figura 2-29	Aplicación móvil APPMosfera	36
Figura 4-1	Coordenadas sobre plano.....	45
Figura 4-2	Diferencia entre las mediciones de año 2017 y 2018 sobre plano.....	46
Figura 4-3	Diferencia entre el número mediciones del año 2017 y 2018	46
Figura 4-4	Número de mediciones por estación	47
Figura 4-5	Estaciones actualizadas cada hora	47
Figura 4-6	Estaciones antigua Tabacalera, El palo y la plaza de toros antigua	48
Figura 4-7	Estación La Rosaleda	48
Figura 4-8	Estaciones Parque Cementerio y Aeropuerto	48
Figura 4-9	Cambios de un contaminante en una hora. Archivo CSV	51
Figura 4-10	Cambios de un contaminante en 10 días. Archivo CSV	51
Figura 4-11	Ejemplo página cronología de Google	52
Figura 4-12	Proceso de activación de localización	53
Figura 4-13	Herramienta. Sección superior sin localización activada	54
Figura 4-14	Herramienta. Sección superior con localización activada	54
Figura 4-15	Herramienta. Sección intermedia. Filtrado	54
Figura 4-16	Herramienta. Sección inferior. Historial personal.....	55
Figura 4-17	Herramienta. Sección inferior. Historial de zona.....	56
Figura 5-1	Aire Guru. Cabecera. Localización desactivada	68
Figura 5-2	Aire Guru. Cabecera. Localización activada.....	68
Figura 5-3	Aire Guru. Pie de página.....	68
Figura 5-4	Aire Guru. Firebase identificación	69
Figura 5-5	Aire Guru. Mapa de emisiones.....	69
Figura 5-6	Aire Guru. Permiso de localización	70
Figura 5-7	Aire Guru. Detalle calendario	71
Figura 5-8	Aire Guru. Índice de calidad del aire	71
Figura 5-9	Aire Guru. Filtrado de datos e información extendida.....	72
Figura 5-10	Aire Guru. Historial de zona	73
Figura 5-11	Aire Guru. Detalle del símbolo de espera.....	73

Figura 5-12 Aire Guru. Detalle gráfica de líneas.....	73
Figura 5-13 Aire Guru. Historial personal	74
Figura 5-15 Aire Guru. Dialogo eliminación de datos	75
Figura 5-16 Aire Guru. Glosario. Detalle agente contaminante	75
Figura 5-17 Aire Guru. Glosario. Detalle complicación médica.....	76
Figura 5-18 Aire Guru. Glosario. Detalle fuente de contaminación	76
Figura 5-19 Aire Guru. Glosario. Iconos.....	77
Figura 5-20 Aire Guru. Ayuda. Detalle secciones.....	77
Figura 5-21 Aire Guru. ayuda. Detalle instrucciones de importar la cronología de Google ..	78
Figura 5-22 Aire Guru. Ayuda. Cálculo de AQI.....	78
Figura 5-23 Aire Guru. Ayuda. Quiénes somos.....	79
Figura 5-24 Aire Guru. Área personal	79
Figura 6-1 Estación de medida en la antigua Tabacalera.....	81
Figura 6-2 Prueba. Lectura de la localización del usuario a tiempo real.....	81
Figura 6-3 Prueba. Historial de zona a tiempo real	82
Figura 6-4 Prueba. Detalle del historial de zona.....	82
Figura 6-5 Prueba. Historial de zona Antigua plaza de toros 17 de enero del 2019	83
Figura 6-6 Prueba. Historial personal. 17 de enero del 2019.....	83
Figura 6-7 Prueba. Historial personal. 18 de enero del 2019.....	83
Figura 6-8 Prueba. Historial personal. 20 de enero del 2019.....	84
Figura 6-9 Prueba. Historial personal a tiempo real. 17 de enero del 2019 15:34	84
Figura 6-10 Prueba. Historia personal. Cronología de Google importada.....	85
Figura 6-11 Encuesta de satisfacción	86
Figura 6-12 Resultados de la encuesta. Opinión general	87
Figura 6-13 Resultados de la encuesta. Información.....	88
Figura 6-14 Resultados de la encuesta. AQI.....	88
Figura 6-15 Resultados de la encuesta. Mapa de emisiones y AQI.....	89
Figura 6-16 Resultados de la encuesta. Filtrado de la información	90
Figura 6-17 Resultados de la encuesta. Historial	90
Figura 6-18 Resultados de la encuesta. Identificación y lectura de ubicación	91
Figura 6-19 Resultados de la encuesta. Estadísticas.....	92
Figura 6-20 Resultados de uso	93
Figura 6-21 Resultados de uso. Navegadores	94
Figura 6-22 Resultados de uso. Sistemas operativos.....	94
Figura 6-23 Resultados de uso. Usuarios activos durante 7 días	95
Figura 6-24 Resultados de uso. Ciudades de acceso	96
Figura 6-25 Historial Personal.....	97

Figura 6-26 Comparación de la contaminación a principios y últimos de año.....	97
Figura 6-27 La Rosaleda. Evolución de la contaminación en noviembre.....	98
Figura 6-28 Parque Cementerio. Evolución de la contaminación en diciembre	98
Figura 6-29 Antigua Tabacalera. Evolución de la contaminación en octubre.....	99
Figura 6-30 Antigua Tabacalera. Evolución de la contaminación en noviembre.....	99
Figura 6-31 El Palo. Evolución de la contaminación en octubre	100
Figura 6-32 El Palo. Evolución de la contaminación en noviembre	100

Índice de tablas

Tabla 2-1 Umbrales de los contaminantes. OMS	17
Tabla 2-2 Umbrales de los contaminantes. EAQI concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	17
Tabla 2-3 Umbrales de los contaminantes. CAQI.....	18
Tabla 2-4 Relación de condiciones médicas y contaminantes.....	18
Tabla 2-5 Niveles de contaminación en Málaga. Junta de Andalucía	19
Tabla 3-1 Planificación.....	39
Tabla 4-1 Resultados de Mongo Booster. Herramienta de análisis	43
Tabla 4-2 Detalle de los resultados de MongoBooster. Herramienta de análisis	44
Tabla 4-3 Ejemplo fila CSV proporcionado por UrbanClouds	50
Tabla 4-4 Ejemplo periodicidad de una estación. Archivo CSV	50
Tabla 4-5 Permisos para los distintos roles.....	53

Índice de listados

Listado 4-1 Documento JSON. Portal de datos abiertos	44
Listado 4-2 Documento JSON. Coordenadas	45
Listado 4-3 Conteo de medidas por estación	49
Listado 4-4 Ejemplo de medidas por estación.....	49
Listado 4-5 Ejemplo documento cronología de Google	52

1 Introducción

En este capítulo se desarrolla la motivación que ha llevado al desarrollo de este trabajo, se identifican los problemas actuales que existen en torno al tema y se expone cómo se van a solventar. Por último, se ofrece una introducción de los capítulos que se desarrollarán a continuación.

1.1 Motivación

Actualmente tenemos la capacidad de monitorizar diferentes parámetros ambientales de nuestro entorno, pero esta información no está al alcance de todos en un formato comprensible y personalizado.

Este trabajo se centra en acercar al usuario de una manera directa e intuitiva los distintos parámetros de contaminación ambiental personalizada en Málaga. Es decir, los niveles de contaminación que le afectan directamente en su día a día.

De esta forma, se busca tener un mayor control y poder de decisión, tanto para controlar el nivel de exposición a ciertos parámetros que afecten a nuestra condición física, como puede ser una condición respiratoria o simplemente para evitar frecuentar ciertas zonas de la ciudad en determinadas horas o estaciones del año.

A nivel general, el objetivo es tener una herramienta para visualizar los niveles de contaminación, los cambios de estos niveles y donde sea posible, reconocer situaciones peligrosas o no comunes.

1.2 Planteamiento del trabajo

Actualmente, el ayuntamiento de Málaga ofrece los datos actualizados de la calidad del aire periódicamente, cada hora en su portal de datos abiertos. Sin embargo, no permite visualizar el historial de las mediciones de las distintas estaciones que tiene instaladas.

Para ello, es necesario obtener estos datos periódicamente y almacenar cada cambio. De esta manera se podrá visualizar la evolución de los parámetros y analizar patrones.

La granularidad de los datos que se puede obtener desde el portal es bastante alta, es decir, cuenta con una gran cantidad de sectores, por lo que se hace difícil encontrar exactamente la región en la que el usuario se encuentra. Utilizando la ubicación del usuario, se le puede ofrecer los datos exactos sin ningún esfuerzo de búsqueda.

Al tener el historial de los datos y la ubicación del usuario, se puede ofrecer un historial personalizado. Además, se puede ofrecer un filtrado de los distintos parámetros; así, el usuario podrá acceder a los agentes contaminantes de su interés o más relevantes para su condición médica o física.

Este trabajo trata de ser una ayuda y guía para aquellas personas preocupadas por su salud y la contaminación.

Además, se espera visualizar los puntos débiles del sistema de recolección de datos, pudiendo analizar a través del historial, cual serían las zonas que necesitan de una mayor atención o si existe un fallo puntual.

El objetivo es crear una herramienta en línea, con visualizaciones fáciles de analizar y personalizadas. Además, se realizará un estudio sobre los agentes contaminantes relevantes para cada condición física, como pueden ser las diferentes enfermedades respiratorias y ofrecerá esta información al usuario de una manera directa.

1.3 Estructura

Este documento se divide en seis capítulos, donde se explica detalladamente y en orden los distintos pasos seguidos para completar este trabajo.

- Capítulo 1. Introducción, se presenta al lector el contenido del trabajo.
- Capítulo 2. Marco teórico, donde se estudian e investigan las tecnologías existentes y se analizan los parámetros más relevantes de la calidad del aire y las distintas condiciones médicas que pueden verse afectadas por estos parámetros.
- Capítulo 3. Objetivos y metodología, desarrollo paso por paso de cada una de las etapas de desarrollo de la herramienta.
- Capítulo 4. Desarrollo, se realiza una descripción paso por paso de la implementación de la herramienta.
- Capítulo 5. Producto Final, en este apartado se detalla cada una de las secciones de la página web resultante.
- Capítulo 6. Resultados y evaluación, se muestra el producto final y la evaluación de este.
- Capítulo 7. Conclusiones y líneas futuras de investigación, desarrolla las conclusiones obtenidas durante todo el desarrollo y argumenta las posibles líneas futuras.

Por último, se encuentran la bibliografía y los anexos, donde se puede encontrar el software implementado, los ejemplos de documentos JSON creados, las herramientas utilizadas, los prototipos completos de la herramienta y los resultados de la prueba en una situación real.

2 Marco teórico

En este capítulo se desarrollan los conceptos sobre la calidad del aire, tanto en general, como en la zona y cómo afecta a la calidad de vida. Además, se realiza un recorrido por las distintas tecnologías existentes y se detallan sus características. Finalmente, se exponen las distintas conclusiones, donde se evalúan las herramientas actuales y se define el camino a seguir.

2.1 Contaminación atmosférica

La contaminación ambiental se define como la introducción en el medio natural de agentes tanto físicos, químicos como biológicos que alteran las condiciones ambientales, provocando daños para la salud y el medio ambiente; según el Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de fomento del Gobierno de España. De hecho, es uno de los mayores riesgos para la salud; según la Organización Mundial de la Salud, se estima que produce unos 7 millones de muertes prematuras al año. OMS. Comunicado de prensa. 25/03/2014.



Figura 2-1 Muertes relacionadas con la contaminación del aire. OMS

La contaminación atmosférica causa más de 10.000 muertes al año en España, además de "agravar seriamente" enfermedades respiratorias, cardiovasculares y está relacionada con el cáncer de pulmón, mama y digestivo, según datos ofrecidos hoy por el científico del Instituto de Salud Carlos III, Julio Díaz.

Delgado E. (2018).

La contaminación ambiental, se refiere a la contaminación del aire en general, mientras que la contaminación atmosférica, se refiere a la contaminación del aire exterior en el ámbito urbano.

Evitar la exposición a los agentes contaminantes no es posible, pero se puede reducir evitando los lugares más contaminados.

2.1.1 Fuentes

Las fuentes de contaminación ambiental son muy diversas, y más comunes de lo que creemos. Estas van desde los contaminantes de los hogares, como pueden ser aerosoles, insecticidas, incineración de basura, etc. como las emisiones de los vehículos motorizados, sobre todo los motores antiguos Diesel y los agentes contaminantes producidos por la industria durante sus diferentes procesos y desechos químicos.



Figura 2-2 Fuentes de contaminación del aire. OMS

La mayor parte de la contaminación del aire es obra del ser humano y se produce por la combustión ineficiente de combustibles fósiles y de biomasa. La causa de esta generación de agentes contaminantes proviene de la necesidad de producir energía, la producción y distribución de bienes de consumo y el descargo de productos de combustión.

Fuentes naturales: reacciones, erupción de volcanes, condiciones climáticas, polvo, rocío de mar, sedimentación, impacto.

Energía doméstica: gases, hornos, alcantarillado, polvo, aerosoles, combustibles, disolventes, desengrasantes, conservantes y agentes de limpieza.

Transporte, vehículos motorizados: Entre toda la contaminación urbana, el 25% y 70% está compuesta por la emisión de contaminantes de los vehículos.

Prácticas agrícolas, Gestión de desechos, Industria y suministro energético: Disolventes industriales, procesos de combustión, minería, construcción, movimiento de tierras, transporte de materiales y cementeras.

A continuación, se muestran diferentes diagramas de proceso de fabricación de distintas industrias, donde se muestra en qué paso se generan las distintas emisiones.

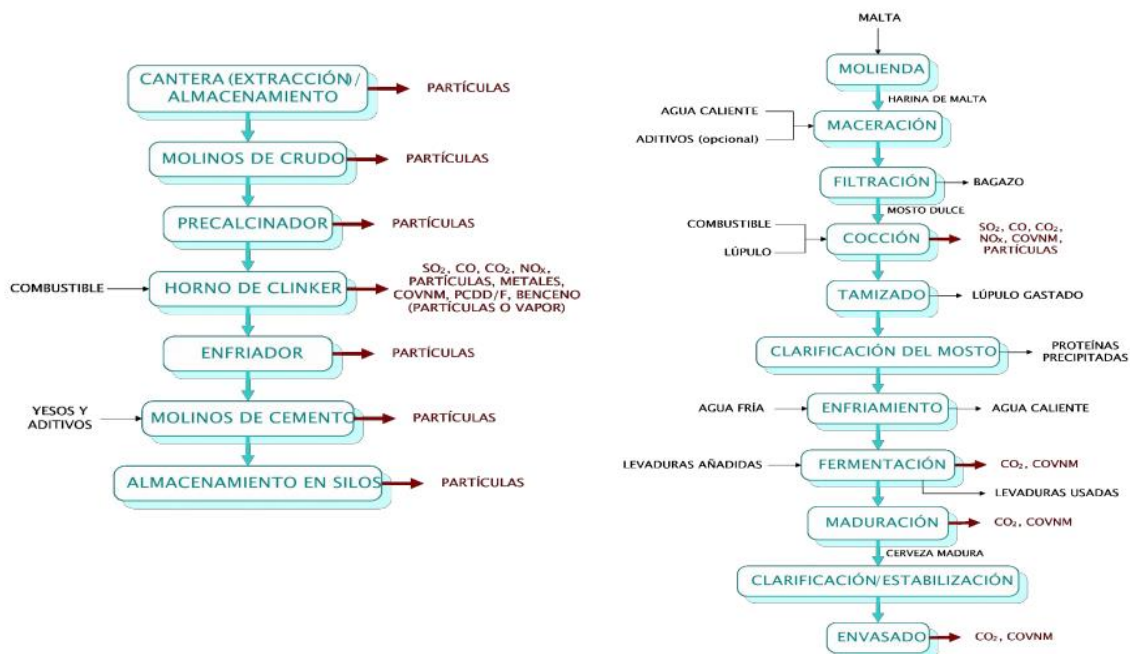


Figura 2-3 Proceso de fabricación del cemento y elaboración de la cerveza

Tabla 2.1. EMISIONES DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR PROVINCIAS. AÑO 2014.

Emisiones	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jáen	Málaga	Sevilla	ANDALUCÍA
CH ₄ (t)	25,0	55,4	244	9,21	326	103	64,1	0,566	829
CO (t)	661	869	1.492	225	1.391	489	648	31,7	5.807
CO ₂ (kt)	5.086	4.180	2.115	323	2.068	580	772	31,7	15.155
COVNM (t)	54,1	69,8	533	111	92,1	316	323	50,3	1.549
N ₂ O (t)	16,8	45,4	40,7	1,55	46,5	15,2	9,31	0,0566	175
NH ₃ (t)	3,51	30,9	3,22	9,07	228	30,8	13,7	0,750	320
NO _x (t)	8.349	5.689	2.962	3.380	816	1.079	1.485	566	24.326
SO ₂ (t)	10.390	2.168	1.563	1.036	22,9	97,8	101	0,234	15.379
Cl (t)	185	626	302	2,23	5,07	1,14	0,595		1.122
F (t)	111	2,14	37,4	0,240	0,258		5,94E-04		151
As (kg)	32,6	217	115	8,87	1,84	14,6	17,6	0,0283	407
Cd (kg)	11,8	27,9	15,2	2,59	2,02	2,68	3,56	0,00170	65,8
Co (kg)	122	52,2	42,5	38,7	0,144	4,36	4,88	0,0197	265
Cr (kg)	56,3	137	112	5,46	3,52	13,9	16,4	0,0283	344
Cu (kg)	78,5	225	243	11,4	2,19	32,0	37,0	0,00566	628
Hg (kg)	50,2	46,0	17,6	1,04	1,58	2,66	3,66	0,0566	123
Mn (kg)	512	287	4.457	19,3	18,6	1.044	1.195	0,0890	7.534
Ni (kg)	359	148	199	543	23,8	21,7	25,6	0,0283	1.322
Pb (kg)	129	223	139	9,79	6,41	31,4	36,1	0,0226	575
Sb (kg)	35,6	9,75	25,9	33,8	0,233	5,15	5,90		116
Se (kg)	1.335	676	332	4,55	0,186	2,48	2,35	0,113	2.352
Tl (kg)		0,270			0,155				0,425
V (kg)	104	3,51	2,75	205	1,43	3,82	1,46	0,539	322
Zn (kg)	935	638	1.468	187	78,0	284	329	1,65	3.919
PM (t)	211	281	488	105	6,67	17,2	11,0	1,13	1.122
PM ₁₀ (t)	202	236	415	86,2	6,67	17,2	11,0	1,13	975
PM _{2,5} (t)	117	120	195	82,0	6,49	15,3	10,0	1,13	548

Figura 2-4 Energía eléctrica

Estos diagramas y tablas son parte del inventario de emisiones a la atmósfera de la Comunidad Autónoma de Andalucía Serie 2003-2014. Edición 2017.

2.1.2 Principales agentes contaminantes

En este apartado se detallan las fuentes y los efectos nocivos para la salud que pueden causar los distintos contaminantes ambientales.

Dióxido de azufre (SO₂): Combustión de combustibles fósiles como el carbón y los aceites. Se produce durante algunos procesos industriales y la erupción de volcanes. Agrava los síntomas en pacientes con EPOC.

Ozono (O₃): Se produce indirectamente por la acción de la luz del sol y el dióxido de nitrógeno. Algunos hidrocarburos como el acetileno, benceno, gas butano y etano aceleran esta reacción. Afecta al asma, a la bronquitis y puede causar irritación en los ojos.

Monóxido de carbono (CO): Es el gran contaminante ambiental. El 80% de las emisiones son producidas por los vehículos que utilizan gasolina o Diesel y procesos industriales que usan compuestos derivados del carbono. A nivel doméstico, se destaca el uso de gas, tanto en cocina como para calefacción y el uso de chimeneas. También puede provenir de fuentes naturales como la oxidación del metano. Puede causar desde malestar general hasta la muerte.

Material Particulado (PM): Pueden ser tanto sólidas como líquidas y se obtienen de distintas fuentes como pueden ser el humo de los vehículos gasolina, Diesel y biodiesel, además de Monóxido de carbono, también genera partículas. La combustión del tabaco y sus derivados, que generan HTA, considerado material particulado y es el producto de una mezcla de casi 4000 productos químicos y los aerosoles, cenizas y polen.

Las partículas se clasifican según su diámetro, donde las mayores de 10 micrómetros pueden causar irritación en ojos, nariz y garganta y las más pequeñas de 0,1 a 10 micrómetros, pueden viajar por las vías respiratorias hasta los pulmones y provocar la muerte. También inducen a la muerte de las células de las vías respiratorias (apoptosis).

Polvo: Contiene alérgenos, plomo, pesticidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos y óxido de nitrógeno, que al oxidarse produce ácido nítrico y reacciona con las partículas de amonio.

Óxido de nitrógeno (NO): Contribuyen a la formación de partículas de 2,5 micras, las cuales están relacionadas con problemas respiratorios y cardíacos, como la falta de respiración. Este componente se considera dañino por su capacidad oxidativa similar a la del ozono. Se asocia a las emisiones producidas por las estufas de gas.

Existen diferentes especies de nitrógeno, como el N₂, NO, N₂O y el NO₂.

El Dióxido de nitrógeno (NO₂) se produce durante la combustión de combustible por la conversión espontánea del óxido nítrico a dióxido nítrico ante la presencia de ozono. Proviene de fuentes naturales como incendio de los bosques, erupciones volcánicas y la actividad bacteriana de la tierra, la combustión del tabaco y gas doméstico. Es el gas más tóxico conocido. Puede provocar inflamación de las vías aéreas, afecciones de órganos como hígado o bazo, de los sistemas circulatorio o inmunitario, infecciones pulmonares e insuficiencias respiratorias.

Componentes naturales: Polen y rocío de mar. Se ha demostrado que pueden causar asma, enfisema y bronquitis crónica.

Reacciones químicas: sulfato de amonio, que produce amoníaco y ácido sulfúrico.

Plomo: Se acumula en los huesos y tejidos blandos, puede producir daños cerebrales, convulsiones e incluso la muerte. Es peligroso para los recién nacidos y embarazadas, ya que puede causar daños en el sistema nervioso central.

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV): compuesto mayoritariamente por hidrocarburos, en todos sus estados. Es uno de los principales gases del efecto invernadero. Tienen un efecto cancerígeno y puede causar lesiones neurológicas. Proviene del uso de disolventes industriales.

2.1.3 Consecuencias

Al contrario de lo que pensamos, incluso concentraciones relativamente bajas, se relacionan con distintas complicaciones de la salud. Además, la reacción a los contaminantes es diferente en cada persona, afectando más bruscamente a personas que ya padecen enfermedades, a niños y también a ancianos. En algunos casos son los contribuyentes principales y en otros secundarios, agravando las situaciones de los pacientes.

Los niveles altos de contaminación aumentan el riesgo de padecer enfermedades respiratorias agudas como la neumonía, crónicas como el cáncer de pulmón y enfermedades cardiovasculares. Además, puede producir crisis asmáticas a personas que padecen de esta enfermedad. Se ha demostrado que los residentes de las ciudades donde los niveles de contaminación son más elevados tienen un índice superior de casos con estas patologías, que otras zonas donde el aire es más puro.

Fatiga, dolor de cabeza, sueño, cansancio, cefaleas y alteraciones de la coordinación: La inhalación de CO puede conllevar a estos síntomas, además la exposición prolongada puede producir la muerte.

Reducción de la visibilidad: Un ambiente contaminado, puede reducir la capacidad de visión, y causar irritación en ojos y nariz.

Asma: Es la enfermedad más común por respirar aire contaminado. Es una enfermedad crónica, que causa dificultad al respirar al realizar actividades de la vida cotidiana. Es causada por las partículas, óxidos de azufre, nitrógeno y ozono a nivel del suelo.

Cáncer de pulmón: Se puede desarrollar por la inhalación de los compuestos cancerígenos presentes en el aire, lo que hace que los pulmones se infecten, llevando a un crecimiento incontrolado de células peligrosas. Los síntomas son la reducción de la capacidad de oxígeno y el malfuncionamiento del sistema respiratorio.

Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC): Enfermedad que produce enfisema, disnea, polipnea, bronquitis crónica y ataques de tos entre otros. En algunos casos puede conllevar a la muerte prematura. Se produce por la inhalación de los agentes contaminantes del aire, que pueden establecerse en los alveolos y obstruirlos, cambiando su forma.

Leucemia: Es causada por la exposición de vapores de benceno. Se considera una enfermedad mortal. Afecta a las células blancas, creando una infección grave en el sistema respiratorio.

Neumonía: Esta enfermedad es causada por una bacteria que se propaga por el aire, dificultando la capacidad respiratoria.

Defectos de nacimiento: El aire contaminado también puede afectar a mujeres embarazadas y al feto, ya que la exposición del aire contaminado puede provocar deficiencias respiratorias en los recién nacidos, provocando un sistema inmunitario débil, resfriados frecuentes y múltiples alergias.

Autismo: Estudios recientes de los investigadores de la universidad de California del Sur (USC) y el Hospital infantil Los Ángeles, relacionan esta enfermedad con la exposición a la contaminación.

Sistema respiratorio débil: Reducción gradual de la capacidad respiratoria, desarrollo de alergias, cansancio durante actividades rutinarias, debilidad del sistema inmunitario, tendencia a resfriados, etc.

Enfermedades neurológicas: Las partículas contaminantes pueden llegar al cerebro mediante el torrente sanguíneo y producir estrés oxidativo y respuestas inflamatorias. Esto conlleva al daño de las células cerebrales y material genético, según el doctor Juan Carlos Portilla (Sociedad Española de Neurología).

Enfermedades endocrinas: el humo del tabaco, por ejemplo, genera o agudiza la morbilidad y mortalidad en lactantes, niños y adultos no fumadores.

Enfermedades cardiovasculares: Se debe a las sustancias venenosas en el aire contaminado, como gases y partículas. Según estudios llevados a cabo en distintas áreas de los EE. UU., la existencia de material particulado en el aire tiene relación directa con los casos de ingresos en los hospitales con complicaciones cardiovasculares.

There was a short-term increase in hospital admission rates associated with PM_{2.5} for all the health outcomes except injuries. The largest association was for heart failure, which had a 1.28% (95% confidence interval, 0.78%-1.78%) increase in risk per 10-μg/m³ increase in same-day PM_{2.5}.

Dominici F. et al. (2006)

Muerte prematura: Debida a la asfixia o reacciones extremas a los intoxicantes del aire contaminado. Se encuentra entre una de las tres causas principales de la mortalidad.

Otras consecuencias de la contaminación ambiental son: la desaparición de la capa de ozono, el aumento constante de la temperatura media del planeta, el aumento del nivel de los mares y la pérdida irreparable de ecosistemas y biodiversidad.

2.2 Estudio de los agentes contaminantes

A continuación, se presentan los umbrales aceptables y nocivos para la salud. Además, se realiza una tabla resumen de qué enfermedad está relacionada con qué tipo de contaminación ambiental. Esta tabla será utilizada para definir los perfiles del producto final a implementar.

2.2.1 Umbrales

Según la DIRECTIVA 2008/50/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa y las guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS) se obtienen los umbrales definidos en la siguiente tabla.

Dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno	Valor limite horario para la protección de la salud humana (NO2)
Umbral superior de evaluación	70% del valor limite (140µg/m³)
Umbral inferior de evaluación	50% del valor limite (100µg/m³)
Partículas PM10	Media 24 horas
Umbral superior de evaluación	70% del valor limite (35µg/m³)
Umbral inferior de evaluación	50% del valor limite (25µg/m³)
Partículas PM25	Media 24 horas
Umbral superior de evaluación	70% del valor limite (15µg/m³)
Umbral inferior de evaluación	50% del valor limite (10µg/m³)
Monóxido de carbono	Media octohoraria
Umbral superior de evaluación	70% del valor limite (7mg/m³)
Umbral inferior de evaluación	50% del valor limite (5mg/m³)
Ozono	1 hora
Información	180µg/m³
Alerta	240µg/m³

Tabla 2-1 Umbrales de los contaminantes. OMS

2.2.2 Cálculo de índice de calidad del aire

El índice de calidad del aire en Europa EAQI, ha sido desarrollado por la comisión europea del medio ambiente y es la que se aplica desde noviembre del 2017.

Rango de concentraciones e índices:

Pollutant	Index level (based on pollutant concentrations in µg/m3)				
	Good	Fair	Moderate	Poor	Very poor
Particles less than 2.5 µm (PM _{2.5})	0-10	10-20	20-25	25-50	50-800
Particles less than 10 µm (PM ₁₀)	0-20	20-35	35-50	50-100	100-1200
Nitrogen dioxide (NO ₂)	0-40	40-100	100-200	200-400	400-1000
Ozone (O ₃)	0-80	80-120	120-180	180-240	240-600
Sulphur dioxide (SO ₂)	0-100	100-200	200-350	350-500	500-1250

Tabla 2-2 Umbrales de los contaminantes. EAQI concentraciones en µg/m3

Estos valores, carecen de umbrales para el material particulado de menos de 2.5µm y para el CO2, por lo que el material particulado PM1 se utilizaran los valores de PM2.5 y para el CO2 se utilizara la normativa antigua CAQI, vigente desde 2012.

Index class	Grid	Traffic						City Background							
		core pollutants			pollutants			core pollutants			pollutants				
		NO2	PM10		PM2.5	CO		NO2	PM10	O3	PM2.5	CO	SO2		
		1-h.	24-h.		1-h.	24-h.		1-h.	24-h.		1-h.	24-h.			
Very low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	25	50	25	15	15	10	5000	50	25	15	60	15	10	5000	50
Low	25	50	25	15	15	10	5000	50	26	15	60	15	10	5000	50
	50	100	50	30	30	20	7500	100	50	30	120	30	20	7500	100
Medium	50	100	50	30	30	20	7500	100	50	30	120	30	20	7500	100
	75	200	90	50	55	30	10000	200	90	50	180	55	30	10000	350
High	75	200	90	50	55	30	10000	200	90	50	180	55	30	10000	350
	100	400	180	100	110	60	20000	400	180	100	240	110	60	20000	500
Very High*	> 100	> 400	>180	>100	> 110	>60	>20000	> 400	>180	>100	>240	> 110	>60	>20000	>500

NO₂, O₃, SO₂: hourly value / maximum hourly value in µg/m³
 CO: 8 hours moving average / maximum 8 hours moving average in µg/m³
 PM₁₀: hourly value / daily value in µg/m³

* An index value above 100 is not calculated but reported as "> 100"

Tabla 2-3 Umbrales de los contaminantes. CAQI

El índice de calidad del aire es una función lineal por partes de la concentración de contaminante. En el límite entre las categorías AQI, hay un salto discontinuo de una unidad AQI. Para convertir de concentración a AQI se usa esta ecuación:

$$AQI = (L_{hi} - L_{lo} / BP_{hi} - BP_{lo}) (C_p - BP_{lo}) + L_{lo}$$

- C_p = concentración medida para el contaminante p
- BP_{hi} = punto de corte mayor o igual a C_p
- BP_{lo} = punto de corte menor o igual a C_p
- I_{hi} = valor del AQI correspondiente a BP_{hi}
- I_{lo} = valor del AQI correspondiente a BP_{lo}

El índice de calidad del aire global se calcula como el valor máximo de todos ellos.

2.2.3 Agentes contaminantes más relevantes para cada condición médica

En la siguiente tabla, se muestran las enfermedades más comunes y se proporciona para cada una de ellas la información más relevante. Esta información queda restringida a los datos que provee el portal de datos abiertos. La descripción de estos se verá más adelante en el capítulo 4. Desarrollo.

	CO2	PM1	PM2.5	PM10	O3	NO2
Malestar general	x					
Asma		x	x	x	x	x
EPOC	x			x		x
Cardiopatías		x	x	x		x
Alergias	x				x	
Déficit de atención			x	x		x
Problemas respiratorios	x	x	x	x	x	x

Tabla 2-4 Relación de condiciones médicas y contaminantes

2.3 Plan de contaminación en Málaga

Debido a la naturaleza del clima en Málaga, normalmente seco por la escasez de lluvias, las partículas permanecen en el ambiente por periodos de tiempo largos y en altas concentraciones.

Con el objetivo de combatir la contaminación, nace el plan sectorial de la calidad del aire de Málaga, desarrollado por COAMBA, que basa su actual normativa sobre calidad y evaluación del aire en la Directiva 96/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1996.

Entre las sustancias que establece la normativa comunitaria se encuentran el SO₂, NO₂, CO, O₃, PM₁₀, PM_{2.5} y CO₂. Este último, aunque sus efectos no se relacionan directamente con la contaminación de la calidad del aire, sí tiene relevancia a nivel planetario, por su contribución al efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático. Es el principal indicador de las emisiones de todos los contaminantes derivados de los procesos de combustión.

Según su último informe, con datos del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) hasta el 2015, afirma que en base a los estudios de umbrales los valores de PM_{2.5}, PM₁₀, O₃ y NO₂ superan los umbrales superiores, sin embargo, los valores de SO₂, C₆H₆, CO, Pb, As, Cd, Ni y B(a)P están por debajo del umbral de evaluación inferior.

Zona: Málaga y la Costa del Sol													
Código de la zona: ES0119													
Periodo	SO ₂	NO ₂	NO _x	C ₆ H ₆	CO	Pb	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	As	Cd	Ni	B(a)P
2008-2012	<UEI	UES-UEI	N.D.	<UEI	<UEI	<UEI	>UES	UES-UEI	N.D.	<UEI	<UEI	<UEI	<UEI
2009-2013	<UEI	UES-UEI	N.D.	<UEI	<UEI	<UEI	>UES	UES-UEI	>OLP	<UEI	<UEI	<UEI	<UEI
2010-2014	<UEI	UES-UEI	N.D.	<UEI	<UEI	<UEI	>UES	UES-UEI	>OLP	<UEI	<UEI	<UEI	<UEI
2011-2015	<UEI	>UES	N.D.	<UEI	<UEI	<UEI	>UES	>UES	>OLP	<UEI	<UEI	<UEI	<UEI

Tabla 2-5 Niveles de contaminación en Málaga. Junta de Andalucía

<UEI: Por debajo del umbral de evaluación inferior.
 UES-UEI: Entre el umbral de evaluación superior e inferior.
 >UES: Por encima del valor de evaluación superior.
 <OLP: Por debajo del objetivo a largo plazo.
 >OLP: Por encima del objetivo a largo plazo.

2.3.1 Medidas

Tras el análisis de estos datos, nace el proyecto piloto para la evaluación de la calidad del aire en Málaga: SMAG – CURMOS. Las funciones del proyecto son, entre otras, determinar el estado actual de la calidad del aire, controlar, observar e informar de este estado y, además, el mantenimiento e instalación de los equipos.

La información que reportan estos equipos es la publicada por el portal de datos abiertos de Málaga y es la que será utilizada en este trabajo.

El Ayuntamiento de Málaga ha puesto en marcha un proyecto de la mano de la empresa UrbanClouds con el objetivo de realizar una evaluación de la calidad del aire en el municipio de Málaga. La calidad del aire se determina por medio de sensores ubicados en los carros de los repartidores de correos y en bicicletas de 40 voluntarios de Málaga. Utilizando dispositivos con sensores de calidad de aire distribuidos por toda la ciudad se captan un volumen de datos enorme que procesados permiten el análisis de la calidad de aire de la ciudad. Este proyecto también incluye la utilización de 3 sensores de alta calidad que se instalarán en zonas donde se necesita una precisión de datos mejor y permitirán validar los datos de la recogida de muestras desde los carros de correos y de la bicicleta. (COAMBA, 2017).

Como resultado de este proyecto, se publican varias herramientas, la aplicación APPMosfera, que ofrece el trayecto de un punto a otro con la mejor calidad ambiental para el uso de bicicletas, la herramienta analítica de Índice de la Calidad del Aire (IUCA) y Smart Data Málaga, que ofrece información sobre las zonas verdes. Estas aplicaciones se verán en el apartado 2.5 Aplicaciones similares.

2.3.2 Resultados

Según el informe del plan no se producen superaciones de los valores límites de SO₂, CO, O₃, plomo, benceno y metales. El NO₂ sólo presenta dos superaciones, una en el Atabal en 2009 y otra en 2014, Campanillas, reduciéndose sus emisiones desde entonces.

Respecto a las partículas, para PM₁₀ se concluye que los máximos diarios han sido oscilantes, con una tendencia a superar en todas las estaciones el valor límite. Sin embargo, para PM_{2.5}, más peligrosas, se han mantenido constantes en un nivel inferior al objetivo.

El NH₃, presenta una tendencia ascendente, pero considera que como aún no se han fijado valores legales, no pueden compararlo con ningún nivel de referencia.

También concluye que no es posible determinar el índice de calidad del aire en cuanto a la mejora de este, ya que existe una variación fluctuante. Sin embargo, puntualiza que las situaciones malas y muy malas han mejorado.

A continuación, se muestran las principales causas de muerte en Málaga durante el 2015, ofrecido por el diario Sur el 28 de febrero de 2017.

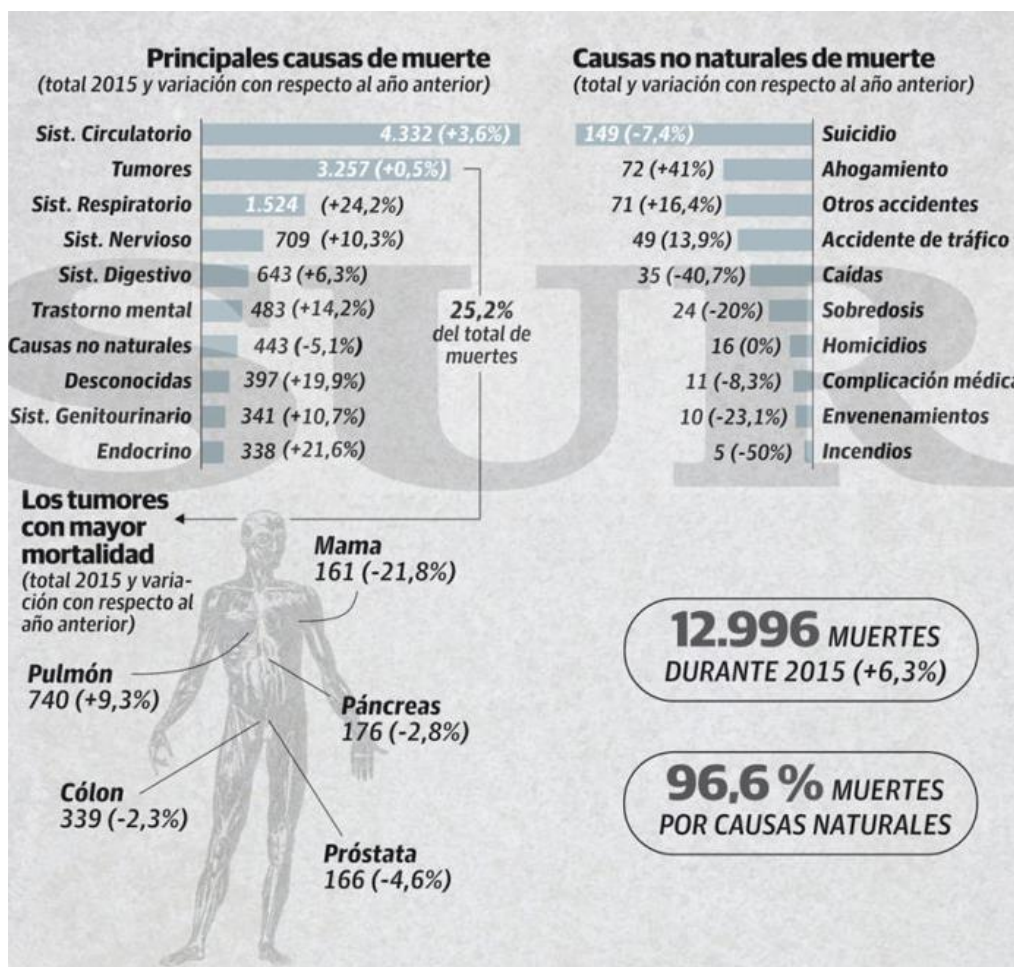


Figura 2-5 Principales causas de muertes en Málaga. 2015

Como se puede observar, tanto las enfermedades cardiacas como respiratorias junto a los tumores son las mayores causas de muerte natural. Siendo en el caso de los tumores, los de pulmón los más frecuentes.

2.4 Artículos

A continuación, se muestran varios artículos sobre la contaminación ambiental tanto en la provincia de Málaga como a nivel europeo. Un punto en común es su alerta ante la situación actual y la necesidad de realizar un cambio.

En este primer artículo se puede leer que la capital de Málaga se ha quedado justo en el límite legal de las emisiones de dióxido de nitrógeno, pero que, aun así, no es una de las provincias peor paradas este año, por lo que deja un sabor de boca preocupante, al saber que las demás provincias están peor, es decir, no deja ver que posiblemente hayan superado el nivel legal.



Figura 2-6 Artículo 1. Diario Sur

El informe sobre la calidad del aire en España, que elabora Ecologistas en Acción, pone de relieve los problemas de contaminación atmosférica que se están produciendo en la zona oeste de la capital y en puntos como Marbella y Campillos. Aunque la provincia sale mejor parada que otras de su entorno, no se puede perder de vista que tiene carencias de calidad ambiental que afectan a la salud de las personas y a la naturaleza, como recuerda Miguel Ángel Ceballos, coordinador del estudio.

En el caso de lo ocurrido en el medidor de Juan XXIII la causa es el tráfico, y ha provocado que se quede justo en el límite legal en cuanto a dióxido de nitrógeno. A juicio de este experto, se ha producido un aumento importante el año pasado y se ha quedado cerca de lo ocurrido en Madrid, Barcelona, Granada y Bilbao, las cuatro urbes que en 2017 incumplieron los parámetros máximos (Málaga fue la quinta y se quedó al borde). (Lillo, 2018).

En un artículo posterior, de este mismo año, se puede ver como la situación ha mejorado, al menos en algunas zonas debido a que el ayuntamiento de Málaga ha tomado medidas para ello. Además de campañas de concienciación, el ayuntamiento ha estado realizando diferentes controles en la ciudad, apoyado también desde la Junta de Andalucía, el cual tiene varias estaciones de medición fijas en la ciudad.



Figura 2-7 Artículo 2. Málaga hoy

El Ayuntamiento de Málaga, a través del Área de Sostenibilidad Medioambiental, ha realizado este verano dos campañas quincenales de medición de la contaminación atmosférica a fin de evaluarla calidad del aire para la salud humana en el Distrito Este de la ciudad. Del resultado de estos estudios se concluye la óptima calidad del aire y la inexistencia de problemas de contaminación.

(R.L., 2018)

Sin embargo, a nivel nacional y europeo, la situación no se considera tan positiva. En los siguientes artículos destaca la pobre calidad del aire que respiramos los españoles, sus causas y su evolución.

ESP | AME | BRA | CAT | ENG NEWSLETTER SUSCRÍBETE Q

≡ **EL PAÍS** **SOCIEDAD**

EDUCACIÓN MEDIO AMBIENTE IGUALDAD SANIDAD CONSUMO ASUNTOS SOCIALES LAICISMO COMUNICACIÓN

CUMBRE DEL CLIMA DE KATOWICE >

Las emisiones mundiales de CO₂ crecen y vuelven a marcar un récord

El dióxido de carbono procedente de los combustibles y la industria aumenta un 2,7% este año

f t s 371

MANUEL PLANELLES

Madrid - 5 DIC 2018 - 21:26 CET

Figura 2-8 Artículo 4. El País

Este 2018 las proyecciones indican que sus emisiones de CO₂ se incrementarán un 4,7%. EE. UU., el segundo gigante emisor, también registrará un aumento del 2,5%, mientras que en la UE la previsión es que se reduzcan un 0,7%. En India, la última gran potencia emisora de este grupo de cuatro grandes economías, se calcula un incremento del 6,3% durante este año.

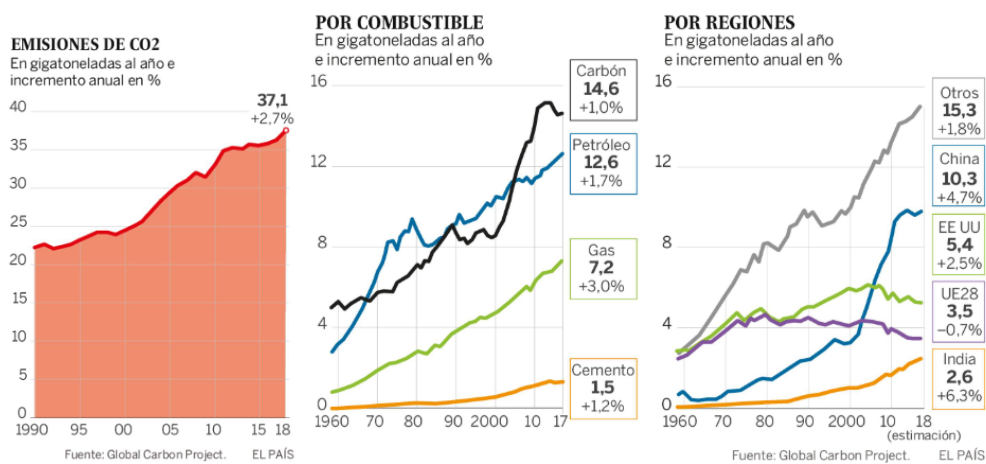


Figura 2-9 Artículo 4. Gráficas. El País

Los desastres provocados por el clima en 2017 costaron a la economía mundial 320.000 millones de dólares y se perdieron alrededor de 10.000 vidas.
(Planelles, 2018)



Figura 2-10 Artículo 3. El País

España tiene problemas, sobre todo, con tres contaminantes: el dióxido de nitrógeno (NO₂), generado por los vehículos y que afecta a grandes núcleos urbanos; las partículas (PM₁₀), compuestas de polvo, ceniza, hollín y sustancias similares, producidas también por el tráfico además de por las calefacciones, la industria y la construcción, y el ozono (O₃), un contaminante muy particular: se forma a partir de otros cuando hace buen tiempo y se desplaza largas distancias. (Sevillano y Sánchez, 2018).

Incluso se publican noticias donde se establece una relación directa entre la contaminación del aire y los ingresos hospitalarios. En este caso, El País publica una noticia donde la contaminación afecta a un grupo sensible, los niños.



Figura 2-11 Artículo 5. El País

La salud de los niños es un reflejo casi exacto de la contaminación ambiental. Los picos de polución se corresponden con un aumento de ingresos hospitalarios de niños. La relación es lineal, según las conclusiones de un estudio hecho con los datos de seis años de altas en el Hospital Niño Jesús de Madrid, lo que indica que las consecuencias en salud se relacionan directamente con la variación de las condiciones ambientales.

(Benito, 2019)

Este último artículo publica los resultados obtenidos en el estudio realizado por el servicio de pediatría del hospital Nino Jesús de Madrid durante el 2012-2017. Donde se concluye que, durante el periodo de estudio, el 50,68% de las admisiones médicas fueron complicaciones respiratorias, las cuales tenían una correlación directa con contaminantes del aire y que, de ellas, el 6,73% podrían haberse evitado.

Durante el periodo de tiempo estudiado se registraron 10 512 ingresos en Pediatría general, 5328 (50,68%) causados por procesos respiratorios. Se encontró una correlación entre los niveles de NO₂, CO, benceno y los ingresos hospitalarios totales y respiratorios en todos los casos con un valor de $p < 0,0001$. En la regresión lineal múltiple los ingresos totales se relacionaron con los niveles de NO₂ positiva y negativamente con la temperatura, en relación con los ingresos respiratorios se incrementan con los niveles de NO₂ y benceno y disminuyen con la temperatura. Se calculó que si los niveles de NO₂ no hubieran superado en ningún mes los niveles de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se podrían haber evitado el 8,37% (IC 95: 7,77 a 8,98) de los ingresos totales y el 6,73% (IC 95: 6 a 7,52) de los ingresos respiratorios.

(Bayle et al, 2019)

2.5 Aplicaciones similares

Actualmente existen varias herramientas que nos ofrecen distintas visualizaciones de los parámetros relacionados con la calidad del aire. En esta sección, se muestran distintas páginas web y aplicaciones móviles que ofrecen información sobre la calidad del aire.

2.5.1 Páginas web

En este apartado, se van a detallar distintas páginas web enfocadas en la ciudad de Málaga y a continuación, otras destinadas a una región más amplia o distinta.

- IUCA¹

Esta herramienta está creada por la empresa UrbanClouds, responsable de la publicación de los datos y el mantenimiento de las estaciones de medida en Málaga. Como se puede ver, ofrece un mapa y las distintas estaciones con información a tiempo real.

¹ <https://urbanclouds.city/maps/map-interactivo-teselas-malaga.html>

No es posible visualizar la evolución de las emisiones por zona, ya que sólo ofrece los últimos datos, además la interfaz hace prácticamente imposible visualizar las zonas por su baja transparencia, incluso cuando se realiza una ampliación, el área coloreada no deja ver los límites de las áreas en el mapa satélite.

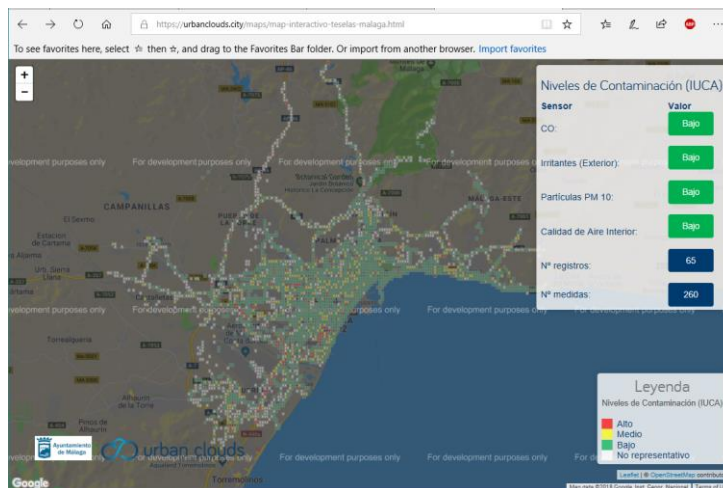


Figura 2-12 Página web IUCA. UrbanClouds

Parece que la herramienta aún está en construcción, por la marca de agua que existe por todo el mapa.

- Smart Data Málaga²

Esta herramienta pertenece a la misma empresa, UrbanClouds, en ella es posible realizar un filtrado por zonas verdes y supuestamente se pueden realizar comparaciones entre los distintos parques. En la práctica, estas comparaciones no son posibles, ya que la web parece estar aún en construcción y esta parte no está completamente terminada.

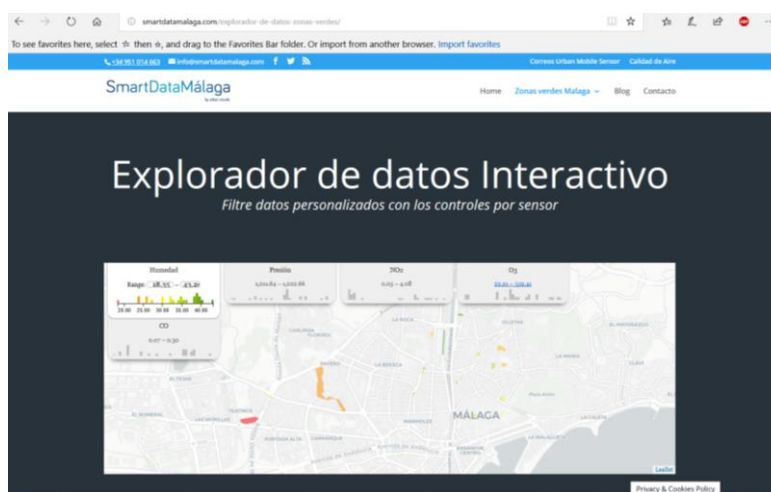


Figura 2-13 Página web SmartData Málaga. UrbanClouds

² <http://smartdatamálaga.com/explorador-de-datos-zonas-verdes/>

- [aqicn](http://aqicn.org)³

Ofrece la información de PM10, O3, NO2, SO2 y CO a tiempo real de tres estaciones de Málaga (El Atabal, Carranque y Campanillas). Además, muestra el histórico de la calidad de PM10, O3,NO2, SO2 y CO por fracciones de tres horas. No es posible realizar un análisis, ya que sólo muestra la etiqueta 'Bueno'.

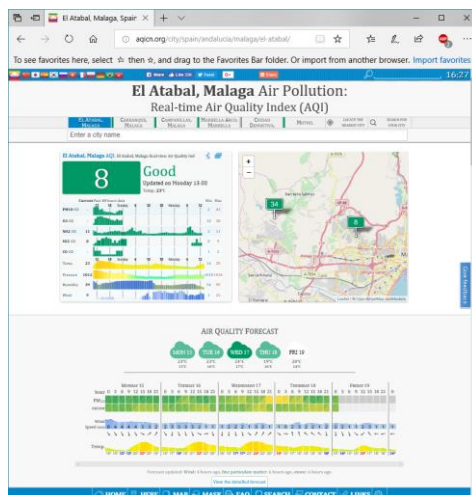


Figura 2-14 Página web AQICN

- [eltiempo.es](https://en.eltiempo.es)⁴

Ofrece la información de tres estaciones en Málaga, pero como se puede ver, no son actuales. Estos datos están recogidos el 15 de octubre de 2018 y sin embargo el dato más reciente es del 3 de octubre del 2018.

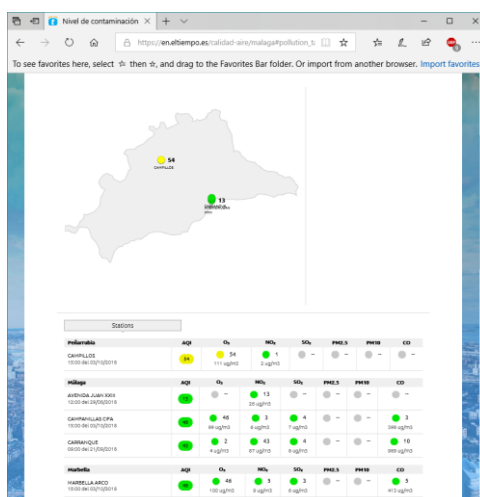


Figura 2-15 Página web EITiempo.es

³ <http://aqicn.org/city/spain/andalucia/malaga/el-atabal/>

⁴ https://en.eltiempo.es/calidad-aire/malaga#pollution_table

- tutiempo.net⁵

Ofrece la información de dos estaciones en Málaga, El Atabal y Campanillas, con la información recolectada tres horas antes, en el momento de las capturas de pantalla.

En el histórico de las pasadas 48 horas, sólo aparece un dato anterior recolectado 37 horas antes, por lo que se puede decir, que los datos no se actualizan con suficiente frecuencia.

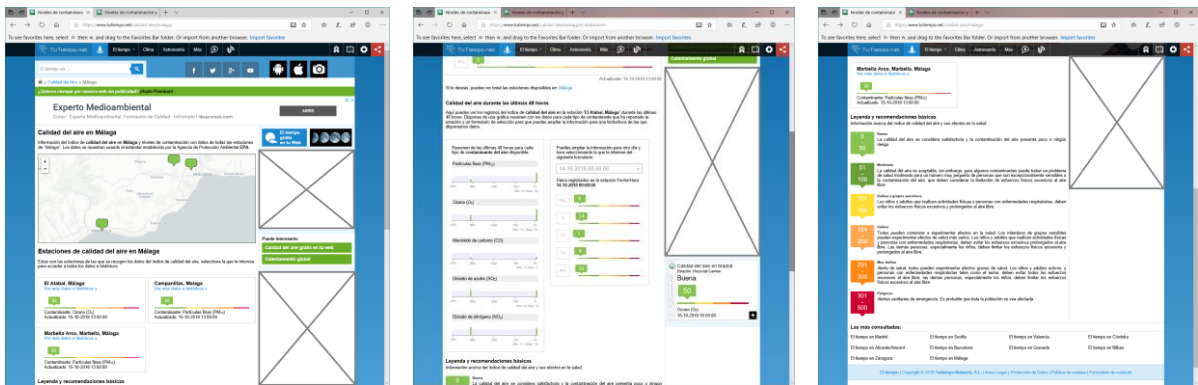


Figura 2-16 Página web TuTiempo.net

- Junta de Andalucía⁶

Ofrece la posibilidad de generar dos tipos de informes, cualitativo y cuantitativo por provincias. En el informe cuantitativo ofrece los valores de las últimas 24 horas de SO2, PM, NO2, CO y O3 para las estaciones El Atabal y Campanillas. Estos informes no son fáciles de interpretar y además están en una tabla, por lo que requiere más tiempo para su análisis.

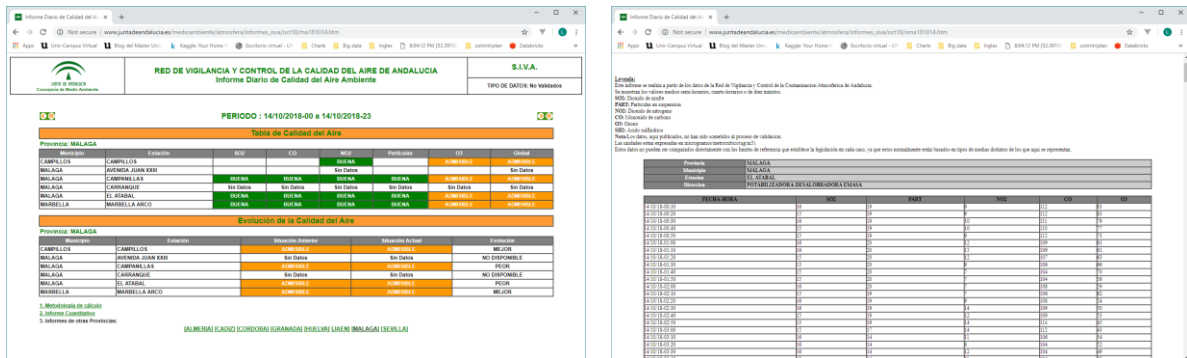


Figura 2-17 Página web de la Junta de Andalucía

⁵ <https://www.tutiempo.net/calidad-aire/malaga/>

⁶ http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/atmosfera/informes_siva/oct18/nma181014.htm

- [airqualitynow.eu](https://www.airqualitynow.eu)⁷

Ofrece la información de NO2, O3, PM10, PM2.5, SO2, CO del día actual y el anterior. No deja claro cuál es la estación que proporciona la información.

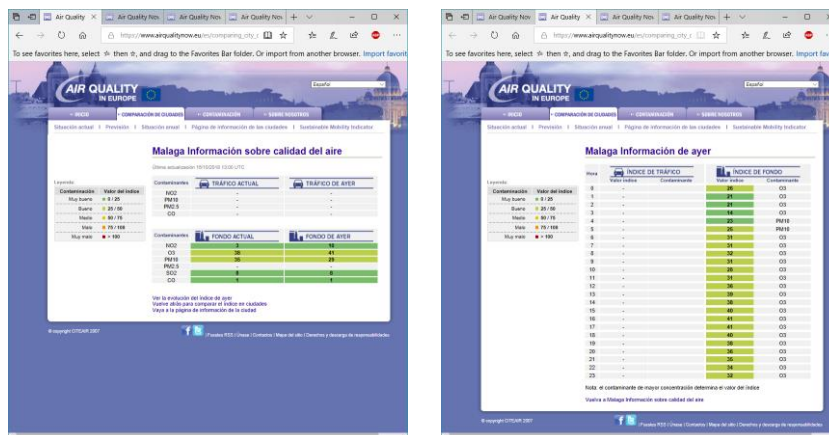


Figura 2-18 Página web Airqualitynow.eu

- Agencia Europea⁸

En la página web ofrecida por la agencia europea, se puede encontrar un mapa con las distintas estaciones, en concreto, para la ciudad de Málaga, consta de tres estaciones, Avenida Juan XXII, Carranque y El Atabal. El historial de los parámetros va hasta las 47 horas anteriores, pero para estas estaciones en concreto, no cuenta con datos para este periodo.

Para estaciones donde sí existen datos, se representan distintos conjuntos de datos y con ellos se obtiene una valoración de la calidad del aire en los últimos 100 días en términos generales (bueno, moderado, pésimo, etc.).

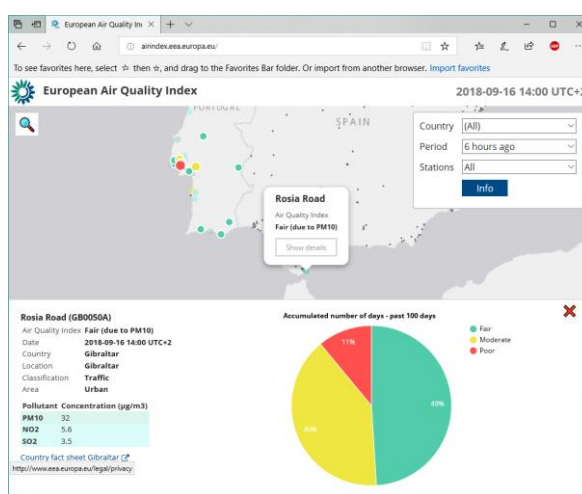


Figura 2-19 Página web de la agencia europea

⁷ https://www.airqualitynow.eu/es/comparing_home.php

⁸ <http://airindex.eea.europa.eu/>

- Captor⁹

La universidad politécnica de Cataluña en colaboración con Ecologistas en Acción, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Guifi.net, Legambiente, Zentrum für Soziale Innovation, GLOBAL 2000 and the Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand y Captor, ofrecen dos páginas web, Airact y CaptorAir con la misma interfaz gráfica.

AirATC ofrece una explicación objetiva de los parámetros y el rango que se ha marcado para considerarlo bueno, moderado, malo o peligroso. También ofrece una lista de las estaciones y las últimas emisiones para España, Italia y Austria. Para el país España, muestra que no se han encontrado registros para los últimos 7 días, sin embargo, cuando se expande la región de Málaga en el mapa, se observa que puede verse una estación con información recogida 5 días atrás.

Los parámetros ofrecidos son NO2 ,PM,O3 y SO2.

CaptorAir ofrece menos países y se centra en regiones más pequeñas, como la comunidad de Cataluña. En esta página web, se encuentra una definición de los parámetros más escueta, ya que sólo ofrece información sobre el ozono.

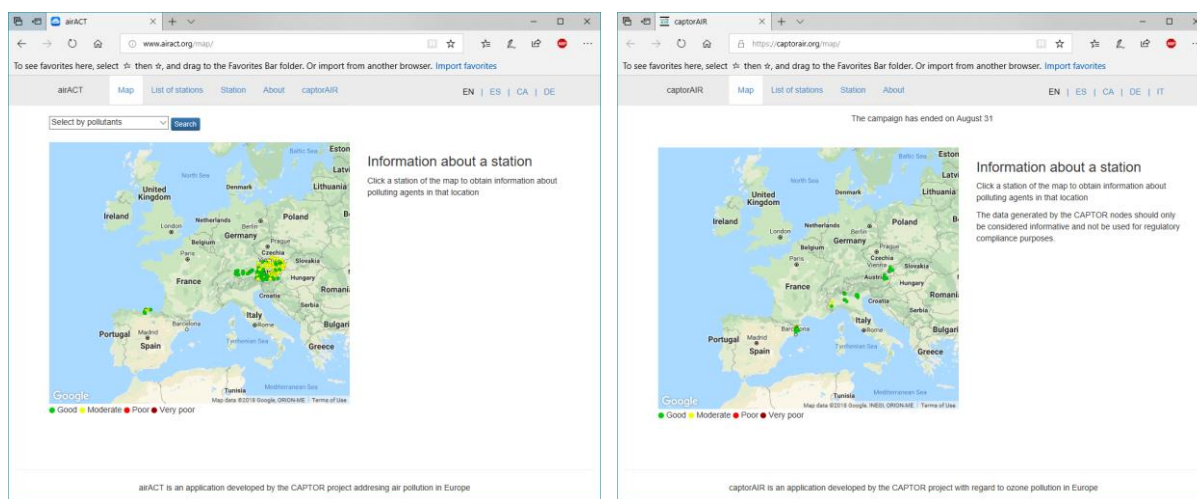


Figura 2-20 Página web CaptorAir

⁹ <https://captorair.org/map/>

- Universidad de Barcelona¹⁰

Desde el grupo de investigación MAiR del departamento de física aplicada, se ofrece un mapa con la región de Cataluña y la evolución de 3 parámetros O3, NO2 y PM10 del día actual y el siguiente. Como se puede observar, no es fácil de interpretar por todos los usuarios.

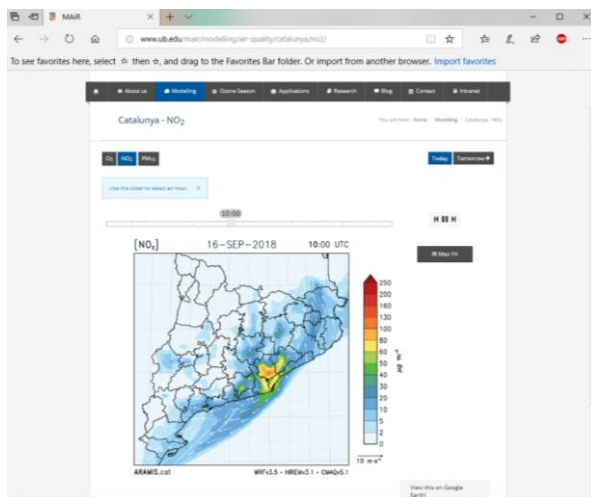


Figura 2-21 Página web Universidad de Barcelona

- CALIOPE¹¹

Esta plataforma europea ofrece previsiones muy completas de 24 y 48 horas sobre la calidad del aire. Combina temperatura, precipitaciones, humedad, presión, cobertura de nubes, dirección del viento y velocidad con los parámetros contaminantes del aire NO y NO2, VOCs, CO, SO2 y PM.

Las predicciones se centran en O3, NO2, CO, SO2, PM10 y PM2.5 a nivel de comunidad autónoma. No es fácil de interpretar por todos los usuarios.

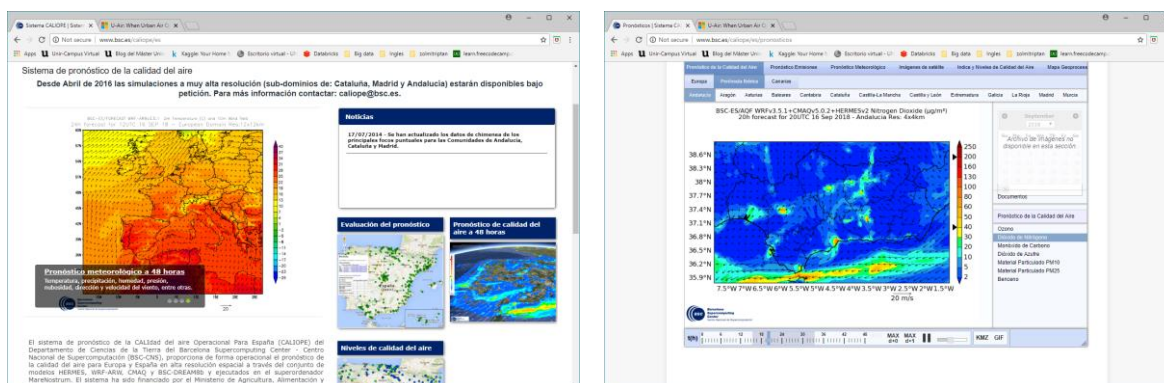


Figura 2-22 Página web Calíope

¹⁰ <http://www.ub.edu/mair/modelling/air-quality/catalunya/no2/>

¹¹ <http://www.bsc.es/caliope/es/pronosticos?language=es>

2.5.2 Aplicaciones móviles

En este apartado se realiza un recorrido por las distintas aplicaciones móviles, tanto para iOS como Android. Estas aplicaciones ofrecen distintas interfaces, que se centran en ofrecer los valores de un conjunto de parámetros en un área en concreto.

- Air Matters App¹²

Esta aplicación está orientada al riesgo de alergias. Ofrece la posibilidad de añadir un dispositivo que mide la calidad del aire a su alrededor.

Su interfaz es sencilla, consta de una pantalla principal donde se pueden ver el riesgo de alergias mediante una gráfica circular y una zona inferior donde enumera distintas alergias y el riesgo de sufrir sus inconvenientes en caso de padecerla. Si se selecciona una de estas alergias, se mostrará información sobre ese tipo.

También ofrece recomendaciones, si es adecuado o no realizar actividades al aire libre o si se debe ventilar.

A continuación, muestra las previsiones máximas y mínimas de polen, la calidad del aire en términos generales para la localización seleccionada y un historial de datos de riesgo de alergias.

Esta página principal es completada con la predicción del tiempo.

El mapa de la calidad del aire muestra la evolución en las últimas 48 horas en distintas estaciones repartidas por Europa. Se puede elegir entre distintos parámetros AQI, abedul, alder, ambrosia, artemisa, CO, hierbas, NO₂, O₃, Olivo, PM₁₀, PM_{2.5}, Riesgo de alergia y SO₂.

La pantalla de clasificación ofrece un listado de las estaciones ordenadas de mejor a peor o de peor a mejor para el último día, mes, año y dos años. Esta aplicación ofrece la posibilidad de seleccionar el parámetro AQI, polen, PM_{2.5}, PM₁₀, CO, SO₂, O₃, NO₂.

También pueden seleccionarse localizaciones en la lista de favoritos.

No cuenta con información para Málaga y los sensores muestran datos para áreas extensas.

¹² <https://air-matters.com/>

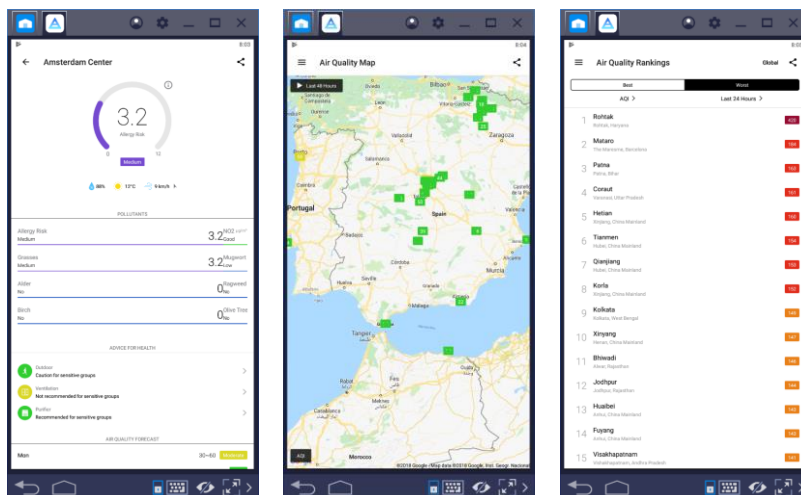


Figura 2-23 Aplicación móvil Air Matters

- Air Visual¹³

Esta aplicación ofrece una sola pantalla donde muestra la calidad del aire en términos generales de una localización previamente seleccionada, la predicción del tiempo y recomendaciones de salud, como si es posible realizar actividades al aire.

A continuación muestra un historial de las últimas 24 horas o el último día, donde se puede filtrar entre AQI, NO2, PM2.5, PM10, O3, SO2 y CO.

Para terminar, muestra un mapa con las distintas estaciones.

No cuenta con información para Málaga.

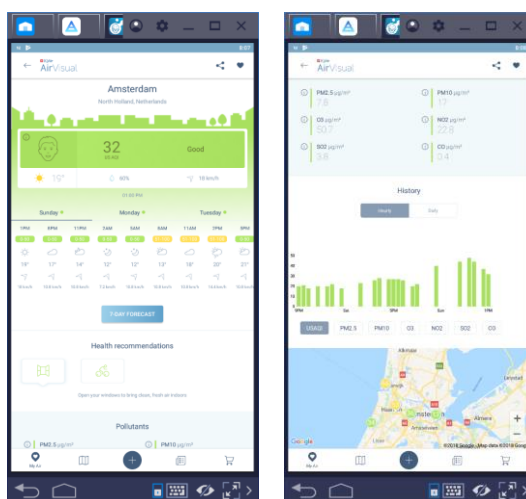


Figura 2-24 Aplicación móvil Air Visual

¹³ <https://www.airvisual.com/>

- Air pollution near me¹⁴

Esta aplicación ofrece el nivel de AQI en un momento concreto en un punto y también distintos parámetros del tiempo como la temperatura y el viento. Es una aplicación básica con muy poca información.

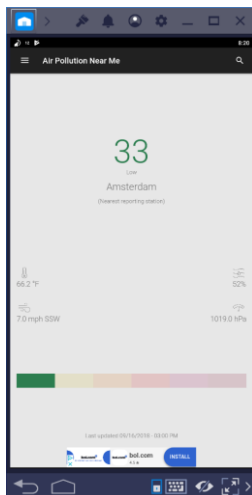


Figura 2-25 Aplicación móvil Air pollution near me

- Brezo¹⁵

Esta aplicación muestra un indicador de la calidad del aire AQI en el punto más cercano a la localización del dispositivo, muestra una serie de recomendaciones como si es posible salir a jugar y un mapa coloreado según la calidad del aire.

Ofrece la posibilidad de almacenar las localizaciones favoritas. No aporta información adicional.

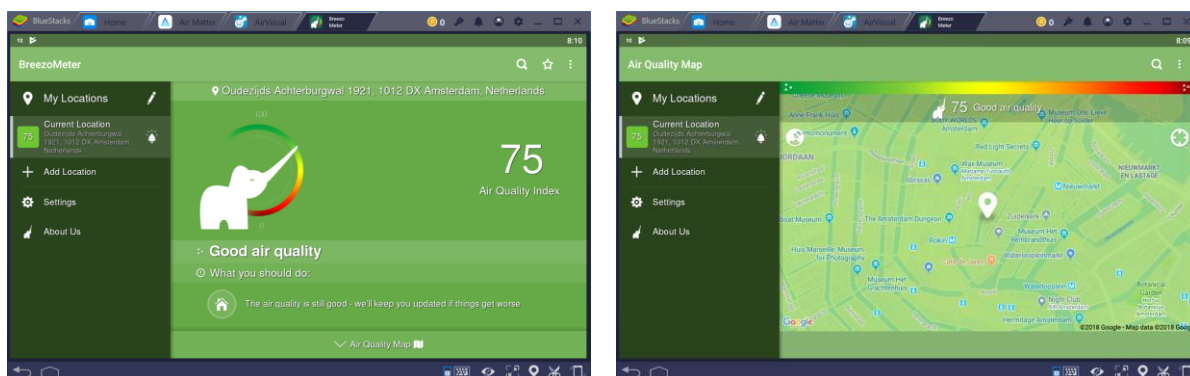


Figura 2-26 Aplicación móvil Brezo

¹⁴ <http://www.appstronautstudios.com/air-quality-index-near-me/>

¹⁵ <https://breezometer.com>

- AirQuality¹⁶

Esta aplicación ofrece una representación de los parámetros de las últimas horas en un punto en concreto y muestra con un código de colores la calidad. Los parámetros son PM10, PM2.5, NO2, SO2, Humedad, Presión, Temperatura, viento, CO y O3.

No permite cambiar la localización y no es fácil de interpretar los datos de un simple vistazo.

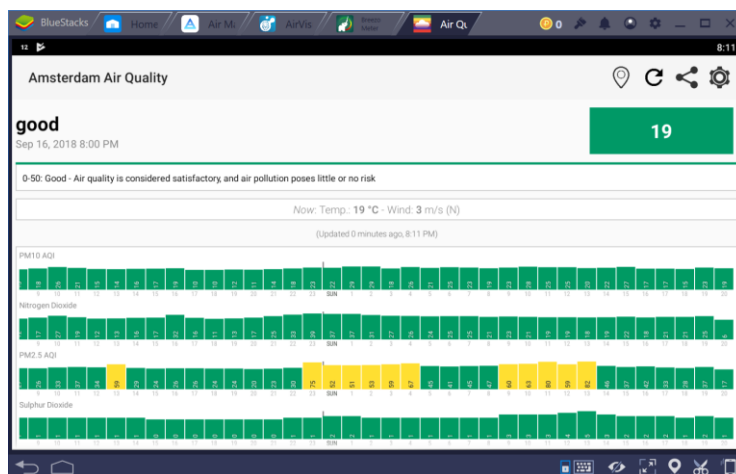


Figura 2-27 Aplicación móvil AirQuality

- Mijn luchtKwaliteit¹⁷

Esta aplicación ofrece el AQI, PM10, CO y O3 para el día actual, el día siguiente y el siguiente. En una segunda pantalla describe las molestias que se pueden sufrir en las condiciones actuales y recomendaciones para el uso de bicicleta. No utiliza el GPS del teléfono móvil, se ha de introducir el código postal manualmente. Sólo nos muestra los datos de los Países Bajos.

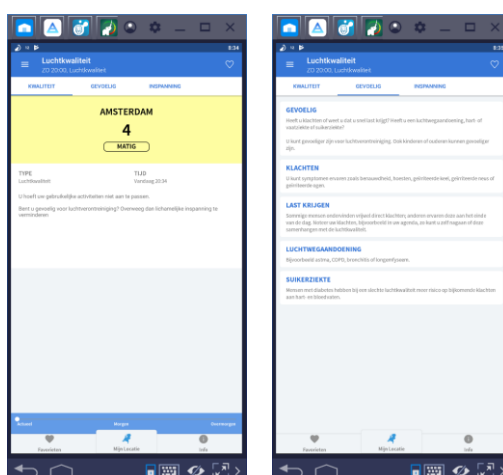


Figura 2-28 Aplicación móvil LuchtKwaliteit

¹⁶ <https://aqicn.org/smartapp/>

¹⁷ <https://www.luchtmeetnet.nl/>

- APPMosfera¹⁸

Esta aplicación está orientada a los usuarios de bici, ofrece el camino menos contaminado de A hasta B y está desarrollado por la misma empresa que ofrece los datos de contaminación al ayuntamiento de Málaga, UrbanClouds. Se pueden visualizar los distintos valores a tiempo real para CO, IAQ y PM.



Figura 2-29 Aplicación móvil APPMosfera

2.6 Conclusiones

Las principales deficiencias de las herramientas disponibles hasta ahora es la falta de detalle en las aplicaciones que sólo muestran una información cualitativa sobre el índice de la calidad del aire o la incompresibilidad de las herramientas más completas que están enfocadas a un público más especializado.

Además, en muchos de los casos, los datos no presentan una granularidad suficiente, es decir, se aplica una medición a un área demasiado amplia, por lo que esta medida carece de utilidad.

En otras herramientas, se ha podido comprobar cómo los datos no están lo suficientemente actualizados, no pudiendo sacar conclusiones sobre la calidad del aire a tiempo real.

Un punto general, es la falta de información al usuario, es decir, muy pocas de ellas explican cómo afecta cada parámetro y en qué enfermedades puede repercutir.

¹⁸ <https://appmosfera.me/es/>

En ninguna de ellas es posible ver la calidad del aire que rodea al individuo en concreto, es necesario consultar la herramienta constantemente para poder realizar esta monitorización, por lo que resulta imposible hacer un análisis o comparaciones de las zonas frecuentadas.

Por todo esto, se necesita una herramienta que deje ver la calidad del aire de la ciudad por zonas a tiempo real; que muestre la calidad del aire general de una forma fácil e intuitiva pero que además permita profundizar en los detalles y que además sea personalizada, es decir, que el usuario pueda saber a la cantidad de emisiones a las que ha estado expuesto.

3 Objetivos y metodología

En este capítulo se detallan los distintos objetivos y la planificación para llevarlos a cabo.

3.1 Objetivo general

El objetivo general es crear una herramienta web capaz de monitorizar y mostrar la información de la calidad del aire en la ciudad de Málaga de una forma clara, intuitiva, informativa y comprensible para la mayor parte de la población y que ofrezca una información completa y de calidad útil para la vida diaria.

3.2 Objetivos específicos

Entre los objetivos funcionales se encuentra que la herramienta debe permitir conocer y analizar el nivel de polución al que el usuario está expuesto diariamente. Además, debe poder proporcionar información suficiente sobre los riesgos de los niveles de polución y enfatizar las áreas peligrosas. La herramienta deberá también mostrar información actualizada, en tiempo real.

Entre los requisitos técnicos, se destaca que la herramienta deberá ser de acceso libre, por ello es preferible utilizar una plataforma web.

El público al que va dirigido no es un público restringido, es decir, la información debe ser clara para el usuario sin conocimientos sobre la calidad del aire y con información suficientemente detallada para los usuarios con un conocimiento más alto.

Además, la herramienta deberá contar con los controles necesarios permitiendo que los usuarios puedan seleccionar/filtrar los datos para obtener sus propias conclusiones.

En cuanto al diseño se desea que tenga una arquitectura modular y fácilmente exportable.

Para finalizar, deberán aplicarse técnicas y conocimientos aprendidos durante el desarrollo de este máster. Desde la manipulación de datos, que abarca desde la recogida, tratamiento y almacenamiento hasta la visualización de ellos en tiempo real.

3.3 Metodología de trabajo

En este apartado se describe la planificación del trabajo y las fases necesarias para el desarrollo de la herramienta.

3.3.1 Planificación del proceso

El periodo de desarrollo se extiende desde mediados de septiembre, cuando se aprueba el tema a desarrollar, hasta la primera semana de febrero, cuando se realiza el depósito de este documento.

Para el cumplimiento satisfactorio de todo el proceso, se trabaja en la documentación e implementación paralelamente. Se dedican periodos a la investigación y documentación y una vez por semana se trata de realizar una recapitulación del trabajo realizado.

Según la planificación, el grueso del trabajo se desarrolla antes de la entrega del primer borrador, dejando así un descanso para la realización de los exámenes en enero.

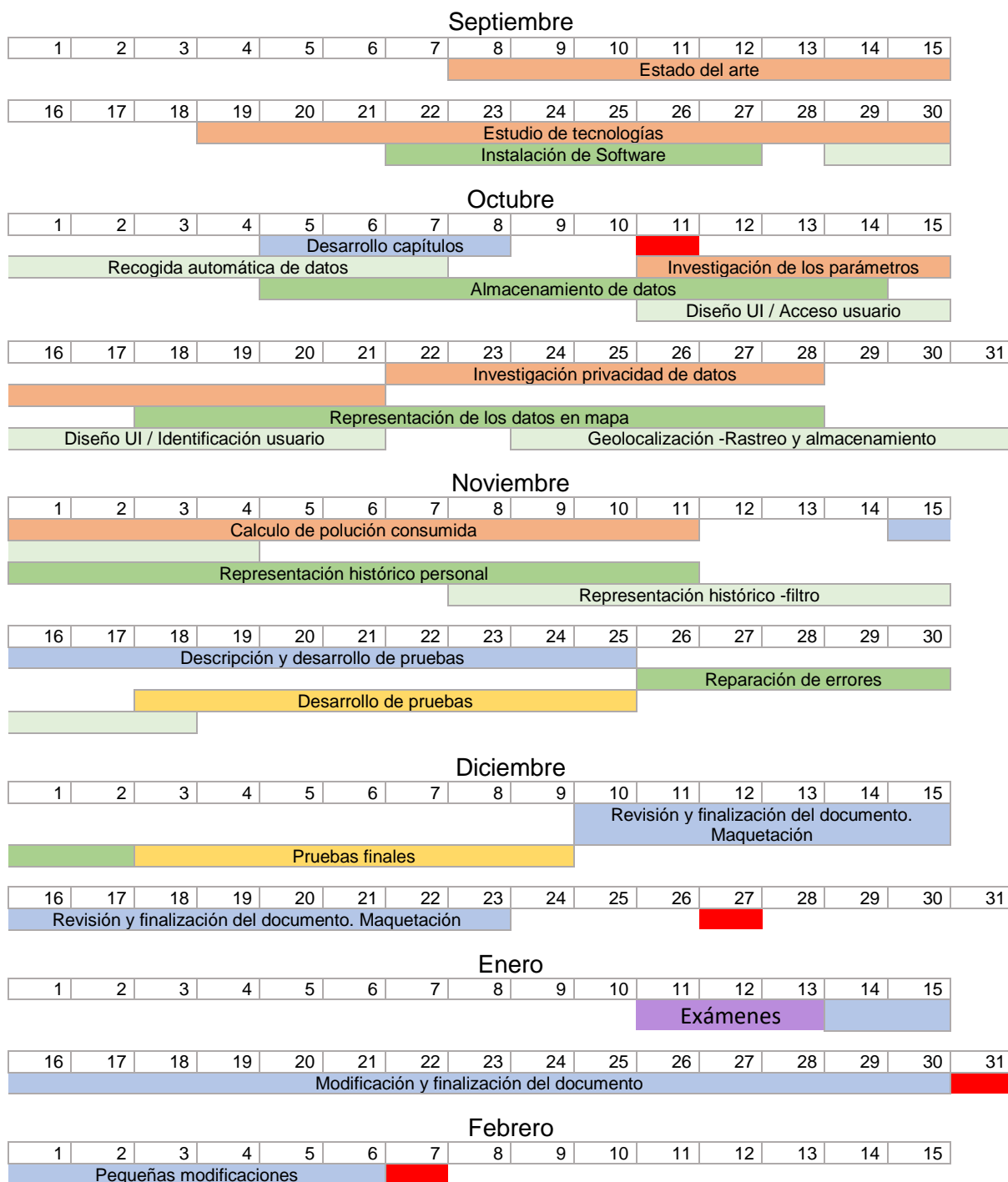


Tabla 3-1 Planificación

Los días en rojo representan las entregas de documentación, estructura de capítulos, borrador, borrador final y depósito. El color naranja representa periodos de investigación, azul corresponde a documentación y el verde y amarillo están dedicados al desarrollo de software y al periodo de pruebas respectivamente.

3.3.2 Desarrollo de cada uno de los pasos

El desarrollo de las tareas se divide en cinco grandes bloques; estudio de los datos, definición y creación de la infraestructura, recolección y manipulación de los datos, creación de la interfaz gráfica y pruebas.

El trabajo comienza con la recolección de información de la calidad del aire, realizando un estudio de la manera en que la polución afecta a la calidad de vida. Se estudian los componentes más agresivos que influyen en una mala calidad del aire, sus fuentes y las enfermedades y molestias que pueden ocasionar.

A continuación, se realiza una investigación de los niveles utilizados en la Comunidad Europea, para poder aplicarlos a la visualización de los datos posteriormente.

Para finalizar se realiza un estudio más técnico, se analizan los datos de los que se dispone, los distintos campos, su completitud y la frecuencia de actualización de estos.

El segundo bloque consta del diseño de la arquitectura; se definen los distintos módulos y cómo deben interactuar entre ellos. A partir del diseño, se estudian las distintas tecnologías disponibles para poder realizarlo.

Una vez que las bases están planteadas, se puede comenzar con el tercer y cuarto bloque, la manipulación de los datos y la implementación del diseño. En primer lugar, se trabaja con la recolección de datos, limpieza y almacenado. A continuación, se trabaja tanto en la interfaz gráfica como en el servidor que proporciona los datos requeridos por el cliente, donde se encuentra la interfaz gráfica.

En esta etapa cabe destacar: la identificación de usuario y la encriptación del identificador de este, geolocalización, importación de los datos personales, manipulación de los datos en un mapa, interacción entre los distintos componentes de la herramienta, cálculo de contaminación ambiental por usuario y cálculo de las medias por día y por mes.

Para finalizar, se pasa la herramienta por un periodo de prueba. Primero con datos generados para comprobar la capacidad de la herramienta con múltiples usuarios simulando una situación real y a continuación, in situ, ya que se lanzará de manera pública.

4 Desarrollo

En este capítulo se realiza un recorrido por todos los puntos necesarios que se han ejecutado para culminar la herramienta. En primer lugar, se realiza una identificación de los requisitos, donde se identifica el problema y se contextualiza. A continuación, se describe la herramienta y para finalizar, se detalla la arquitectura y su funcionamiento.

4.1 Identificación de requisitos

En este apartado se explica a qué tipo de usuarios va dirigido y qué necesita la herramienta para adaptarse a sus expectativas, además se explica con qué se cuenta.

4.1.1 Identificación del problema

Como se especificaba en los capítulos anteriores, actualmente existen muchas herramientas que nos permiten ver la calidad del aire en una zona específica, pero ninguna nos ofrece la posibilidad de ver exactamente la polución a la que se está expuesto de manera personalizada.

Además, las herramientas suelen estar dirigidas a un usuario experto, con conocimiento sobre los agentes contaminantes que se presentan o a usuarios sin ninguna experiencia en la materia, indicando una escasa información de contaminación con etiquetas como aceptable o peligrosa, sin ningún detalle.

En ninguno de los casos, se le ofrece al usuario la capacidad de realizar comparaciones por zonas, días o franjas horarias de una manera fácil e intuitiva que le ayude a sacar sus propias conclusiones y si fuera necesario, decisiones.

En la actualidad, se ha demostrado que muchísimas condiciones médicas son influenciadas por los agentes contaminantes del aire, por esta razón, es necesario que el usuario final conozca qué agentes están asociados a qué tipo de enfermedades y sea capaz de controlar los niveles de polución a los que se expone.

4.1.2 Usuarios a los que va dirigido

La herramienta va a dirigida a un tipo de usuario no experto que necesita realizar un control de la calidad del aire debido a su condición médica, malestar general, asma, EPOC, cardiopatía, alergia, déficit de atención o problemas respiratorios o simplemente está interesado en saber la calidad del aire a su alrededor a modo de control o prevención.

El usuario podrá contar con información suficiente para entender qué efectos tienen los distintos agentes contaminantes del aire y qué niveles son aceptables o perjudiciales, por lo que la herramienta también deberá contar con una función informativa.

Por último, el usuario podrá de ser capaz de realizar comparaciones durante un periodo de tiempo, para que así pueda sacar sus propias conclusiones y si fuera necesario, también decisiones, por este motivo, la herramienta deberá proporcionar las opciones suficientes para realizar diferentes selecciones, tanto de parámetros, zonas o tiempo.

4.1.3 Localización del usuario

Para poder visualizar el historial de emisiones a las que el usuario ha estado expuesto, se ha de recoger su localización. Para ello, se utilizará la posición ofrecida por el navegador instalado en el dispositivo del usuario.

Esta información es categorizada como sensible, por ello, a la hora de implementar la herramienta, se optará por el envío de datos de una forma segura. Es decir, se usará SSL que garantiza el envío de datos de forma segura.

Para subsanar la falta de datos y que el usuario pueda ver su historial sin la necesidad de tener activa la herramienta por un periodo de tiempo largo, se ofrecerá una alternativa de carga de datos. Actualmente, Google ofrece la posibilidad de descargar un archivo JSON con el historial de ubicaciones mediante la herramienta cronología de Google.

4.1.4 Minimizar riesgos de identificación

Para minimizar los riesgos de identificación y rastreo, los datos de posición, longitud y latitud, no se almacenarán directamente, sino que sólo se guardará el polígono de 100m² donde se encuentra el usuario. Cuando el usuario se encuentra en movimiento, los datos se almacenarán con una periodicidad mínima de 10 minutos y si el usuario se mantiene en una localización, sólo se almacenará la información de nuevo si las mediciones en esta región han cambiado.

Para proteger la identidad del usuario, nunca se enviará su identificador por la red, sino un token encriptado que proporciona el sistema de autenticación. Para evitar la relación entre el sistema de autenticación y los datos en la base de datos de la herramienta, se someterá a otra encriptación con una clave secreta creada específicamente para esta herramienta.

4.1.5 Visualización de datos

La visualización de los datos debe ser clara, intuitiva e interactiva, ofreciendo al usuario la posibilidad de realizar diferentes filtros por medio de los distintos componentes de la herramienta.

Los datos geográficos deberán realizarse sobre un mapa para la mejor comprensión por parte del usuario y, por último, se ha de respetar el sistema de colores que deberá seguir la codificación europea.

4.1.6 Datos disponibles

En este apartado se realiza un análisis de los datos de los que se dispone, entre ellos los datos que se obtienen del portal de datos abiertos del ayuntamiento de Málaga y el archivo JSON que contiene las localizaciones proporcionado por Google.

- Contaminación del aire 2018¹⁹

Cada medición crea un documento JSON que contiene tanto el momento de la medición, el polígono al que se aplica y por supuesto los valores de las distintas mediciones.

A continuación, se muestran los distintos campos de los datos, la frecuencia con la que aparecen en cada registro y el tipo.

Keys	Probability	Type
co_F_level	39.6%	String (39.6%)
pm1_F_level	39.6%	String (39.6%)
pm1_level	65.8%	String (65.8%)
no2_F	39.6%	Int32 (39.6%)
no2	65.8%	Int32 (65.8%)
co_level	65.8%	String (65.8%)
last_measure	100.0%	String (100.0%)
pm1_F	39.6%	Int32 (39.6%)
co	65.8%	Int32 (65.8%)
o3_F	39.6%	Int32 (39.6%)
count_SMAQ	65.8%	Int32 (65.8%)
o3_level	65.8%	String (65.8%)
pm25	65.8%	Int32 (65.8%)
pm1	65.8%	Int32 (65.8%)
pm10_F_level	39.6%	String (39.6%)
pm25_F_level	39.6%	String (39.6%)
count_F	39.6%	Int32 (39.6%)
pm25_F	39.6%	Int32 (39.6%)
no2_F_level	39.6%	String (39.6%)
count	100.0%	Int32 (100.0%)
pm10_level	65.8%	String (65.8%)
co_F	39.6%	Int32 (39.6%)
pm10	65.8%	Int32 (65.8%)
o3	65.8%	Int32 (65.8%)
pm10_F	39.6%	Int32 (39.6%)

Keys	Probability	Type
o3_F_level	39.6%	String (39.6%)
no2_level	65.8%	String (65.8%)
pm25_level	65.8%	String (65.8%)
iuca_level_global	100.0%	String (100.0%)
iuca_level_F_global	39.6%	String (39.6%)
no2_M_level	37.3%	String (37.3%)
no2_M	37.3%	Int32 (37.3%)
pm25_M_level	37.3%	String (37.3%)
o3_M_level	37.3%	String (37.3%)
co_M_level	37.3%	String (37.3%)
pm1_M	37.3%	Int32 (37.3%)
pm10_M	37.3%	Int32 (37.3%)
o3_M	37.3%	Int32 (37.3%)
pm25_M	37.3%	Int32 (37.3%)
count_M	37.3%	Int32 (37.3%)
pm10_M_level	37.2%	String (37.2%)
pm1_M_level	37.3%	String (37.3%)
co_M	37.3%	Int32 (37.3%)
iuca_level_M_global	37.3%	String (37.3%)
resp_APP_level	49.9%	String (49.9%)
count_APP	49.9%	Int32 (49.9%)
iaq_APP_level	49.9%	String (49.9%)
pm10_APP_level	49.9%	String (49.9%)
co_APP_level	49.9%	String (49.9%)
iuca_level_APP_global	49.9%	String (49.9%)

Tabla 4-1 Resultados de Mongo Booster. Herramienta de análisis

Como se comprueba en el análisis del esquema de la base de datos, no todas las estaciones de medición reportan la misma información, ya que en la columna probabilidad no alcanza el 100% en todos los casos. Esto se debe, a que la red de sensores lo componen estaciones fijas y móviles.

Los datos etiquetados con el sufijo M pertenecen a las estaciones móviles y los datos etiquetados con el sufijo F, pertenecen a las estaciones fijas. Los valores con el sufijo nivel (level) ofrecen valores categóricos “good”, “moderate”, “unhealthy-low”, “unhealthy”, “unhealthy-high”.

¹⁹ Portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Málaga. <https://datosabiertos.malaga.eu/dataset/calidad-del-aire>

En el siguiente fragmento ampliado se observa que el campo “última medida” (last_measure) aparece en todas las mediciones y es del tipo cadena. Sin embargo, el nivel cualitativo de CO2 (co_level) aparece sólo en el 65.8% de los documentos y el nivel cuantitativo de materia particulada 1um (pm1_F) de estación fija, está presente el 39,6% de las veces.

co_level	65.8%	String	65.8%
last_measure	100.0%	String	100.0%
pm1_F	39.6%	Int32	39.6%

Tabla 4-2 Detalle de los resultados de MongoBooster. Herramienta de análisis

```

1. geometry:
2.   type:"Polygon"
3.   coordinates:Array
4. properties:
5.   co_F_level:"good"
6.   pm1_F_level:"unhealthy-low"
7.   pm1_level:"unhealthy-low"
8.   no2_F:16
9.   no2:16
10.  co_level:"good"
11.  last_measure:"2018-10-09T06:03:59+00:00"
12.  pm1_F:6
13.  co:4
14.  o3_F:12
15.  count_SMAQ:188534
16.  o3_level:"good"
17.  pm25:10
18.  pm1:6
19.  pm10_F_level:"moderate"
20.  pm25_F_level:"moderate"
21.  count_F:188534
22.  pm25_F:10
23.  no2_F_level:"good"
24.  count:188534
25.  pm10_level:"moderate"
26.  co_F:4
27.  pm10:21
28.  o3:12
29.  pm10_F:21
30.  o3_F_level:"good"
31.  no2_level:"good"
32.  pm25_level:"moderate"
33.  iuca.level_global:"moderate"
34.  iuca.level_APP_global:null
35.  iuca.level_F_global:"moderate"
36.  iuca.level_M_global:null
37. type:"Feature"
    
```

Listado 4-1 Documento JSON. Portal de datos abiertos

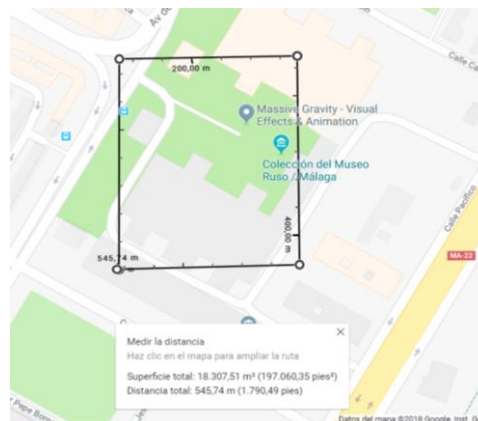
Como se comprueba en este ejemplo, no todos contienen la misma cantidad de campos. La propiedad IUCA es el acrónimo de Índice Urbano de Calidad del Aire.

Se ve que la base de datos proporciona los valores de CO, NO2, O3, PM1, PM2.5 y PM10, por lo que estas propiedades restringen la visualización que se le mostrará al usuario final.

Como se va a seguir la legislación vigente para el cálculo de los límites de las emisiones, siempre que sea posible, se utilizarán los valores numéricos y se calculará dinámicamente el nivel de adecuación de los parámetros. Si sólo se cuentan con valores categóricos, se utilizará una indicación en la interfaz.

Cada registro contiene un polígono con cinco coordenadas que definen el límite de alcance de las mediciones. La primera y la última son la misma coordenada. Estos polígonos son rectangulares y con una medida de alrededor de 100x100m, ya que cada rectángulo difiere levemente.

1.	coordinates:
2.	0:
3.	0:
4.	0:-4.439849853515625
5.	1:36.698455810546875
6.	1:
7.	0:-4.439849853515625
8.	1:36.6998291015625
9.	2:
10.	0:-4.4384765625
11.	1:36.6998291015625
12.	3:
13.	0:-4.4384765625
14.	1:36.698455810546875
15.	4:
16.	0:-4.439849853515625
17.	1:36.698455810546875



Listado 4-2 Documento JSON. Coordenadas

Figura 4-1 Coordenadas sobre plano

La frecuencia de actualización de las estaciones es difícil de analizar sin tener el histórico de los datos, ya que como se comentaba anteriormente, el archivo JSON proporcionado por el portal de datos abiertos, contiene la última actualización por estación de medida, es decir, si la estación reporta una nueva medida, los datos de las medidas anteriores se pierden.

Sin embargo, se pueden analizar las últimas medidas de los sensores, tanto para el año 2017 como para el 2018 utilizando los archivos proporcionados por el portal de datos abiertos de Málaga, "Calidad del aire 2017" y "Calidad del aire 2018" a fecha del 31 de diciembre del 2018.

En estos archivos se puede comprobar que para el año 2017, se reportaron un total de 3449 mientras que para el año 2018, las medidas ascienden a un total de 1233, reduciéndose la cantidad a menos de un tercio.

A continuación, se puede observar la disminución de las estaciones sobre el mapa:

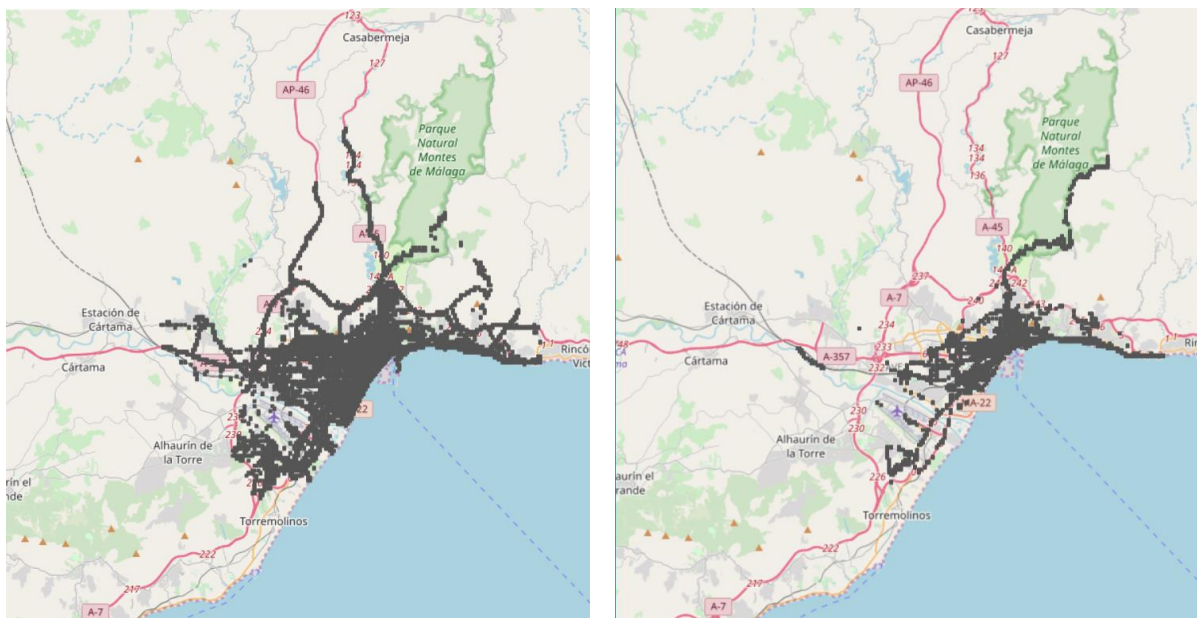


Figura 4-2 Diferencia entre las mediciones de año 2017 y 2018 sobre plano

Si observamos las cantidades de las últimas medidas tomadas por meses, se observa que el número de actualizaciones ha disminuido paulatinamente. Tan sólo se ve un repunte en noviembre del 2017 donde la cantidad aumento en ocho estaciones y en septiembre del 2018, con igual incremento.

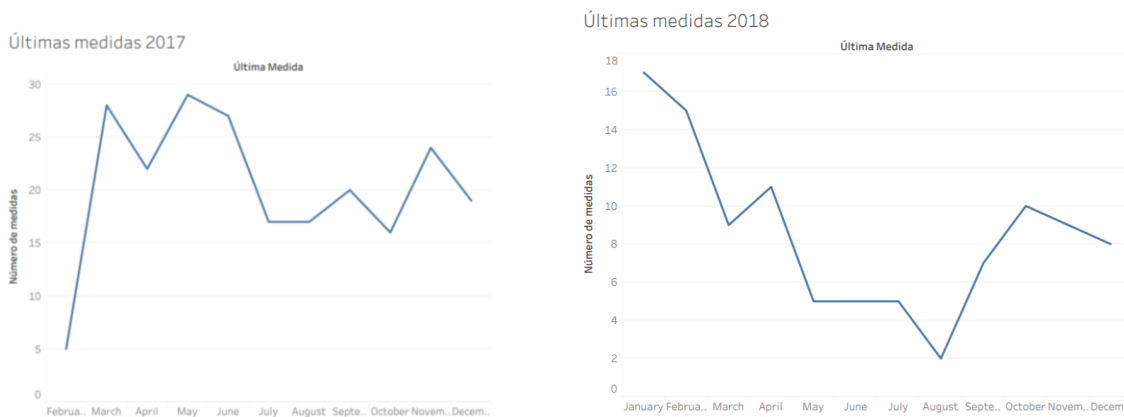


Figura 4-3 Diferencia entre el número mediciones del año 2017 y 2018

En cuanto a la frecuencia de actualización sólo se puede analizar desde que los datos son almacenados periódicamente. Para un periodo desde el 29 de septiembre de 2018 hasta el 31 de diciembre del 2018, se observa el siguiente comportamiento:

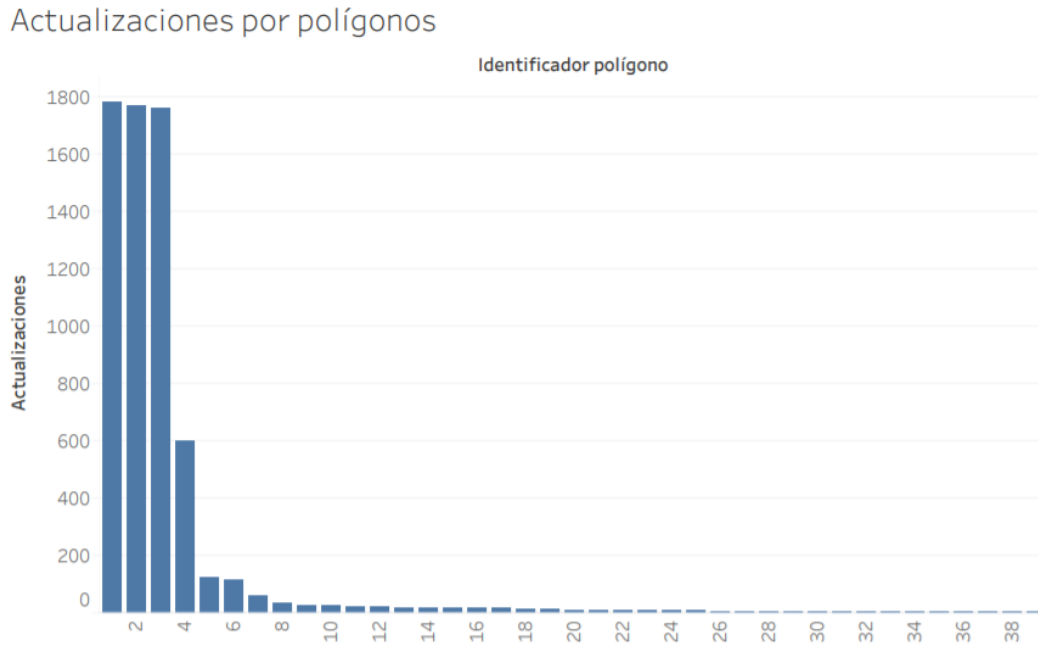


Figura 4-4 Número de mediciones por estación

Existen tres estaciones que se actualizan cada hora. La estación de la antigua Tabacalera se ha actualizado un total de 1784 veces, la estación de El Palo 1762 y por último la estación de la plaza de toros antigua 1770.

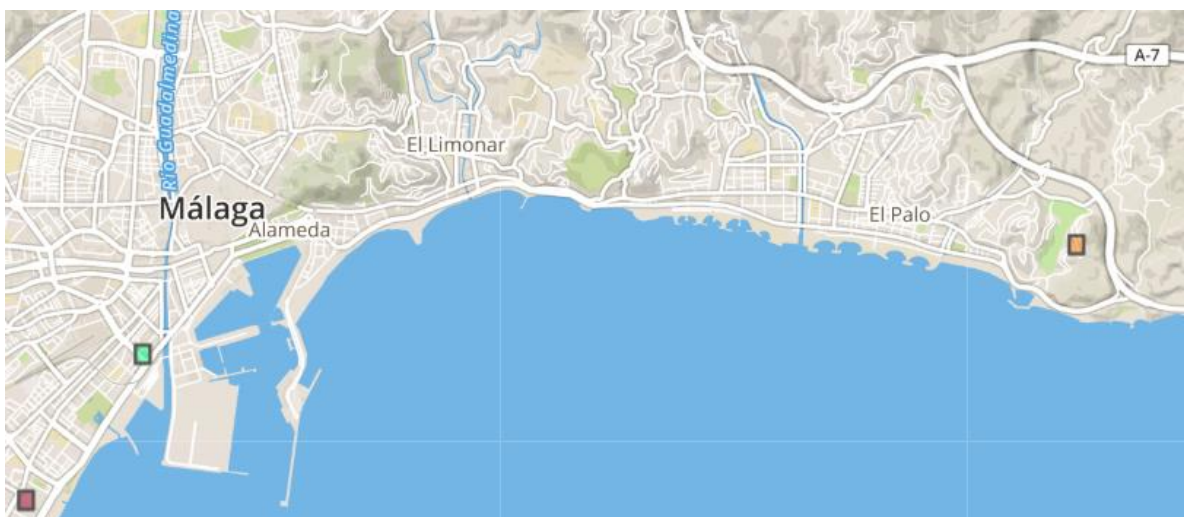


Figura 4-5 Estaciones actualizadas cada hora



Figura 4-6 Estaciones antigua Tabacalera, El palo y la plaza de toros antigua

Le siguen la estación de la Rosaleda con una actualización periódica horaria desde el 01 de noviembre hasta el 12 de diciembre. En total son unas 601 muestras recogidas.

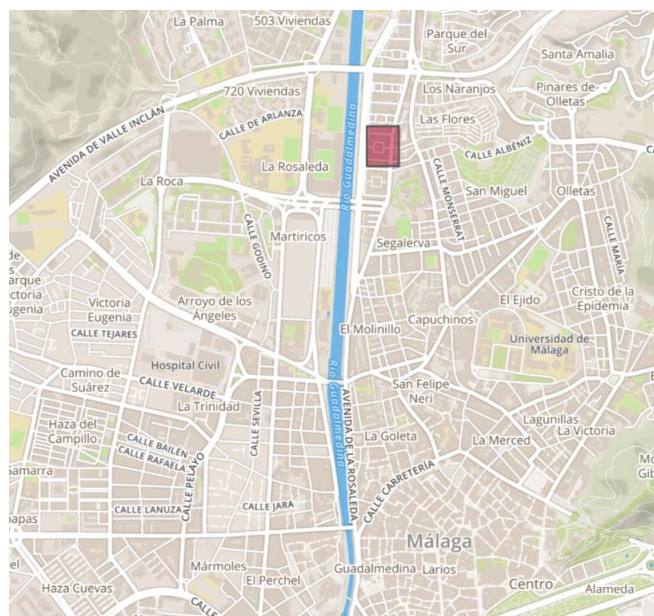


Figura 4-7 Estación La Rosaleda

El Parque Cementerio con 125 muestras, recogidas del 9 al 12 diciembre y unas instalaciones cerca del aeropuerto con 115 muestras en las mismas fechas aproximadamente, con una periodicidad aleatoria.

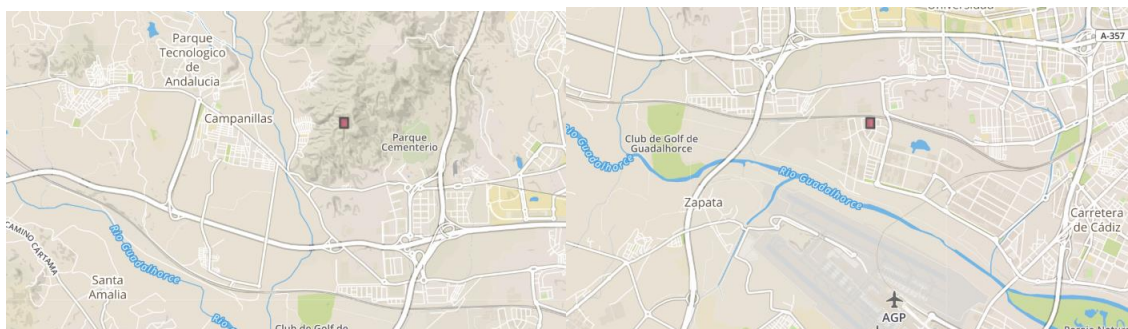


Figura 4-8 Estaciones Parque Cementerio y Aeropuerto

El resto de las estaciones tiene un número de muestras reducidos, con una periodicidad aleatoria. Normalmente muestra un periodo concreto de monitorización.

Existen un total de 16 polígonos donde se realizó una sola medida, 1199 donde se ha realizado entre 1 y 10 medidas más en el periodo de almacenamiento de datos y 122 con una frecuencia aleatoria. No se puede concluir que sigan un patrón determinado.

Estas estadísticas son obtenidas al ejecutar la siguiente solicitud en la base de datos donde se almacenan dichos datos periódicamente:

```
1. db.emissions.aggregate({ $unwind: "$geometry.coordinates" },
2.   { $group: {
3.     _id: "$geometry.coordinates",
4.     dates: { $addToSet: "$last_measure" },
5.     rows: { $sum: 1 }
6.   }
7. }
8. ).sort({ rows: -1 })
```

Listado 4-3 Conteo de medidas por estación

El siguiente listado muestra los datos obtenidos, se observa que no siguen una periodicidad concreta.

```
1. {"_id":
2.   [[-4.40277099609375,36.720428466796875],
3.   [-4.40277099609375,36.7218017578125],
4.   [-4.401397705078125,36.7218017578125],
5.   [-4.401397705078125,36.720428466796875],
6.   [-4.40277099609375,36.720428466796875]],
7. "dates":[
8.   {"$date":"2018-03-15T22:45:46.000Z"},
9.   {"$date":"2018-12-16T13:45:12.000Z"},
10.  {"$date":"2018-03-09T08:06:12.000Z"}],
11. "rows":4}
```

Listado 4-4 Ejemplo de medidas por estación

- Datos proporcionados por UrbanClouds

Como se especificaba anteriormente, los datos procedentes del portal de datos abiertos se han recolectado desde el 29 de septiembre del 2018 en una instancia de Amazon Web Services. Debido a un problema técnico, los datos dejaron de almacenarse desde el día 12 hasta el día 22 de octubre. La empresa privada UrbanClouds ha colaborado proporcionando los datos perdidos durante estas fechas en formato CSV.

timestamp	trolley_id	device_name	lon	lat		
2018-10-22T23:59:03+00:00	58bff47b71c03a1e95e4a903	SMAQ_0013	36710105	SMAQ		
device_type	device_subtype	indoor	co	co_level	no2	no2_level
SMAQ_F0112PL	FALSE	0	good	17	good	2
o3	o3_level	pm1	pm1_level	pm10	pm10_level	pm25
good	3	moderate	8	good	6	good
pm25_level	iaq_level	resp_level				

Tabla 4-3 Ejemplo fila CSV proporcionado por UrbanClouds

La empresa ha indicado que son los datos de las tres estaciones que se actualizan con más frecuencia y que existe un error, ya que la latitud no se ha proporcionado y los datos quedarían desplazados desde esa columna a la siguiente de la derecha.

Para integrarlos, se deberá localizar el polígono al que corresponden e integrarlos en la base de datos dada la longitud de este.

En un análisis de los datos, se comprueba que la frecuencia con la que se actualiza es de tan sólo unos minutos. A continuación, se muestran los últimos 10 minutos de los datos para el 22 de octubre del 2018 a las 23 horas de una misma longitud.

timestamp	lon
2018-10-22T23:58:08+00:00	36.699.328
2018-10-22T23:56:11+00:00	36.699.328
2018-10-22T23:54:14+00:00	36.699.328
2018-10-22T23:52:18+00:00	36.699.328
2018-10-22T23:50:22+00:00	36.699.328

Tabla 4-4 Ejemplo periodicidad de una estación. Archivo CSV

Por lo que a la hora de integrarlos se deberá escoger una medida, preferiblemente la última de la hora, por ser la más actualizada o aplicar alguna de las técnicas estadísticas para obtener una medida sin sesgo como puede ser la mediana o la media recortada.

Si se analizan los parámetros, se aprecia que los valores son bastantes fluctuantes, en las siguientes gráficas se pueden ver los valores para una hora y los valores para diez días del material particulado 10µm.

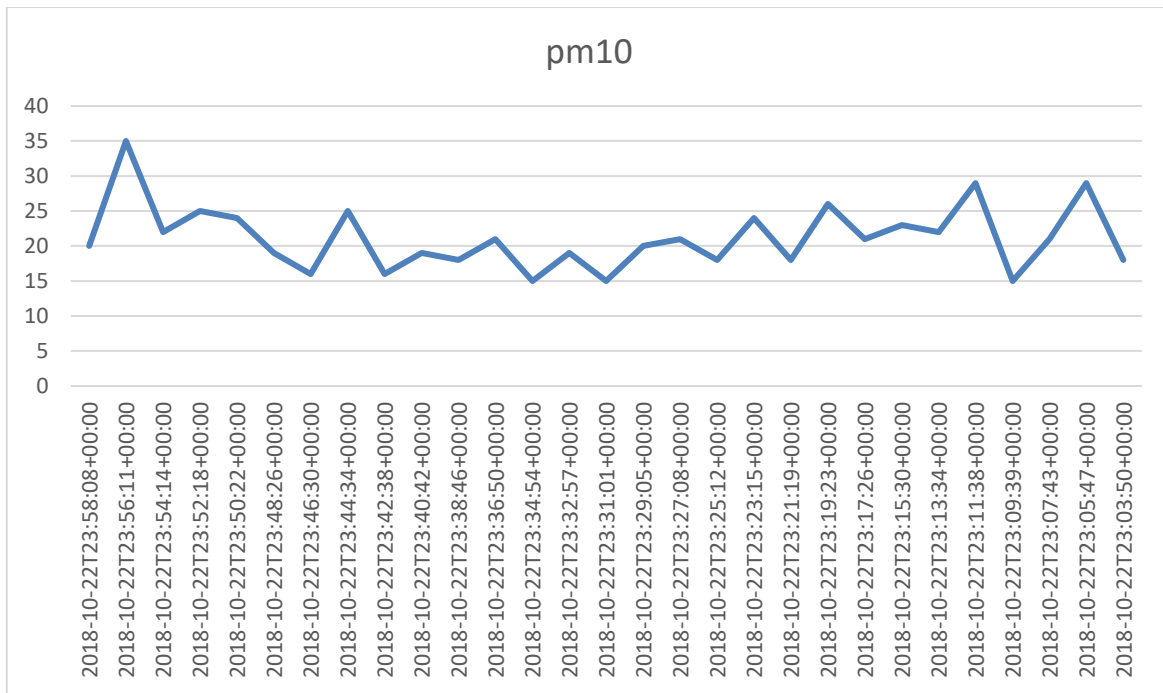


Figura 4-9 Cambios de un contaminante en una hora. Archivo CSV

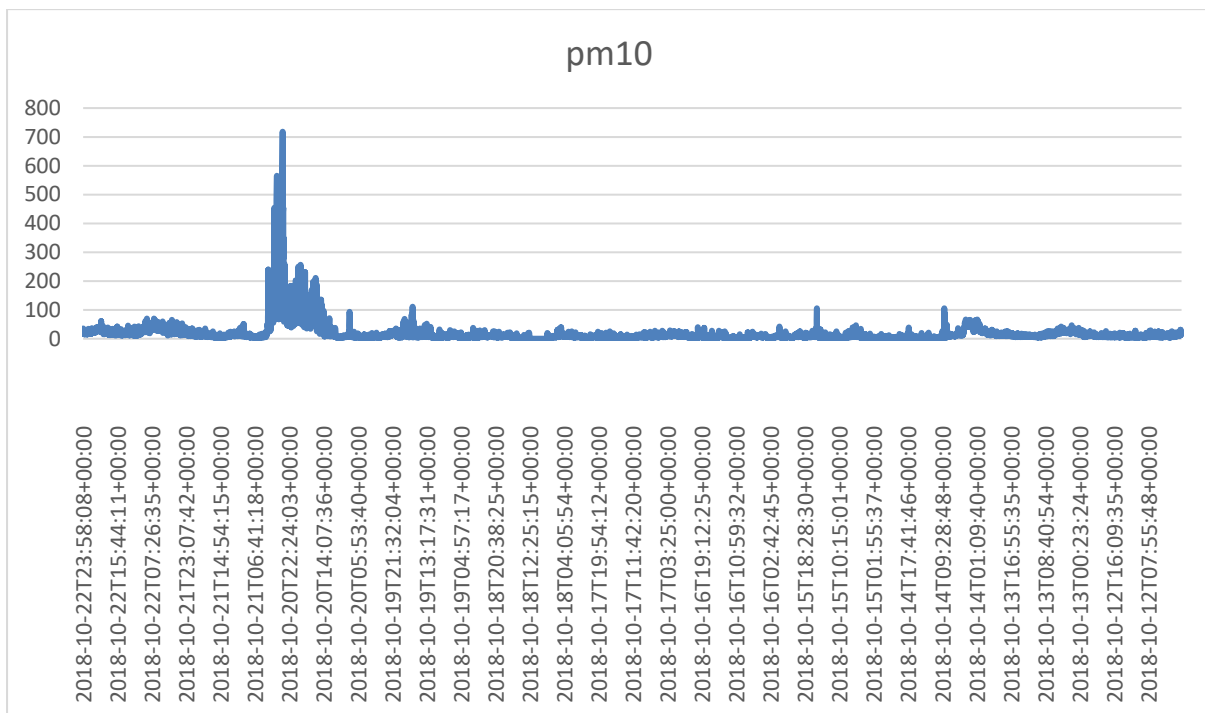


Figura 4-10 Cambios de un contaminante en 10 días. Archivo CSV

- Cronología de Google

La cronología de Google ofrece a los usuarios que tengan activada su localización, la posibilidad de descargar un archivo JSON con las coordenadas (longitud y latitud) y la hora y fecha de cada posición.

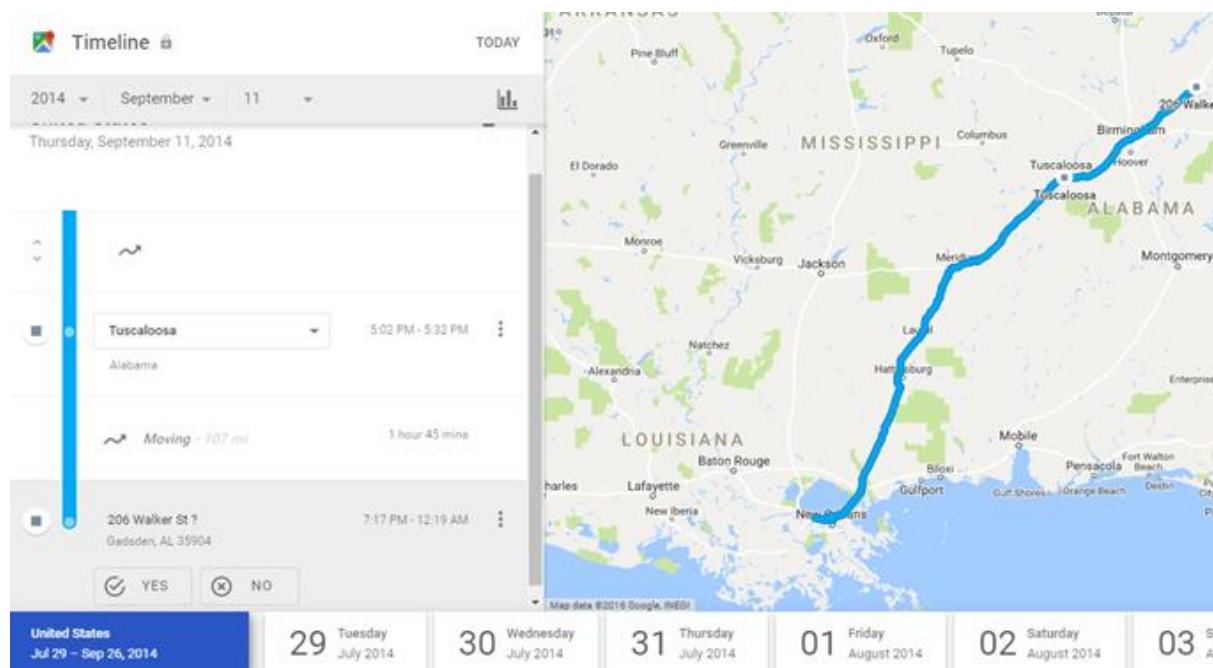


Figura 4-11 Ejemplo página cronología de Google

Los datos que se proporcionan contienen la siguiente estructura:

```
1. {  
2.   "timestampMs" : "1540480052706",  
3.   "latitudeE7" : 523878803,  
4.   "longitudeE7" : 49257380,  
5.   "accuracy" : 32,  
6.   "velocity" : 0,  
7.   "altitude" : 0,  
8.   "verticalAccuracy" : 63  
9. }
```

Listado 4-5 Ejemplo documento cronología de Google

Estos datos son suficientes para contrastarlos con los datos de las estaciones de medición para encontrar el polígono donde se encuentra el usuario y en qué momento.

4.2 Definición de roles y permisos

La herramienta será accesible por dos tipos de usuarios, el identificado y el no identificado. Ambos usuarios tienen la posibilidad de acceder al historial de zonas, pudiendo así analizar los cambios en los parámetros de una zona en concreto.

El usuario identificado tiene la ventaja de que las zonas donde se encuentra serán almacenadas en la base de datos, así, podrá acceder a la pantalla de visualización de emisiones personales, donde se muestra al usuario las emisiones a las que ha estado expuesto.

La identificación se realiza por medio de la cuenta de Google del usuario. Las zonas quedan definidas por los polígonos de las emisiones, ya que, por zona, se refiere al perímetro donde las medidas de las emisiones tienen efectos.

	Usuario no identificado		Usuario identificado	
	Desactivada	Desactivada	Desactivada	Activada
Localización				
Contaminación en tiempo real	x	x	x	x
Filtro por condiciones médicas	x	x	x	x
Posición actual				x
Almacenamiento posición				x
Historial personal				x
Historial zona	x	x	x	x

Tabla 4-5 Permisos para los distintos roles

En el momento que el usuario identificado acepta el acceso a su localización y mediante una acción manual que muestre su deseo expreso de permitir la lectura de su localización, se empieza a almacenar en la base de datos el polígono actual del usuario cada vez que este cambie de uno a otro o si las emisiones del polígono en el que se encuentra han cambiado. Para almacenar estos datos, se utiliza un identificador de usuario encriptado para así evitar que un posible ataque a la base de datos pueda identificar al usuario.



Figura 4-12 Proceso de activación de localización

4.3 Descripción de las secciones

Cualquier usuario debe poder acceder a la herramienta y obtener información de la contaminación de forma inmediata. A continuación, se muestra la sección superior de la página principal.

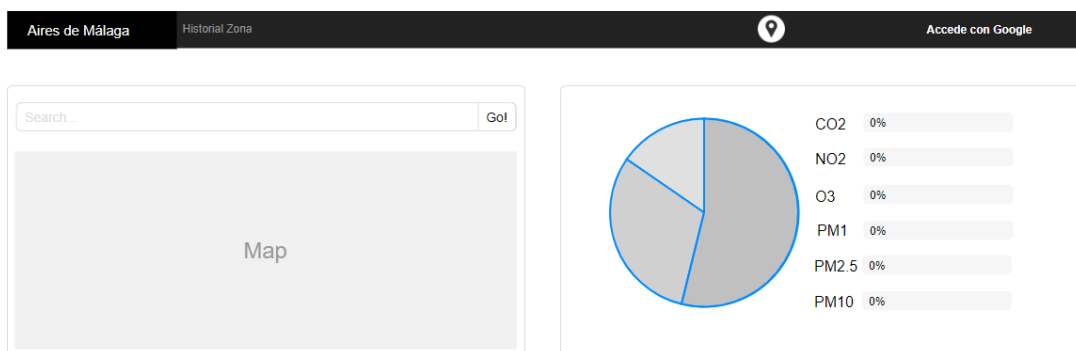


Figura 4-13 Herramienta. Sección superior sin localización activada

En esta sección se puede ver la información general de la zona seleccionada. Si el usuario ha accedido al acceso a su localización, se visualizará su posición actual.

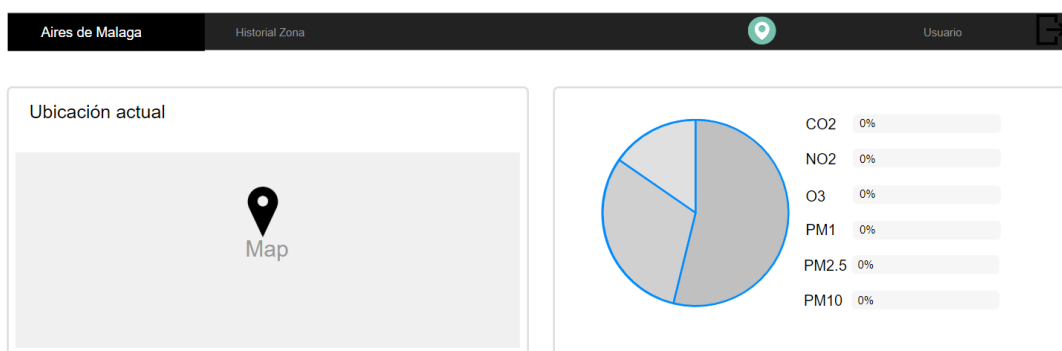


Figura 4-14 Herramienta. Sección superior con localización activada

A continuación, el usuario podrá elegir por condición médica o directamente filtrando los parámetros sobre la gráfica. En la sección de la derecha se le ofrece una información más detallada.

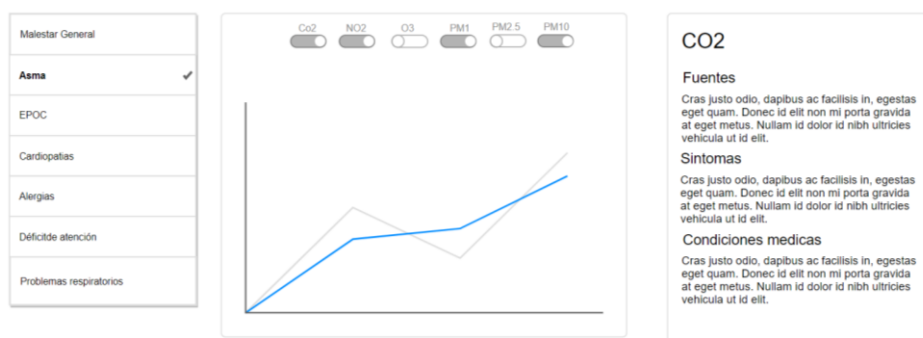


Figura 4-15 Herramienta. Sección intermedia. Filtrado

Para terminar, se implementará un mecanismo que permita cambiar entre las secciones historial de zona y el historial personal.

El historial personal muestra, si el usuario no se ha identificado, una sección con un acceso a la identificación y una explicación de por qué la identificación es necesaria para acceder a esta sección. Si el usuario está identificado, se le mostrará la siguiente información:

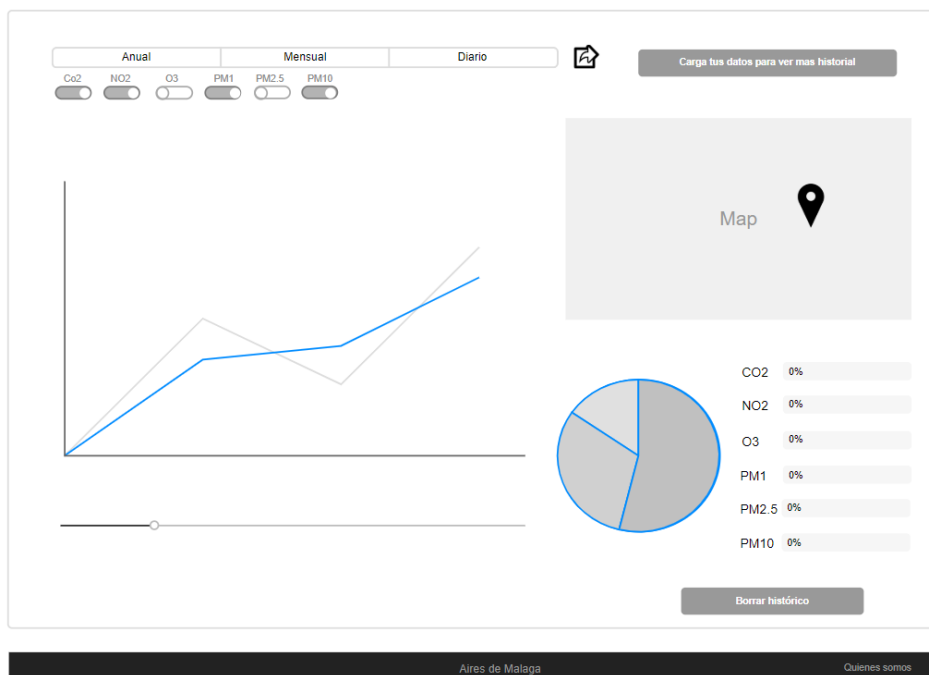


Figura 4-16 Herramienta. Sección inferior. Historial personal

En la parte superior izquierda, el usuario podrá elegir si desea visualizar las emisiones diarias, mensuales o anuales. A continuación, podrá elegir qué parámetros desea visualizar y cuando, ya que se le facilitará una opción para navegar en el tiempo.

En la sección de la derecha, podrá visualizar en qué zona se recogieron los datos seleccionados en la gráfica y más detalles de estos.

El usuario tendrá una opción de exportar los datos tal y como se han configurado en la interfaz.

En esta sección se encuentra un campo para cargar la cronología de Google y una indicación de donde se pueden encontrar más instrucciones de cómo descargar el archivo JSON de la herramienta cronología de Google.

Esta pantalla se complementa con acceso rápido de eliminado del historial.

La sección del historial de zonas reemplaza la sección del historial personal con el historial de la zona elegida.

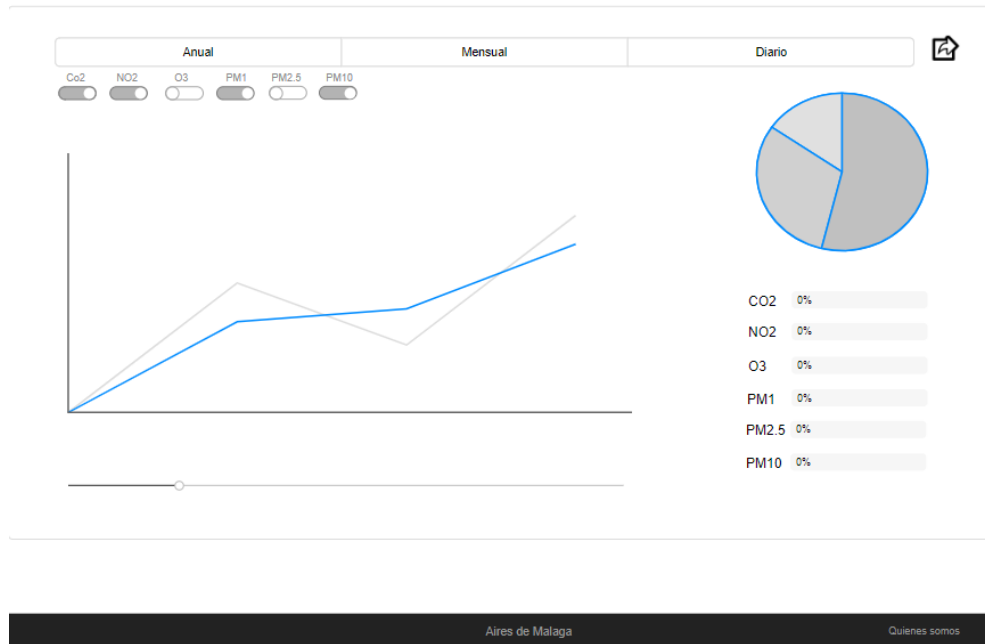


Figura 4-17 Herramienta. Sección inferior. Historial de zona

Para completarlo se incluye una página “Quiénes somos” donde se explica la naturaleza de este trabajo y la información de dónde provienen los datos.

Los prototipos completos se pueden encontrar en el Anexo IV.

4.4 Infraestructura

En este apartado se realiza un recorrido sobre las tecnologías que se utilizan, las distintas partes que componen el modelo completo y cómo interactúan entre sí.

4.4.1 Estudio de las tecnologías a utilizar

En este apartado se hace un recorrido sobre las distintas tecnologías escogidas para el desarrollo e implementación de la herramienta, aportando las razones consideradas para la elección de estos productos y no otros.

Para la realización de esta herramienta, se va a trabajar en distintas fases. En primer lugar, se realizará un desarrollo local y testado con datos generados. En una segunda fase, se exportará a un servidor privado para realizar diferentes pruebas en tiempo real y para finalizar, se lanzará a la nube utilizando uno de los distintos proveedores que ofrecen este servicio.

Para ello, es necesario utilizar una arquitectura que permita migrar la implementación a los distintos entornos fácilmente. Una de las tecnologías que permite esta movilidad sin gran esfuerzo es el uso de contenedores Docker.

Estos contenedores permiten encapsular los distintos módulos de la implementación y conectarlos entre sí para su interacción. Se habla de módulos ya que el diseño que se plantea está dividido en distintas secciones completamente funcionales por sí solas para facilitar el desarrollo de código.

Un diseño modular permite a su vez reemplazar cada uno de ellos independientemente manteniendo el resto de la estructura.

Las imágenes creadas por los contenedores Docker son más pequeñas que las típicas imágenes virtuales, ya que no contienen un sistema operativo completo, es decir, reducen el peso de cada módulo al mínimo.

Otras de las ventajas es la migración entre proveedores. Después de una comparativa entre los diferentes proveedores de servicios en la nube, Amazon Web Services y Google, se ha elegido Amazon, por la mayor información disponible en la red, ya que ambos ofrecen servicios muy similares. Este sistema de contenedores permitirá exportar más fácilmente la herramienta de un proveedor a otro si fuera necesario.

Para el almacenaje de datos se ha optado por una base de datos no relacional, ya que los datos recolectados no tienen siempre los mismos campos. En este caso se ha elegido MongoDB, porque ofrece una relación velocidad y volumen de almacenamiento óptimo para las características de este proyecto.

Para el desarrollo web se ha elegido Vuejs, que es un framework JavaScript reactivo progresivo, altamente modulado. Además, permite la integración de una gran variedad de librerías que son a su vez completamente extensibles.

Ofrece un núcleo que optimiza el renderizado y proporciona herramientas para el redireccionamiento y almacenamiento de valores de las variables; para esta implementación se busca la interactividad entre los distintos componentes. Vuejs es muy eficiente para la comunicación asíncrona, permitiendo el envío de eventos entre sus distintos componentes. Cuenta con una larga documentación en la red y una comunidad muy activa.

Esta tecnología permite la creación de aplicaciones móviles híbridas, por lo que migrar la interfaz de la herramienta web a aplicación móvil, será un paso que no requerirá demasiado esfuerzo.

Para la implementación de las gráficas se ha decidido utilizar la librería D3js. Principalmente por la flexibilidad a la hora de personalizar las gráficas.

Se decide utilizar el API de GoogleMaps para la representación cartográfica de las mediciones sobre un mapa. La razón principal es la familiaridad que este da a los usuarios. Además, esta interfaz permite su integración completa, personalización y manipulación.

Por último, se puede utilizar en conjunto con un buscador de sitios, que sugiere al usuario las posibles localizaciones cuando está buscando un lugar en un campo de texto.

Esta página web se lanzará sobre Nginx, un servidor web de código abierto. Este servidor se caracteriza por ofrecer un bajo uso de memoria y alta concurrencia. Además, utiliza un enfoque asíncrono basado en eventos, donde las solicitudes se procesan en un sólo hilo. Su mayor competencia, Apache, crearía múltiples hilos.

Para la identificación, se opta por una de las plataformas más extendidas, Google, utilizando un servicio externo de autenticación, Firebase. Esta plataforma se elige por dos motivos, por la confianza que transmite a los usuarios al ser una plataforma consolidada y para evitar almacenar datos de carácter personal como nombre, dirección o correo electrónico.

Firebase permite utilizar más plataformas para la identificación como puede ser Facebook, y también permite crea una cuenta específica para la aplicación en concreto. En este caso se ha elegido dar sólo una posibilidad de identificación para la fase de prueba. Una vez que la herramienta esté en producción, se valorará la posibilidad de utilizar más mecanismos de identificación.

4.4.2 Arquitectura

En el siguiente diagrama pueden verse los distintos componentes. Como se puede observar, la implementación será lanzada en una instancia de Amazon Web Service. Este contendrá una composición de los distintos contenedores Docker, que se comunican entre sí y con el mundo exterior.

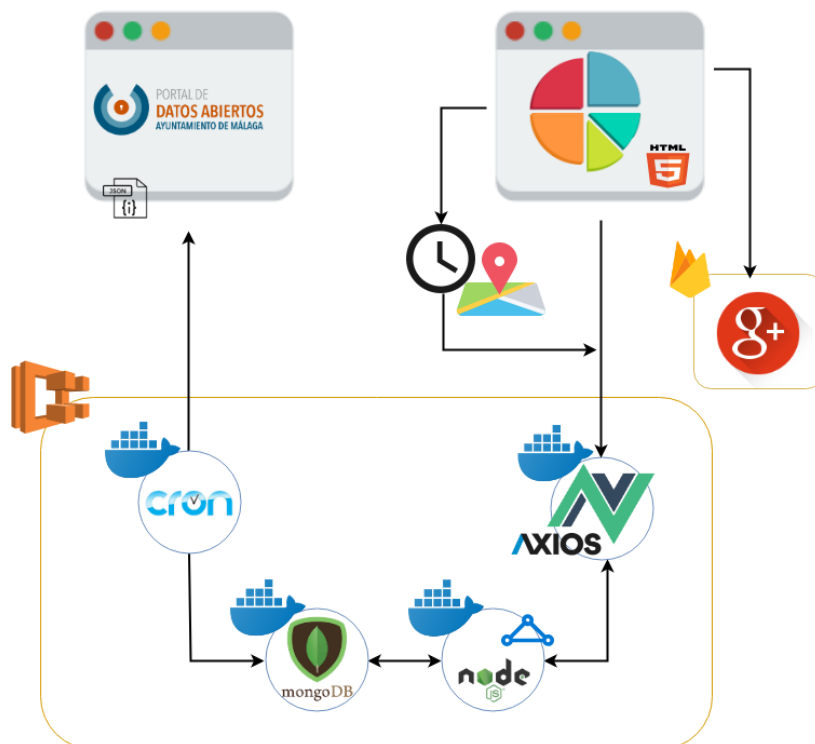


Figura 4-14 Arquitectura completa

- Recolección de datos

En el marco superior derecho se representa el portal de datos abiertos del ayuntamiento de Málaga, del cual se recogen los datos periódicamente. Este proceso se realiza a través de un trabajo cron.

El trabajo cron está programado para recoger los datos cada hora. Esto es posible a través de la ejecución de un script implementado en JavaScript. Este script recoge los datos de la url, realiza el limpiado y procesado del documento JSON y finalmente inserta los documentos nuevos en la base de datos.

- Base de datos

La base de datos MongoDB se encuentra en otro contenedor. Al que tienen acceso tanto el container donde se encuentra el trabajo cron como el servidor de la herramienta.

Para las fases de desarrollo y prueba, se opta por un diseño de la base de datos simple, sin replicas ni fragmentación, ya que no se espera un gran tráfico de datos alto desde que los usuarios sólo serán los usuarios de prueba.

En una fase posterior, de producción, esta estructura deberá ampliarse para poder almacenar con deshago los datos de un número de usuarios mayor.

Para garantizar la disponibilidad de los datos, se realiza una copia de seguridad periódicamente de las mediciones y para un mejor rendimiento, las colecciones están indexadas por los campos por los que se realizan los accesos.

- Manipulación de datos

El contenedor a su derecha es el servidor, que contiene todo el cómputo de datos implementado en NodeJs. Este es capaz de leer y escribir en la base de datos y enviar los datos requeridos por el cliente desde la interfaz desde un proxy.

Esta implementación permite realizar cálculos asíncronos y el manejo de cadena de eventos, mejorando así el rendimiento del cálculo de los datos.

Para la etapa de producción, este módulo podría dividirse en varios, para balancear la capacidad de cómputo, brindando de mayor rapidez de respuesta al usuario.

- Interfaz de usuario

Por último, se encuentra el contenedor que sirve la aplicación web, es decir, la interfaz gráfica de la herramienta. Este hace llamadas al servidor para recibir los distintos datos de las emisiones, también proporciona la autenticación vía Firebase, recoge la localización de los usuarios y realiza un filtrado de los documentos a enviar al servidor al importar el historial de la cronología Google.

Como se observa, la interfaz gráfica y la base de datos son módulos completamente independientes. Tener aislada la interfaz es primordial, ya que permite poder utilizar distintas interfaces, ya sea para tener una visualización diferente, o una interfaz para una aplicación de móvil. Esta estructura permite mantener intacta la computación de los datos.

En el caso de la base de datos, permitiría lanzar la aplicación con otro set de datos. Por ejemplo, los datos de las estaciones de medida de calidad del aire en una ciudad distinta.

4.5 Tratamiento de datos y mediciones

En esta sección, se realiza una descripción de los procesos llevados a cabo con los datos.

4.5.1 Datos de las estaciones de medida

Como se comentaba en apartados anteriores, los datos se recogen periódicamente del portal de datos abiertos del ayuntamiento de Málaga. Estos datos están en un formato JSON.

Al ser el mismo formato que el utilizado por la base de datos MongoDB, no hay que realizar una transformación. Sin embargo, estos documentos JSON tienen algunos nombres de campos malformados; en este caso contienen puntos, carácter ilegal en MongoDB, por lo que estos campos deberán ser renombrados y eliminar esta particularidad.

El portal de datos abiertos ofrece un documento con las últimas mediciones de todas las estaciones del 2018. No todas las estaciones se actualizan con la misma frecuencia, por lo que el documento contiene mediciones que ya han sido almacenadas en una recolección anterior. A la hora de almacenar los documentos, se tendrá en cuenta y no se almacenarán documentos duplicados.

A cada documento se añade un campo en el nivel más alto con la última medición en formato fecha, que facilita las comparaciones. Este campo se encuentra originalmente en el subdocumento propiedades en formato cadena.

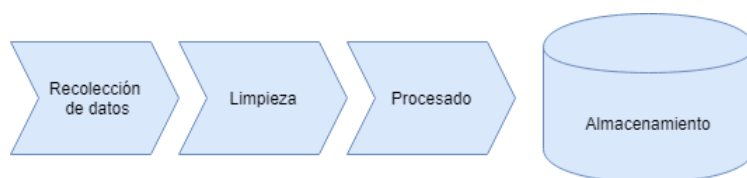


Figura 4-15 Tratamiento de datos del portal de datos abiertos

Los datos se empiezan a almacenar desde el 29 de septiembre del 2018, es decir, desde el comienzo de la implementación de esta herramienta. Si una medida ha sido actualizada durante el 2018 antes del comienzo de la recolección de datos, significará que ha sido reemplazada y no existirá una medida previa en este año.

Una medición se considera actual desde el momento en el que se realizó la medición hasta que está queda reemplazada por otra.

Un ejemplo del documento JSON resultante puede consultarse en el Anexo II.

De forma separada se trata el archivo CSV proporcionado por la empresa UrbanClouds para integrar los datos perdidos.

Como se explicaba anteriormente, en primer lugar, se ha de encontrar el polígono donde se encuentra la longitud proporcionada entre las tres estaciones que se actualizan más frecuentemente. A continuación, se clasifican los datos por localización y hora para escoger la medida óptima para cada hora o calcularla mediante técnicas estadísticas, así los datos tendrán la misma periodicidad que los datos recogidos periódicamente.

Una vez obtenida esta propiedad, se crea un documento JSON con el polígono encontrado y se mapean los distintos campos tal y como se almacenaron los datos del portal en MongoDB.

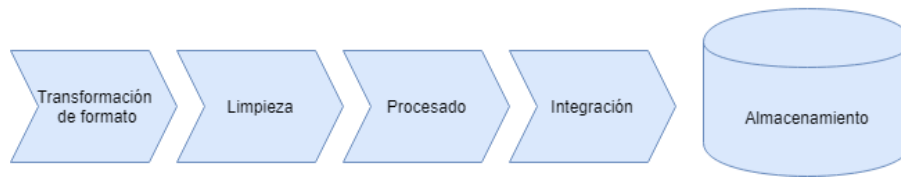


Figura 4-16 Tratamiento de datos. Archivo CSV

4.5.2 Localización y almacenamiento

Siguiendo las normas de buenas prácticas, la localización automática no se realiza al menos que el usuario haya realizado una acción manual específica. Una vez el usuario haya manifestado su deseo expreso y aceptado el permiso de localización, la herramienta procederá a comprobar de manera periódica, cada diez minutos, si el usuario se encuentra en una zona distinta o si las emisiones han cambiado en esa zona.

La lectura de localización al navegador puede implementarse con distintas precisiones. Esta herramienta no trata de realizar un seguimiento exhaustivo de los usuarios, por lo que no se habilita la precisión alta.

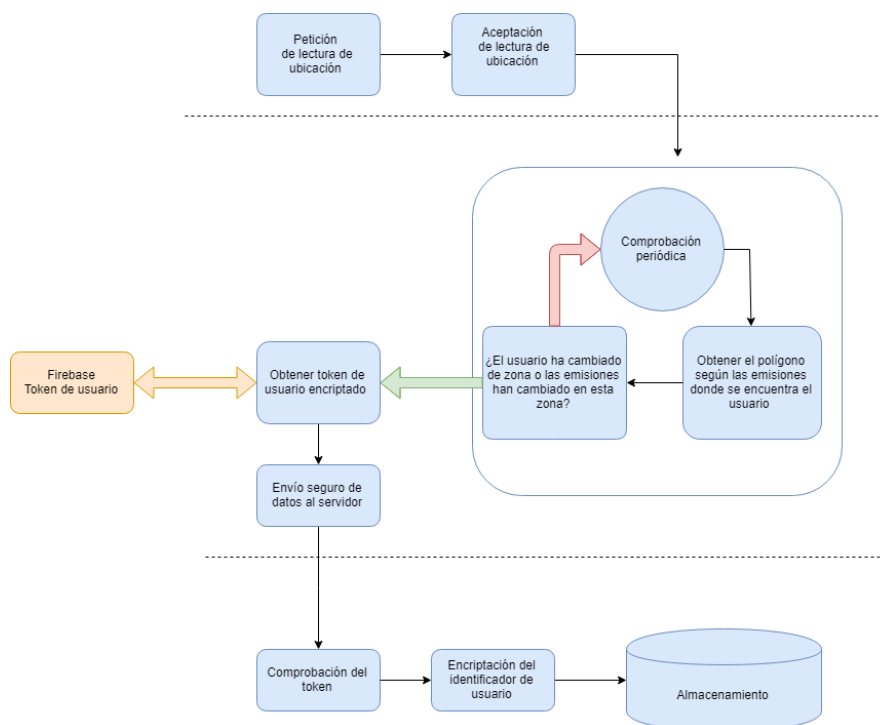


Figura 4-17 Tratamiento de datos. Localización

Una vez se selecciona la posición que se quiere almacenar, se procede al envío de datos al servidor. Para garantizar la privacidad del usuario, se envía la información encriptada siguiendo el protocolo SSL como se indicaba anteriormente. Esta es la razón por lo que la herramienta se lanza como HTTPS.

Además, se toma una medida extra, el identificador de usuario nunca se envía desde el cliente al servidor, sino que se utiliza el token encriptado que proporciona el sistema de autenticación Firebase.

Una vez que la información alcanza el servidor, se comprueba que el token es válido y se desencripta obteniendo el identificador de usuario. Este, a su vez, es encriptado mediante AES (Encriptación avanzada estándar) para que los datos en la base de datos de la herramienta no puedan ser relacionados con los datos de Firebase. En este momento, se cuenta con toda la información necesaria, un sencillo documento JSON con la fecha y hora y el polígono será almacenado.

Un ejemplo del documento JSON resultante puede consultarse en el Anexo II.

4.5.3 Importación de datos de la cronología de Google

En el caso de que el usuario importe los datos desde el archivo JSON proporcionado por la cronología de Google, se filtrarán los datos de manera que tengan una periodicidad que no permitan el rastreo del usuario. Por esta razón, se enviarán los datos a almacenar donde la diferencia entre longitud y latitud entre dos medidas ordenadas sean mayores a 100 metros o que las mediciones del polígono en el que se encuentra el usuario hayan cambiado. Se recuerda que el perímetro de los polígonos es de aproximadamente 100 metros y la periodicidad de los datos proporcionados por el portal de datos abiertos es cada hora.

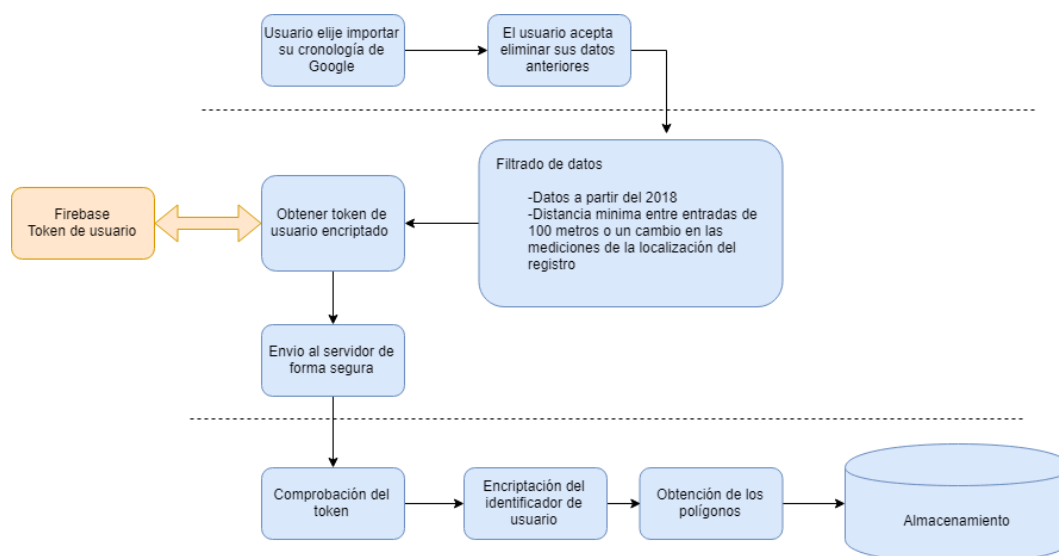


Figura 4-18 Tratamiento de datos. Importar cronología de Google

De la misma forma que el almacenamiento del polígono a tiempo real, se utiliza el token proporcionado por Firebase, se verifica y se encripta el identificador de usuario.

4.5.4 Mediciones de todos los polígonos por fecha/hora

En el momento que el usuario se dirige a la página principal, la interfaz requiere las últimas mediciones de las estaciones de medida. Las mediciones se publican cada hora, por lo que los datos deberán solicitarse periódicamente.

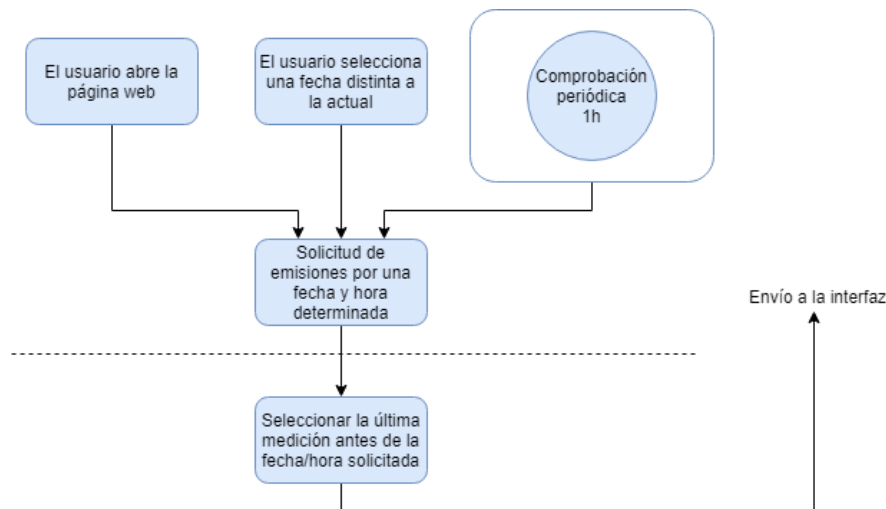


Figura 4-19 Tratamiento de datos. Mediciones para una fecha

Esta misma solicitud es utilizada cuando se requieren las mediciones para una fecha y hora diferente de la actual.

El servidor proporciona un conjunto de mediciones, una medición por polígono con los últimos datos tomados justo antes de la fecha y hora requerida.

4.5.5 Histórico de mediciones de un polígono en concreto

Se ha implementado una solicitud para ver el histórico de las mediciones en un polígono en concreto. Desde el cliente se le envía el punto exacto, la fecha y el rango de tiempo solicitado al servidor, y este proveerá los datos en este periodo de tiempo.

Los rangos disponibles son día, mes y año.

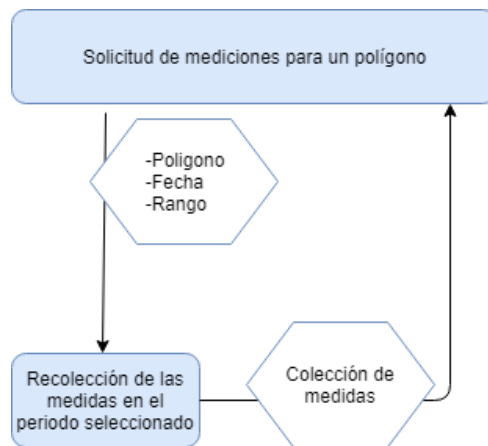


Figura 4-20 Tratamiento de datos. Mediciones para un polígono

4.5.6 Histórico de mediciones de usuario por periodo de tiempo concreto

La herramienta muestra un histórico de las emisiones a las que el usuario ha estado expuesto, para ello, se ofrecen distintos filtros, día, mes y año. Para estos dos últimos filtros, la interfaz mostrará las medias diarias cuando se seleccione un mes y las medias mensuales si se selecciona un año.

La primera vez que el usuario solicita los datos por mes, las medias diarias son calculadas y almacenadas en una colección de datos, excepto por el día actual. Igualmente, las medias mensuales son calculadas la primera vez que el usuario solicita los datos para un año, exceptuando el mes actual.

El almacenaje de datos agiliza el envío de estos cuando el usuario los solicita. Esto se traduce a una mejora de la experiencia de usuario.

De igual manera, cuando el usuario importa sus datos de la cronología de Google, las medias son calculadas y almacenadas directamente.

Debido a la flexibilidad que ofrece MongoDB, se guardarán dos tipos de documentos en esta colección. Para las medias diarias se utilizará un campo llamado día “day” y para las medias mensuales se utilizará un campo llamado mes “month”, donde se almacena la primera hora del día o el primer día del mes respectivamente.

Un ejemplo del documento JSON resultante puede consultarse en el Anexo II.

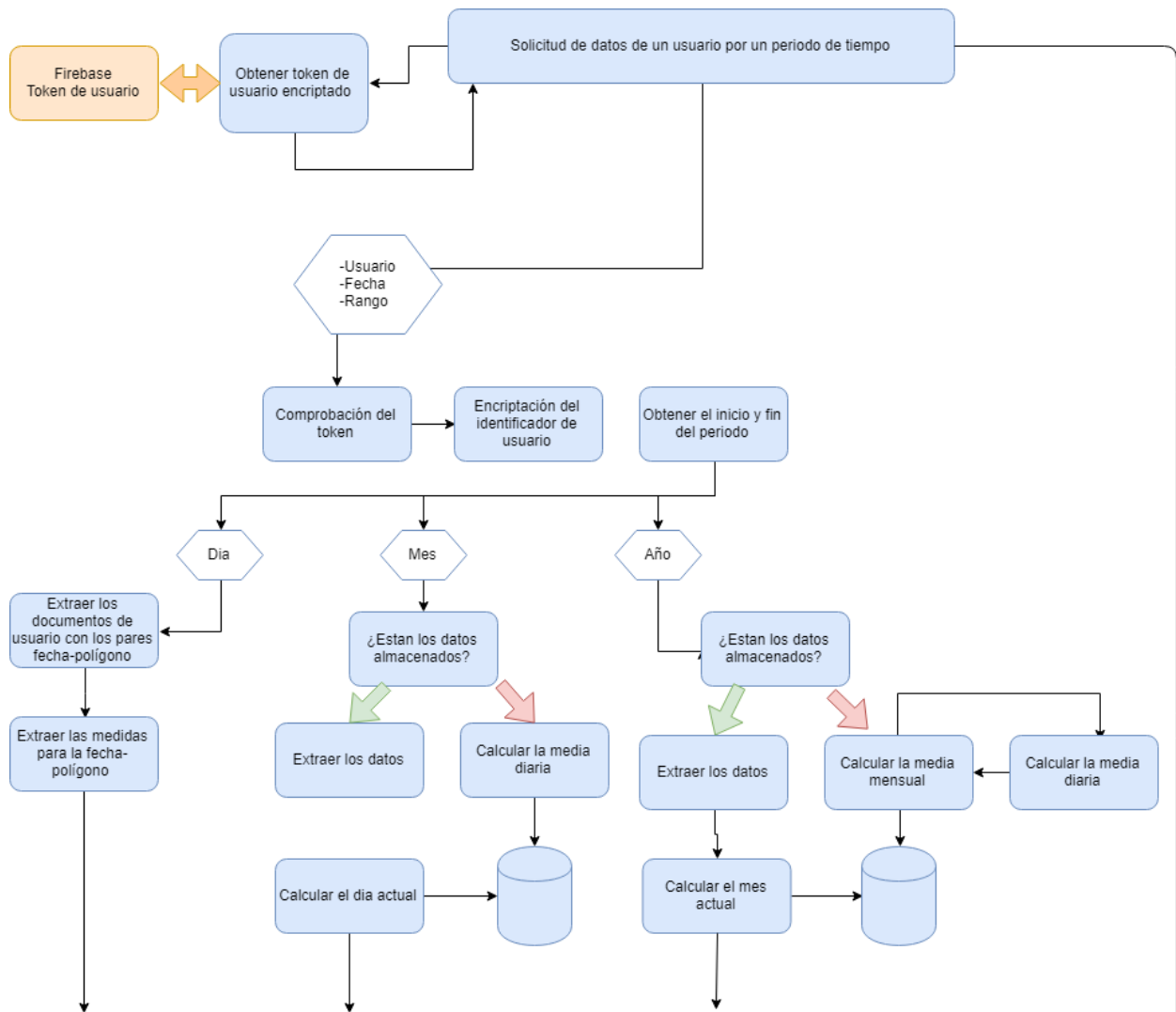


Figura 4-21 Tratamiento de datos. Histórico de usuario

5 Producto final

El producto final es una herramienta web disponible en línea. Se ha elegido un dominio en castellano y otro en inglés, para su posible expansión.

<https://aire.guru>

<https://airquality.guru/>

La plataforma web está desarrollada para dos versiones, escritorio y móvil; ajustándose la disposición de las distintas secciones a las pantallas más pequeñas.

En cuanto al diseño se ha inspirado en la normativa 'Material Design', cuidando que la disposición de los elementos sea estructurada, geométrica y armónica. Además, se ha tratado de no sobrecargar la interfaz para que las funciones de la herramienta sean las protagonistas.

Se utiliza un tono de azules y grises suaves a través de toda la herramienta. Este color ha sido elegido por su simbología, ya que el azul es el color que representa el aire.

Se ha trabajado con transiciones de manera que la información que es variante por medio de interacciones con los distintos componentes no aparezca y desaparezca de forma abrupta para una mejor experiencia de usuario.

Consta de cuatro páginas distintas.

- Página principal Aire Guru donde se muestra toda la información de las mediciones de la calidad del aire en Málaga.
- Glosario, donde se da una descripción de la terminología utilizada en toda la herramienta.
- Ayuda, donde se explican cada una de las secciones, cómo importar el fichero de la cronología de Google, cómo se calcula el índice de calidad del aire y una explicación sobre el autor y el encuadre del proyecto en este trabajo fin de máster.
- Área personal, esta página sólo esta accesible a usuarios identificados y muestra varias opciones como desconectarse, activar la geolocalización, eliminar el historial personal o importar el fichero de la cronología de Google.

En el siguiente capítulo se describen las diferentes partes de la herramienta web.

5.1 Elementos Generales

En este apartado se describen las secciones que están siempre disponibles en todas las páginas de la web.

5.1.1 Cabecera y pie de página

En la cabecera se tiene acceso a las distintas páginas que compone toda la herramienta, teniendo en todo momento acceso a todas las secciones. Además, contiene la información básica del usuario. Si está identificado o no y si la localización esta activada.



Figura 5-1 Aire Guru. Cabecera. Localización desactivada

Como se puede comprobar, el menú "Área personal" no está disponible cuando el usuario no está identificado.



Figura 5-2 Aire Guru. Cabecera. Localización activada

La página principal es accesible mediante el menú Aire Guru , el logo y el título de la página. El área personal es accesible mediante el menú Área personal y el nombre de usuario.

Al pie de página se encuentra un email de contacto, donde al seleccionarlo, abre el email del usuario con la dirección info@aire.guru como destinatario.

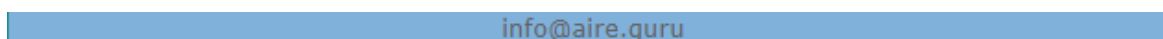


Figura 5-3 Aire Guru. Pie de página

5.1.2 Identificación

Al pulsar conectar, la página web muestra una página de autenticación proporcionada por Firebase configurada específicamente para la herramienta.

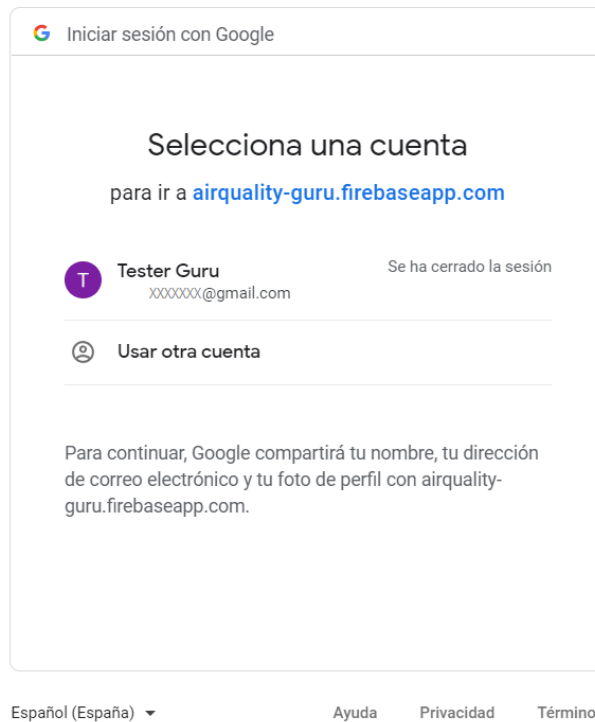


Figura 5-4 Aire Guru. Firebase identificación

Una vez identificado con una cuenta válida de Google, esta interfaz abre la página principal de Aire Guru.

5.2 Aire Guru. Página principal

En este apartado se describen los distintos elementos del corazón de la herramienta.

5.2.1 Mapa de emisiones

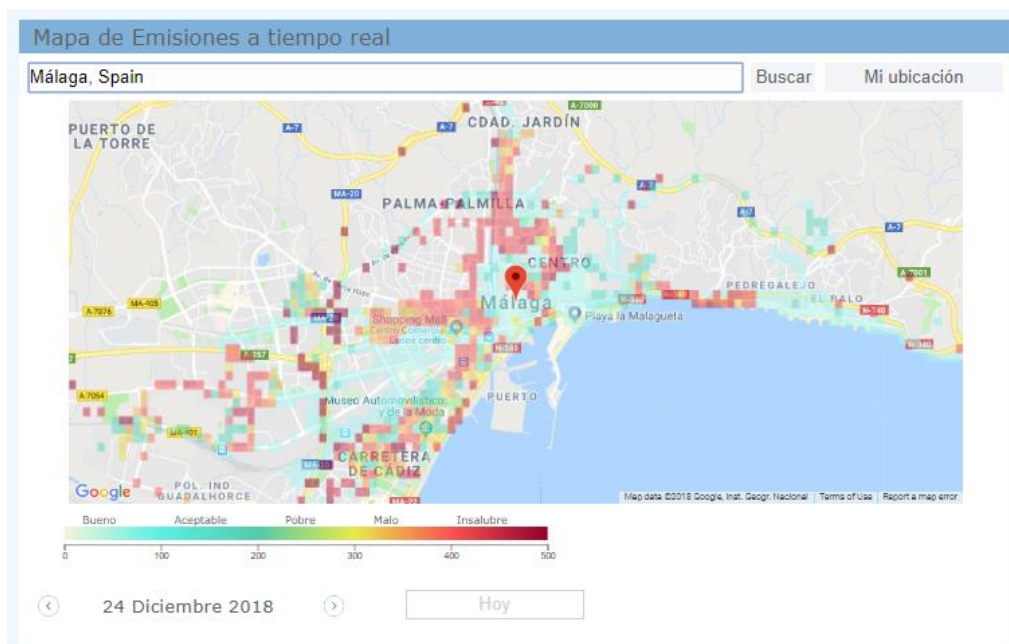


Figura 5-5 Aire Guru. Mapa de emisiones

Uno de los componentes principales de la herramienta es el mapa de emisiones. En la parte superior hay un buscador con una función de autocompletado que muestra sugerencias de lugares a la vez que se escribe. Para buscar un lugar por su nombre, bastará con escribir el comienzo del nombre del lugar y elegirlo entre la lista que proporciona este navegador. Para seleccionar el lugar, tan sólo hay que aceptar mediante el teclado o pulsar el botón “Buscar”.

A continuación, el botón “Mi ubicación” tiene diversas funciones. Si es la primera vez que se pulsa, pedirá permisos para activar la localización, si el usuario accede, esta información quedará registrada en las cookies del navegador y la herramienta accederá a su localización en sesiones futuras.

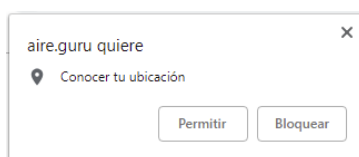


Figura 5-6 Aire Guru. Permiso de localización

Una vez que la localización esté activada, el mapa muestra la ubicación actual siempre y cuando no se seleccione un lugar diferente. Para volver a activar el seguimiento, bastará con volver a pulsar “Mi ubicación” o refrescar la página.

En el mapa se puede ver un plano de calles interactivo, donde se puede hacer un ampliado y navegar como en GoogleMaps. Sobre el mapa, hay una capa con polígonos rectangulares. Cada polígono representa las mediciones de una estación, siguiendo el código de colores proporcionado por la EAQI, el índice de calidad europeo.

Bajo el mapa se especifica una leyenda con valores numéricos y cualitativos para esta representación.

Junto a la leyenda en la versión escritorio o bajo la leyenda, en la versión móvil, se encuentra un navegador de tiempo. Este navegador hace posible visualizar las mediciones para una fecha anterior a la actual.

Al pulsar sobre la fecha se abre un calendario para facilitar la selección de una fecha en concreto, y junto a la fecha se proporciona un botón ‘Hoy’ para volver al día actual rápidamente.

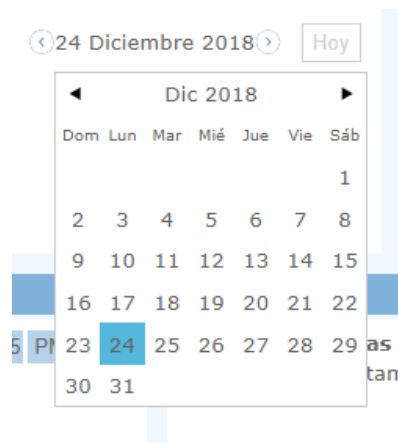


Figura 5-7 Aire Guru. Detalle calendario

5.2.2 Índice de calidad del aire

Al seleccionar un punto sobre el mapa, se extiende la información sobre ese punto en la fecha seleccionada.

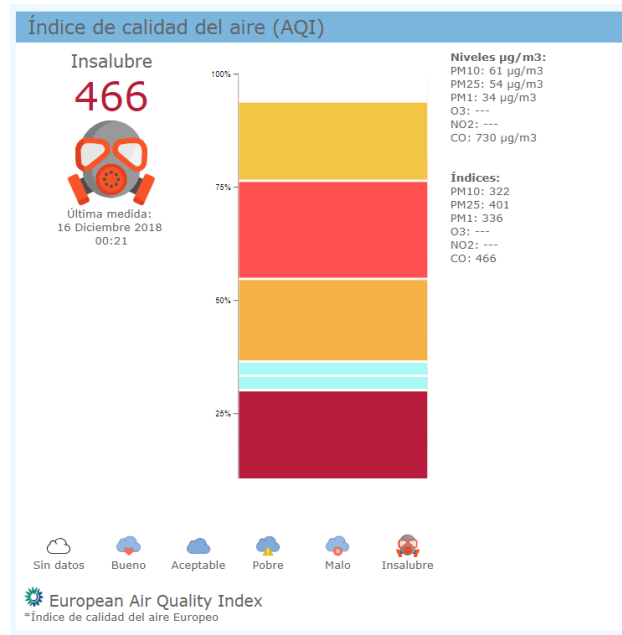


Figura 5-8 Aire Guru. Índice de calidad del aire

Esta sección muestra en primer lugar una valoración gráfica de la situación general mediante un icono, el valor exacto del AQI y una etiqueta con el valor cualitativo. Además, también informa de cuando fue tomada la medida.

A continuación, se puede ver una gráfica con el porcentaje que ocupa cada uno de los contaminantes en el AQI. Cada franja también sigue el código de colores de la EAQI, por lo que es posible visualizar cual es el de mayor relevancia, por el tamaño y por el color.

Esta gráfica es interactiva, ya que, si se pasa el ratón sobre las distintas franjas, en la versión de escritorio o se selecciona en la versión móvil, se resalta el valor numérico y el AQI del contaminante. Estos valores están colocados siguiendo el mismo orden en el que aparecen en la gráfica.

Para completar esta sección se especifica la leyenda de los iconos con su valor cualitativo y se deja una referencia al EAQI. Tanto el logo como el nombre pueden ser seleccionados y estos abren una nueva página con la información oficial del EAQI.

5.2.3 Filtrado de emisiones del área seleccionada

La siguiente sección muestra una representación de los índices de calidad del aire por contaminantes. Estos se pueden filtrar ya sea por condición médica con el menú de la izquierda o por contaminante en el menú superior.

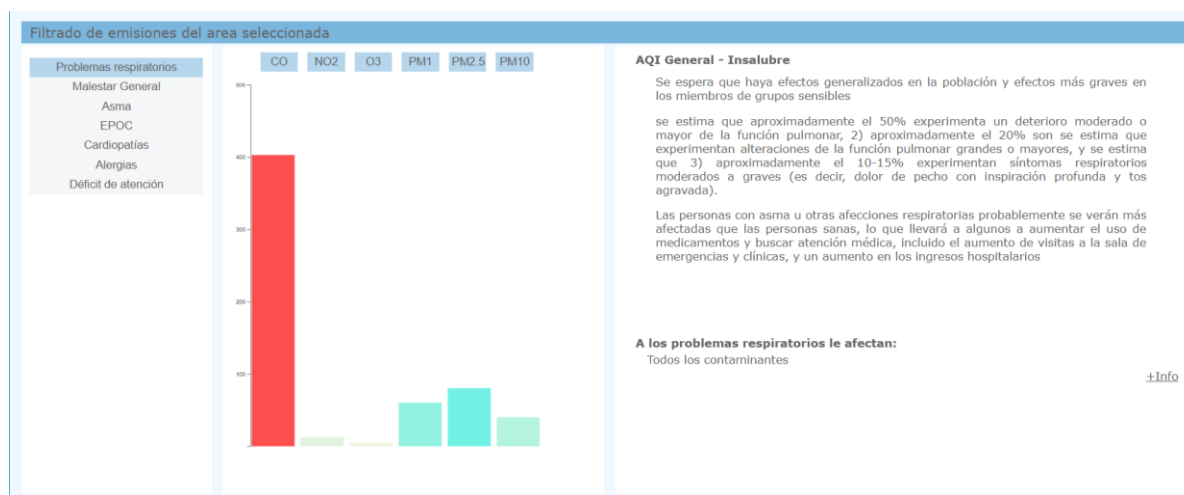


Figura 5-9 Aire Guru. Filtrado de datos e información extendida

A la derecha existe una descripción detallada de las consecuencias producidas por el nivel de la calidad de aire en el punto y zona seleccionado. Además, también explica qué contaminantes afectan más a la condición médica seleccionada.

El enlace [+Info](#) en esta sección, abre la página del glosario, donde se encuentra una descripción más detallada de los contaminantes, condiciones médicas y fuentes.

5.2.4 Historial de zona

En esta sección se visualiza el histórico del punto seleccionado en el mapa.

Pueden aplicarse diversos filtros, como el periodo de tiempo que se quiere visualizar o seleccionar sólo los contaminantes que sean más interesantes para el usuario.

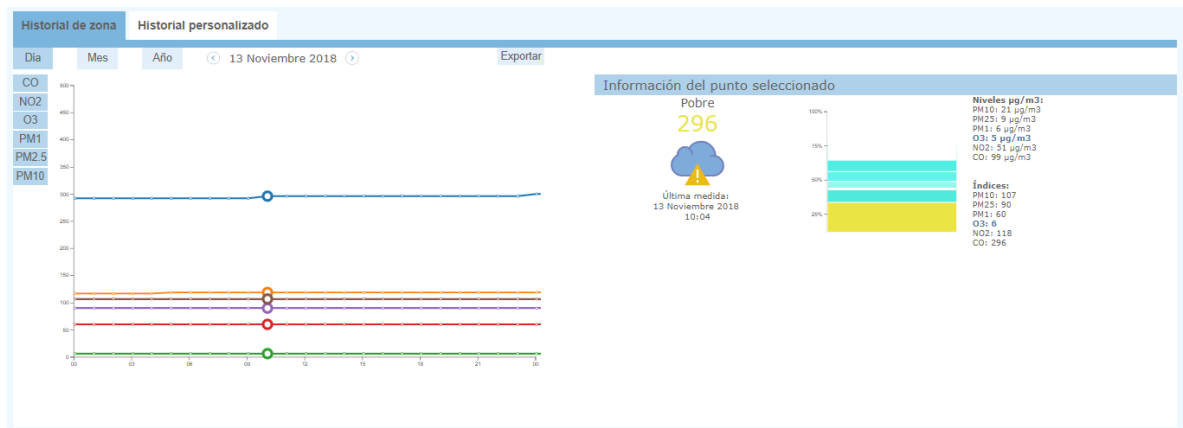


Figura 5-10 Aire Guru. Historial de zona

El periodo de tiempo puede ser un año, un mes o un día, pudiéndose realizar una ampliación en la versión de escritorio, el cual recalcula los valores de los ejes y muestra un periodo de tiempo más corto.

Para los tiempos de espera donde la página web debe solicitar información al servidor, se ha implementado una indicación, de manera que el proceso sea lo más agradable posible para el usuario.

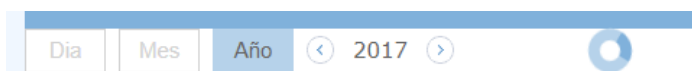


Figura 5-11 Aire Guru. Detalle del símbolo de espera

Esta gráfica de líneas presenta la evolución de los niveles de cada contaminante, y sobre las líneas se representa un círculo en el momento en el que la medida fue tomada como se muestra en la siguiente imagen del detalle.

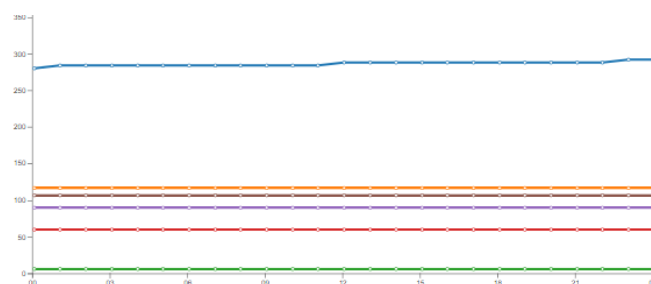


Figura 5-12 Aire Guru. Detalle gráfica de líneas

Utiliza ejes numéricos, es decir, los meses y días se muestran con un formato numérico que garantiza su internacionalidad.

Al deslizar el ratón sobre los puntos, estos serán ampliados en la versión escritorio. Al seleccionar uno de ellos, se puede ver la información en detalle para la medida seleccionada, en concreto en la sección 'Información del punto seleccionado'.

En esta última sección se ha reutilizado el componente creado para la representación del AQI, ya que al usuario le resultará familiar y, por ende, más fácil de interpretar.

El historial se completa con la función exportar. En el marco superior derecho de esta sección se puede pulsar el botón 'Exportar' que abre una nueva página con la información representada en la gráfica en formato JSON.

Un ejemplo del documento JSON exportado resultante puede consultarse en el Anexo II.

5.2.5 Historial personal

Esta sección comparte la mayoría de los componentes de la sección anterior.

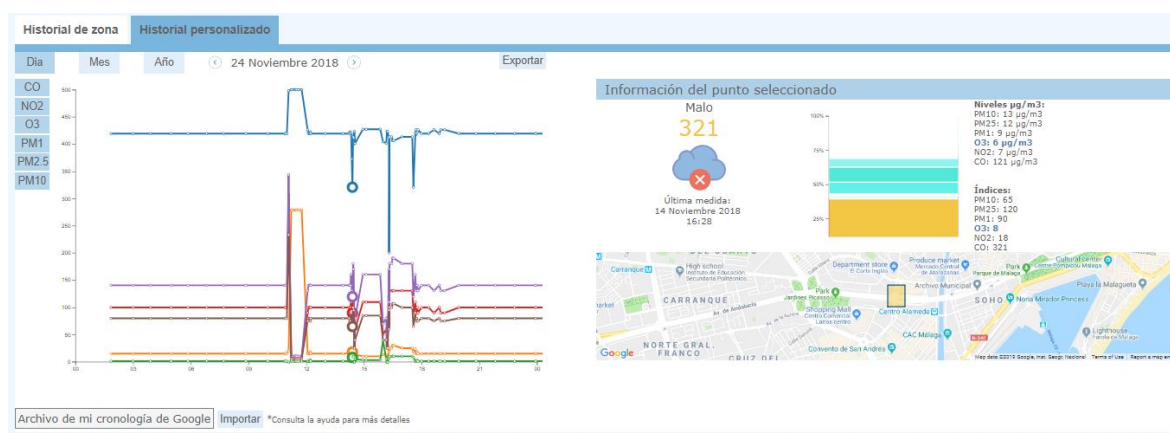


Figura 5-13 Aire Guru. Historial personal

Los datos mostrados son las medidas tomadas en el polígono por donde el usuario ha estado. Para el rango de tiempo día, se muestran las medidas exactas, sin embargo, para el rango de tiempo mes y año, se muestran las medias.

Los componentes adicionales en esta sección son un mapa, que muestra el polígono donde se recogió la medida del punto seleccionado y un campo donde el usuario puede importar el fichero de la cronología de Google.

El proceso de importación se completa con un dialogo de confirmación donde pregunta al usuario si está dispuesto a eliminar sus datos anteriores y un indicador de ocupado mientras este proceso se completa.

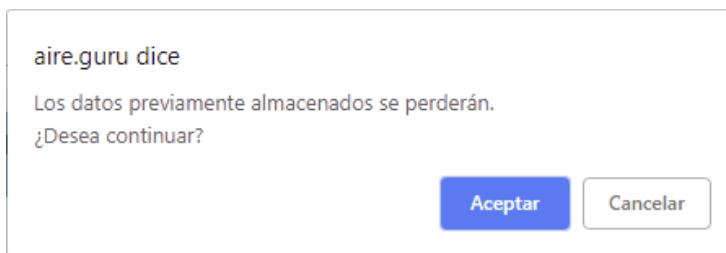


Figura 5-14 Aire Guru. Dialogo eliminación de datos

5.3 Glosario

Uno de los objetivos de esta herramienta es ser informativa y completa, es decir, que contenga la suficiente información necesaria para entender las consecuencias de los distintos niveles de la calidad de aire y cómo afectan a la salud.

En esta página se pueden encontrar cuatro secciones: la descripción de los agentes contaminantes que influyen más en nuestra salud, las complicaciones médicas más frecuentes que pueden surgir a causas de estos contaminantes, distintas fuentes de contaminación y una guía de la iconográfica seguida en la herramienta.

5.3.1 Agentes contaminantes

Se muestra un total de seis agentes contaminantes: CO, NO, O3, PM, SO2 y VOC, con sus nombres completos, una descripción, las fuentes de donde proviene el contaminante y las posibles complicaciones médicas que puede causar.

Además, se incluye un enlace externo a la descripción de este agente, que abre una nueva página con la información.

NO2 - Dióxido de nitrógeno

Contribuyen a la formación de partículas de 2,5 micras, las cuales están relacionadas con problemas respiratorios y cardíacos, como la falta de respiración. Este componente se considera dañino por su capacidad oxidativa similar a la del ozono. Se asocia a las emisiones producidas por las estufas de gas.

Existen diferentes especies de nitrógeno, como el N2, NO, N2O y el NO2.

El Dióxido de nitrógeno (NO2) se produce durante la combustión de combustible por la conversión espontánea del óxido nítrico a dióxido nítrico ante la presencia de ozono. Proviene de fuentes naturales como incendio de los bosques, erupciones volcánicas y la actividad bacteriana de la tierra, la combustión del tabaco y gas doméstico. Es el gas más tóxico conocido. Puede provocar inflamación de las vías aéreas, afecciones de órganos como hígado o bazo, de los sistemas circulatorio o inmunitario, infecciones pulmonares e insuficiencias respiratorias.

Fuentes:

Complicaciones médicas:

+ Info

Figura 5-15 Aire Guru. Glosario. Detalle agente contaminante

5.3.2 Complicaciones médicas

En esta sección se describen doce complicaciones médicas donde la influencia de la contaminación puede agravar los síntomas.

Cada definición se compone de una descripción, los síntomas, los agentes contaminantes que agravan la enfermedad y un enlace externo que proporciona más información.

EPOC

Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Es una enfermedad crónica inflamatoria de los pulmones que obstruye el flujo de aire desde los pulmones.

Se produce por la inhalación de los agentes contaminantes del aire, que pueden establecerse en los alveolos y obstruirlos, cambiando su forma.

Estas enfermedades son más comunes en trabajadores del sector minero, personas que están constantemente rodeados por polvo fino y los que están expuestos a los residuos de Diesel...

Síntomas:

<ul style="list-style-type: none"> • Enfisema • Polipnea • Ataques de tos 	<ul style="list-style-type: none"> • Disnea • Bronquitis crónica • Muerte prematura
--	--

Agentes contaminantes:

<ul style="list-style-type: none"> • Polvo • Residuos • Material particulado 	<ul style="list-style-type: none"> • Diesel • Monóxido de carbono • Dióxido de nitrógeno
---	---

[+ Info](#)

Figura 5-16 Aire Guru. Glosario. Detalle complicación médica

5.3.3 Fuentes de contaminación

Aquí quedan descritas siete de las fuentes de contaminación más comunes, con la lista de los contaminantes que producen.

Domésticos

Gases, hornos, alcantarillado, polvo, aerosoles, combustibles, disolventes, desengrasantes, conservantes y agentes de limpieza.

Agentes Contaminantes:

<ul style="list-style-type: none"> • Monóxido de carbono • Ozono 	<ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de nitrógeno • Material Particulado
--	--

Figura 5-17 Aire Guru. Glosario. Detalle fuente de contaminación

5.3.4 Iconos

Por último, se incluye la iconografía. Esta sección tiene dos funciones; por un lado, informar al usuario del significado de cada icono y por otro la mención de la licencia de uso de estos.

Al pulsar sobre ellos, se abre un enlace externo a la página del autor.



Figura 5-18 Aire Guru. Glosario. Iconos

5.4 Ayuda

En esta página se ha incluido todo lo necesario para la navegación por las distintas partes de la herramienta, las instrucciones de cómo importar la cronología de Google, cómo se realiza el cálculo del AQI y, por último, una sección con la descripción del autor y el proyecto Aire Guru.

5.4.1 Secciones

Este apartado describe cada una de las secciones de la herramienta y cómo interactuar con cada una de las partes. Cada sección incluye una foto con el diseño creado para móvil.

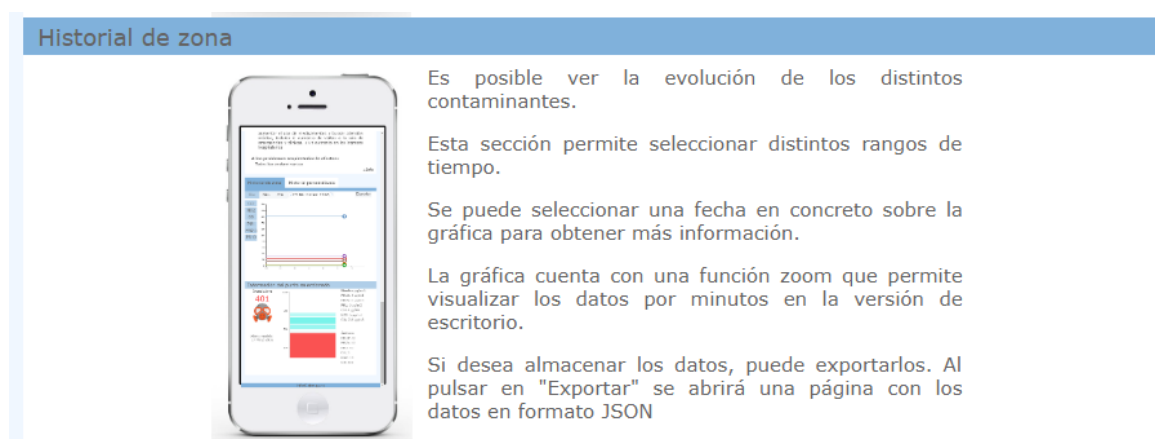


Figura 5-19 Aire Guru. Ayuda. Detalle secciones

5.4.2 Google cronología

Este apartado contiene dos áreas diferenciadas, la primera ofrece la posibilidad de navegar a las instrucciones oficiales de Google y a la cronología personal de usuario y la segunda es una descripción paso a paso de como exportar el fichero JSON de la cronología. Esta descripción se completa con imágenes donde el paso es enfatizado en color rojo.

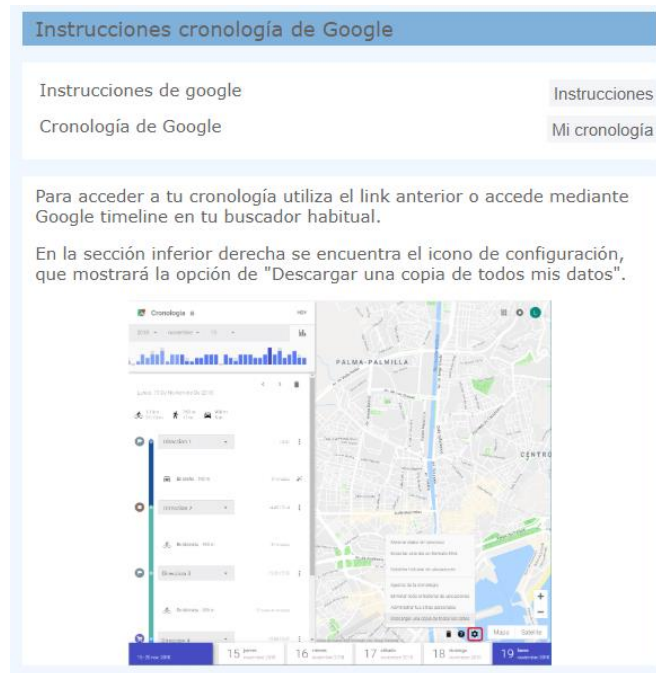


Figura 5-20 Aire Guru. ayuda. Detalle instrucciones de importar la cronología de Google

5.4.3 Cálculo de AQI

En esta sección se ha añadido una descripción de qué es el AQI y cómo se calcula, incluyendo referencias como enlaces a las páginas oficiales.

Pollutant	Index level (based on pollutant concentration in µg/m³)				
	Good	Fair	Moderate	Poor	Very poor
Partículas less than 2.5 µm (PM _{2.5})	0-50	50-100	100-150	150-250	250-500
Partículas less than 10 µm (PM ₁₀)	0-50	50-100	100-200	200-300	300-500
Nitrogen dioxide (NO ₂)	0-50	50-100	100-200	200-300	300-500
Ozone (O ₃)	0-50	50-100	100-150	150-200	200-300
Sulphur dioxide (SO ₂)	0-50	50-100	100-200	200-300	300-500

Figura 5-21 Aire Guru. Ayuda. Cálculo de AQI

5.4.4 Quienes somos

Esta página se completa con una pequeña bibliografía del autor y la descripción de este proyecto. Además, incluye dos enlaces de interés, uno a la Universidad Internacional de La Rioja y otro al portal de datos abiertos de Málaga de donde son recogidos los datos.

The screenshot shows the 'Quiénes somos' page on the Aire Guru website. The header includes the Aire Guru logo and a 'Localización desactivada' status with a 'Conectarse' button. The navigation menu includes 'Aire Guru', 'Glosario', and 'Ayuda'. The main content area has tabs for 'Secciones', 'Cronología de Google', 'Cálculo de AQI', and 'Quiénes somos'. The 'Quiénes somos' section features a profile for Luz Morales, a LinkedIn link, and a project description. The footer includes logos for the University of La Rioja and the Open Data Portal of Málaga, along with the email 'info@aire.guru'.

Figura 5-22 Aire Guru. Ayuda. Quiénes somos

5.5 Área personal

Esta última sección permite al usuario:

- Activar la geolocalización.
- Importar el archivo JSON de la cronología de Google.
- Desconectar.
- Eliminar el historial personal.

The screenshot shows the 'Área personal' page on the Aire Guru website. The header includes the Aire Guru logo and a 'Localización activada' status with a 'Desconectarse' button and the user name 'Tester Guru'. The navigation menu includes 'Aire Guru', 'Glosario', 'Ayuda', and 'Área personal'. The main content area has a 'Configuración' section with buttons for 'Activar localización', 'Desconectar', 'Cronología de Google', 'Cargar datos', 'Eliminar historial', and 'Eliminar'.

Figura 5-23 Aire Guru. Área personal

6 Resultados y evaluación

Al final del desarrollo de ese trabajo se han obtenido diferentes resultados, como son la implementación de un módulo reutilizable, el análisis de los datos, la herramienta principal de monitorización de la calidad del aire a tiempo real en Málaga y la publicación del código para su reutilización. A continuación, un listado de los resultados:

- Aire Guru

Una herramienta completa para la visualización y monitorización de la calidad del aire en Málaga (Proyecto Aire Guru) compuesto por cuatro módulos independientes capaces de ser reutilizados independientemente, ampliados o reemplazados. De momento está alojado en un servidor privado y se considera en periodo de prueba.

- Contenedor storegeojson

Un contenedor descargable y configurable que contiene una plataforma para la recogida de datos geoJSON de una dirección web, almacenamiento en una base de datos MongoDB y monitorización web de manera local.

- Análisis de las medidas de la calidad del aire en Málaga

Un estudio sobre las distintas estaciones de medida de la calidad del aire en Málaga.

- Repositorio

La implementación de Aire Guru se ha publicado en un repositorio público con una licencia MIT para su posible descarga y/o reutilización de componentes.

En este capítulo se va a valorar el resultado final de la herramienta principal. Este capítulo se divide en tres apartados, en el primero se exponen los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas en el entorno real, a continuación, se desarrollan las valoraciones aportadas por los usuarios de prueba en cuanto a la experiencia de usuario y por último una valoración general.

6.1 Pruebas

Durante los días 17 y 18 de enero del 2019 se han llevado a cabo un conjunto de pruebas para comprobar in situ todas las funcionalidades de la herramienta, en especial la recolección de datos mediante la lectura de la localización para el historial personal.

En las siguientes imágenes se muestra un pequeño recorrido a pie en los alrededores de la estación instalada en la antigua Tabacalera, donde hay colocado una de las estaciones que reportan medidas cada hora.



Figura 6-1 Estación de medida en la antigua Tabacalera

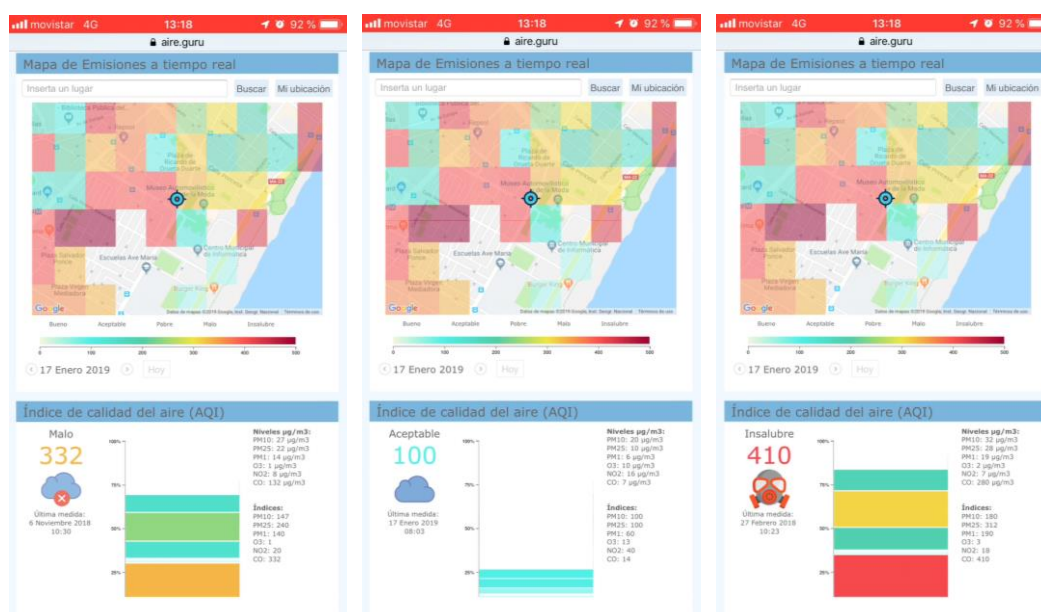


Figura 6-2 Prueba. Lectura de la localización del usuario a tiempo real

Se puede comprobar que el símbolo de localización señala el punto donde se encuentra el dispositivo utilizado, en este caso un teléfono móvil, y se va moviendo a tiempo real, mostrando las variaciones de las mediciones en la información detallada bajo el mapa.

A continuación, se muestran las imágenes de los alrededores de la antigua plaza de toros, donde al igual que en el punto anterior, la estación publica las emisiones cada hora.

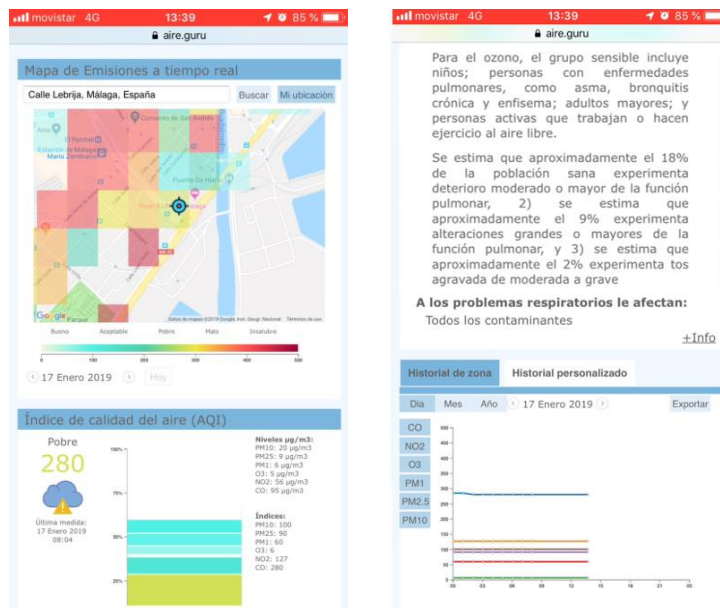


Figura 6-3 Prueba. Historial de zona a tiempo real

Como se muestra en la figura 6-3, casualmente, las emisiones dejaron de ser publicadas el 17 de enero desde las 9:00. En la figura siguiente se amplía el detalle de la gráfica para ver la ausencia de medidas:

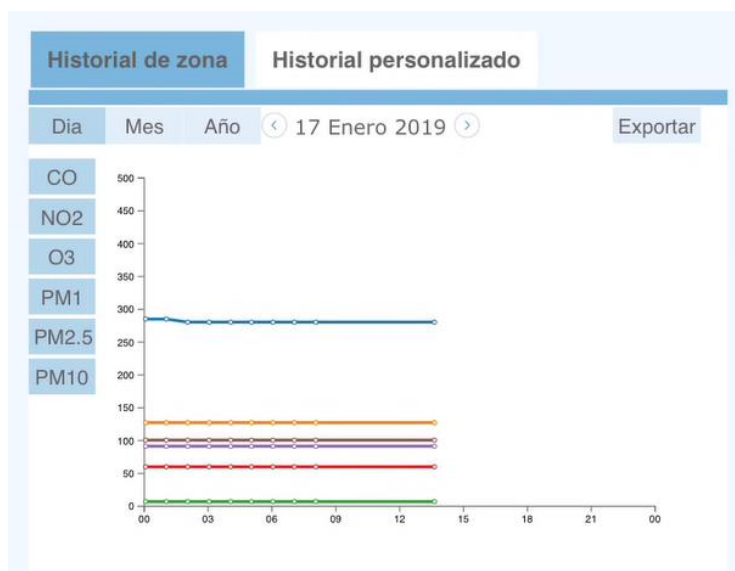


Figura 6-4 Prueba. Detalle del historial de zona

En los días posteriores, se puede comprobar que las emisiones empezaron a publicarse de nuevo a partir de las 14:00, ya que la primera medida reportada fue a las 13:04.

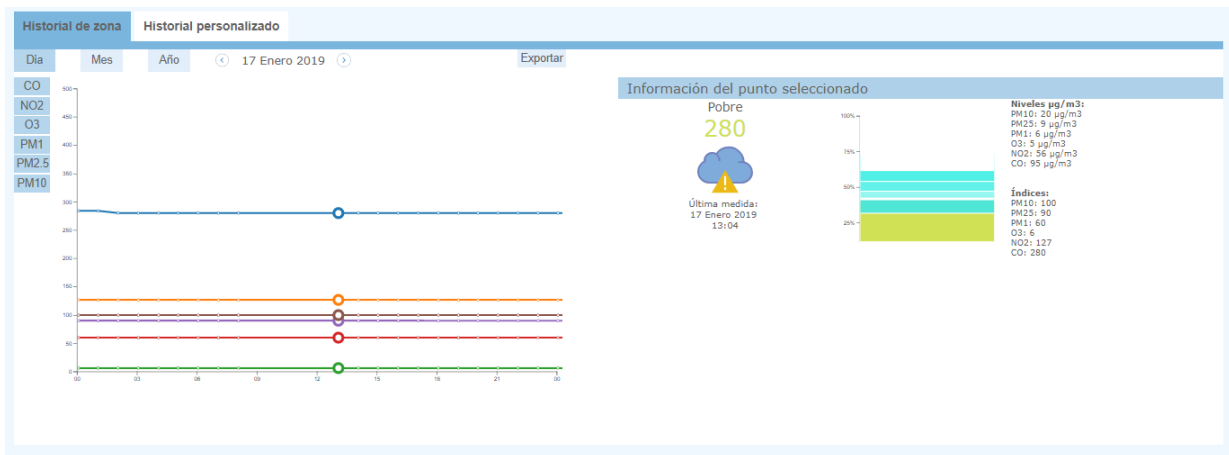


Figura 6-5 Prueba. Historial de zona Antigua plaza de toros 17 de enero del 2019

Respecto al historial de emisiones personales, estos son los resultados del 17,18 y 20 de enero:

- 17 de enero del 2019. Carretera de Cádiz – Antigua tabacalera – Antigua plaza de toros – Muelle 1 – Antigua plaza de toros – Mirador de Gibralfaro – Barbarela – Pedregalejo – Carretera de Cádiz

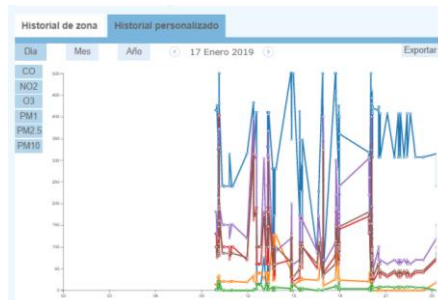


Figura 6-6 Prueba. Historial personal. 17 de enero del 2019

- 18 de enero del 2019. Carretera de Cádiz – Héroes de Sostoa – Vialia – Mercado de la Merced – Larios – Carretería – Tribuna de los pobres – Teatinos

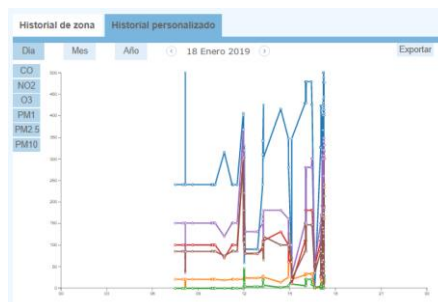


Figura 6-7 Prueba. Historial personal. 18 de enero del 2019

- 20 de enero del 2019. Aeropuerto

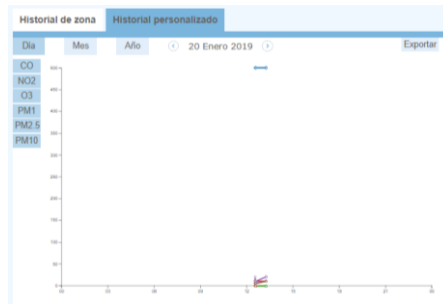


Figura 6-8 Prueba. Historial personal. 20 de enero del 2019

En la siguiente imagen se puede comprobar el historial personal a tiempo real a las 15:34 del 17 de enero del 2019:

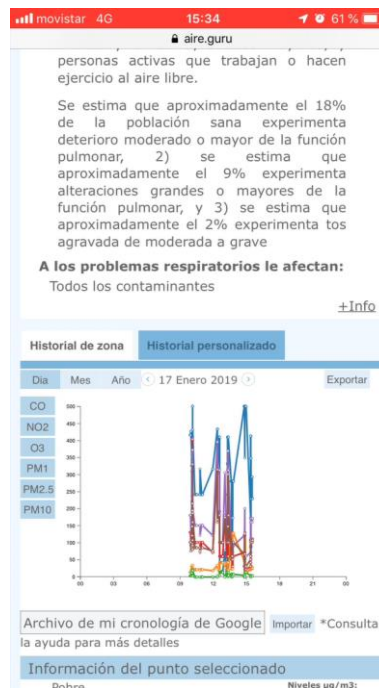


Figura 6-9 Prueba. Historial personal a tiempo real. 17 de enero del 2019 15:34

Por último, se realizó a posteriori una prueba de importación de la cronología de Google, con un archivo cedido por uno de los usuarios de prueba. En este caso, el usuario comenzó a vivir en Málaga en el mes de abril por lo que la gráfica no muestra datos anteriores a esa fecha.

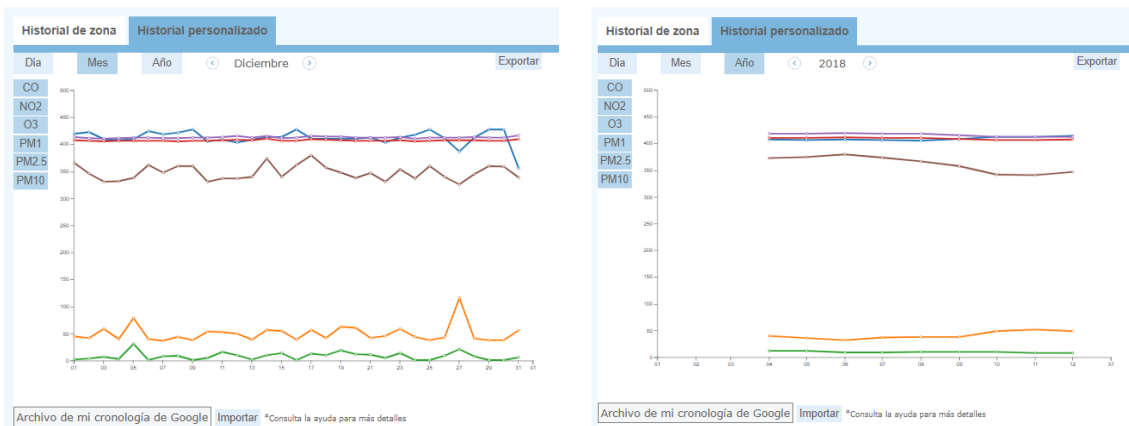


Figura 6-10 Prueba. Historia personal. Cronología de Google importada

En el siguiente video se puede ver un resumen de las pruebas realizadas durante el 17, 18 y 20 de enero del 2019.

https://youtu.be/1gac_XtyN6Y

Durante las pruebas se encontraron una serie de problemas que fueron corregidos inmediatamente:

- El documento con el identificador de usuario y el polígono a tiempo real no se almacenaban apropiadamente.
- La información detallada del punto seleccionado en la gráfica de líneas no era limpiada cuando la gráfica se redibujaba.
- Las fechas del cálculo de las medias mensuales no era almacenadas correctamente.

6.2 Experiencia del usuario

Para la valoración de la experiencia de usuario, se ha propuesto a 14 usuarios que prueben la herramienta libremente. A estos usuarios de prueba se les entregan unas instrucciones básicas:

Aire Guru es una plataforma web capaz de mostrar la contaminación del aire en la ciudad de Málaga a tiempo real y también las emisiones a las que has estado expuesto si vives o trabajas en esta ciudad.

Te animo a que descubras esta página web por ti mismo, utilices los controles y te muevas por sus distintas secciones.

Recuerda que tienes una ayuda a la que podrás acudir en caso de que lo necesites.

Tras una semana, se propone a los usuarios de prueba la siguiente encuesta:

<https://goo.gl/forms/2lhlw2dn7o73Nidn1>



Figura 6-11 Encuesta de satisfacción

Esta encuesta contiene preguntas concretas sobre la comprensibilidad de la información y sobre la usabilidad. Además, se les proporciona un espacio en cada una de las preguntas para que los encuestados puedan realizar sus propias aportaciones. La encuesta completa se adjunta en el anexo IV.

6.2.1 Resultados de la encuesta

Según los resultados, la herramienta ha tenido una buena acogida ya que más de la mitad de los encuestados le han asignado una puntuación alta. Las valoraciones se realizan en una escala del 1 a 5.

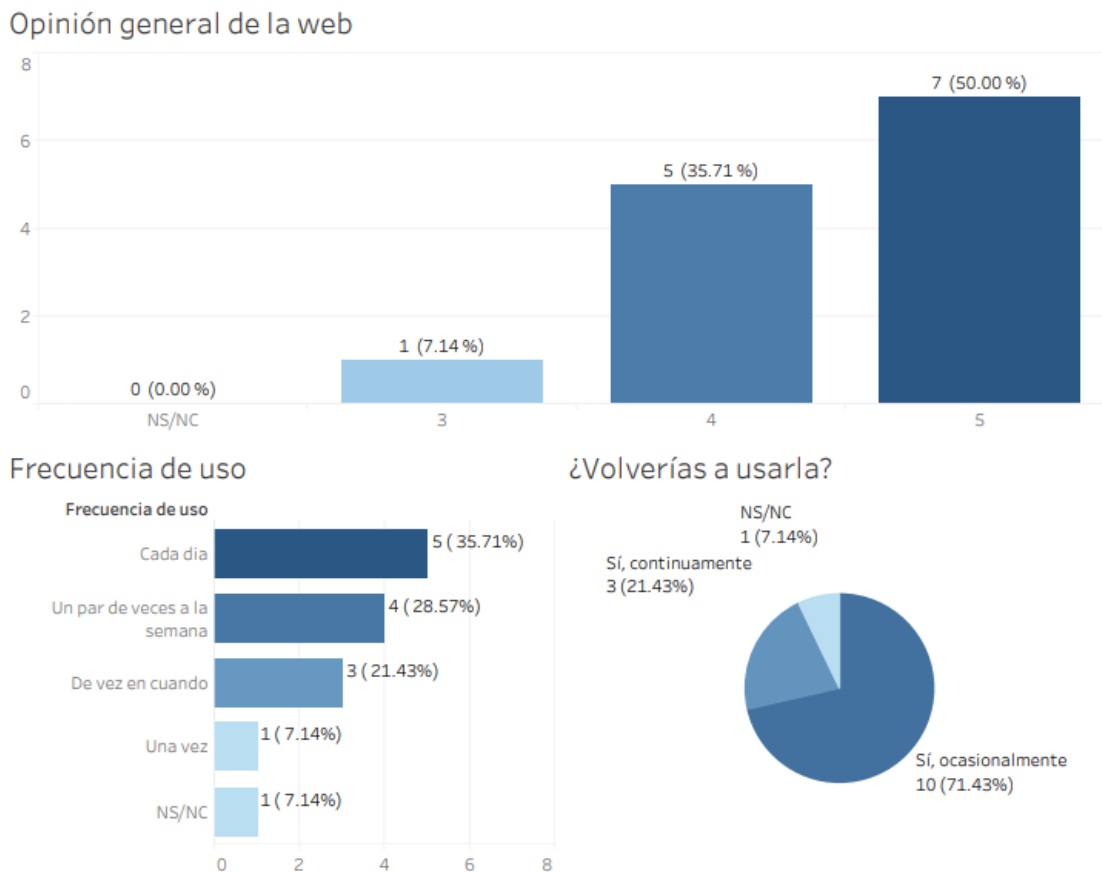


Figura 6-12 Resultados de la encuesta. Opinión general

En cuanto a los comentarios, la mayoría de los encuestados coinciden que la funcionalidad que más les ha gustado es ver en el mapa el índice de calidad del aire y sugieren una ampliación el número de zonas.

El 92% de los encuestados encuentra la información útil y completa y el 71,43% ha contestado que también la encuentran comprensible.

El glosario ha resultado ser una sección de gran apoyo, ya que los usuarios comentan que les ha aclarado dudas y lo usan a menudo. En general, valoran que tanto el glosario como la ayuda contienen información útil. Entre los comentarios, los usuarios apuntan que la información es clara, aunque a veces les ha parecido extensa.

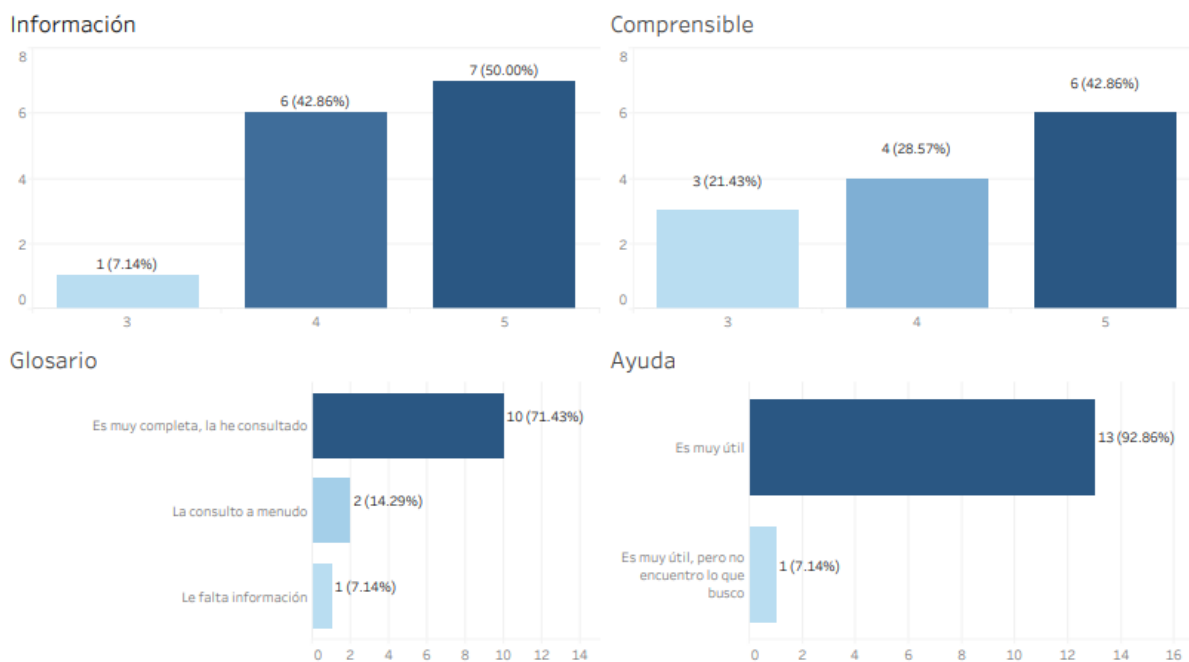


Figura 6-13 Resultados de la encuesta. Información

Más de la mitad de los encuestados admiten que no conocían el significado del índice de calidad del aire, pero después de consultar la ayuda, lo han entendido.

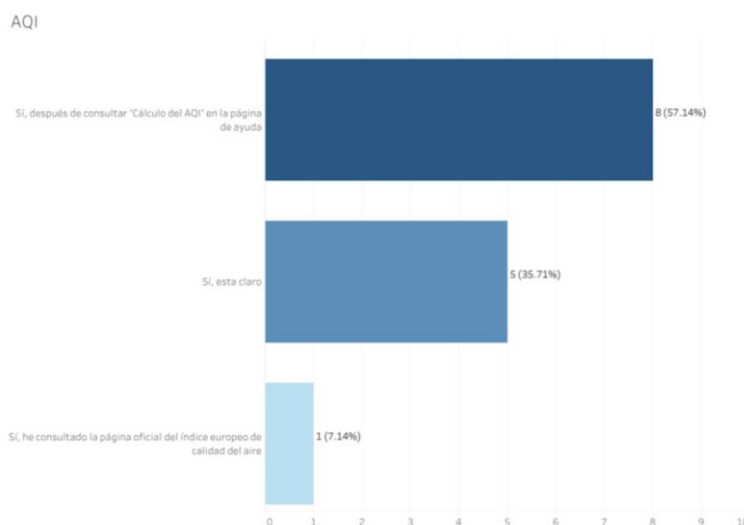


Figura 6-14 Resultados de la encuesta. AQI

Sobre la página principal de la herramienta, los usuarios están en general satisfechos con la información mostrada, la interactividad y la claridad de las gráficas.

Respecto a la sección superior, el mapa y la información detallada del punto seleccionado, la mayoría de los encuestados puntúan la navegación del mapa como suficientemente buena, valoran que los datos tienen una frecuencia de actualización adecuada y consideran que la gráfica de barras apiladas junto a la información detallada de los índices y valores es útil y comprensible.

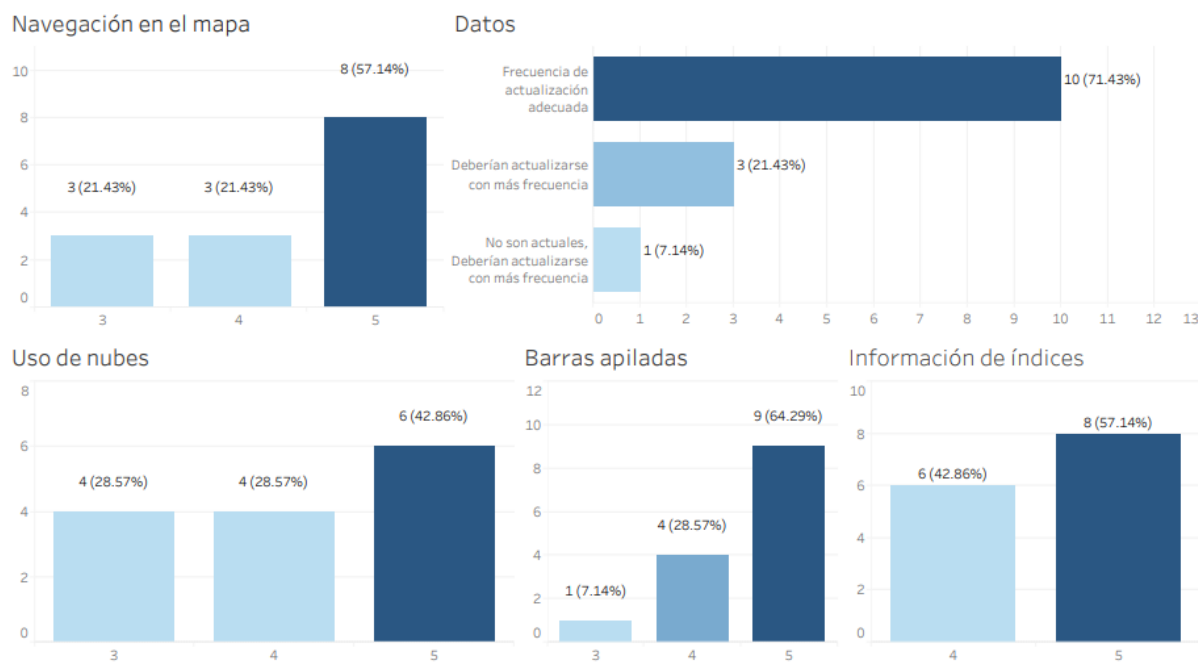


Figura 6-15 Resultados de la encuesta. Mapa de emisiones y AQI

Entre los comentarios se observa que algunos usuarios coinciden en que quedan zonas por cubrir. Uno de los encuestados sugiere que la navegación en el mapa podría mejorarse en la versión para móvil ya que de momento hay que utilizar dos dedos para navegar sobre él.

Los encuestados perciben que la sección de detalles sobre la información de un punto a tiempo real también es útil y la información es comprensible. Más del 80% marcan estar satisfechos con la información extendida que se ofrece sobre el índice de calidad del aire y los contaminantes que afectan a la condición médica seleccionada.

En cuanto a las posibles selecciones y filtrados, los encuestados dan una valoración positiva. La selección por condición médica resulta muy útil, ya que el 92,86% de los encuestados lo encuentra muy útil y el filtrado por componentes cuenta con un 78,43% de votos que lo encuentran de útil a muy útil.

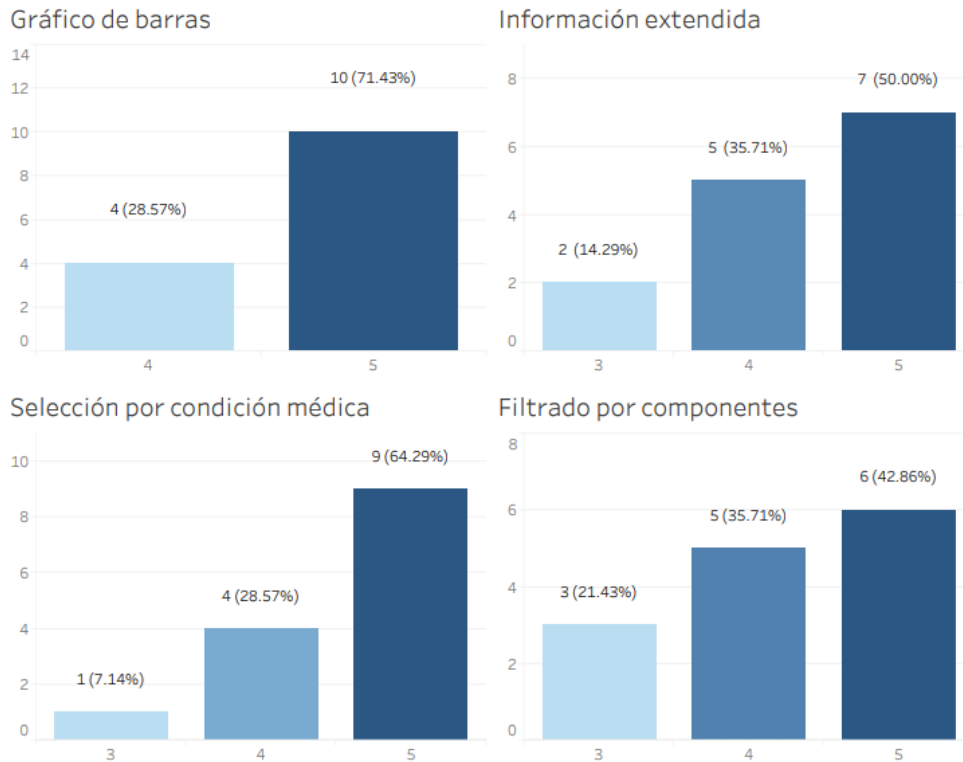


Figura 6-16 Resultados de la encuesta. Filtrado de la información

Para la sección de historial, los usuarios coinciden en que la gráfica de líneas es clara y comprensible.

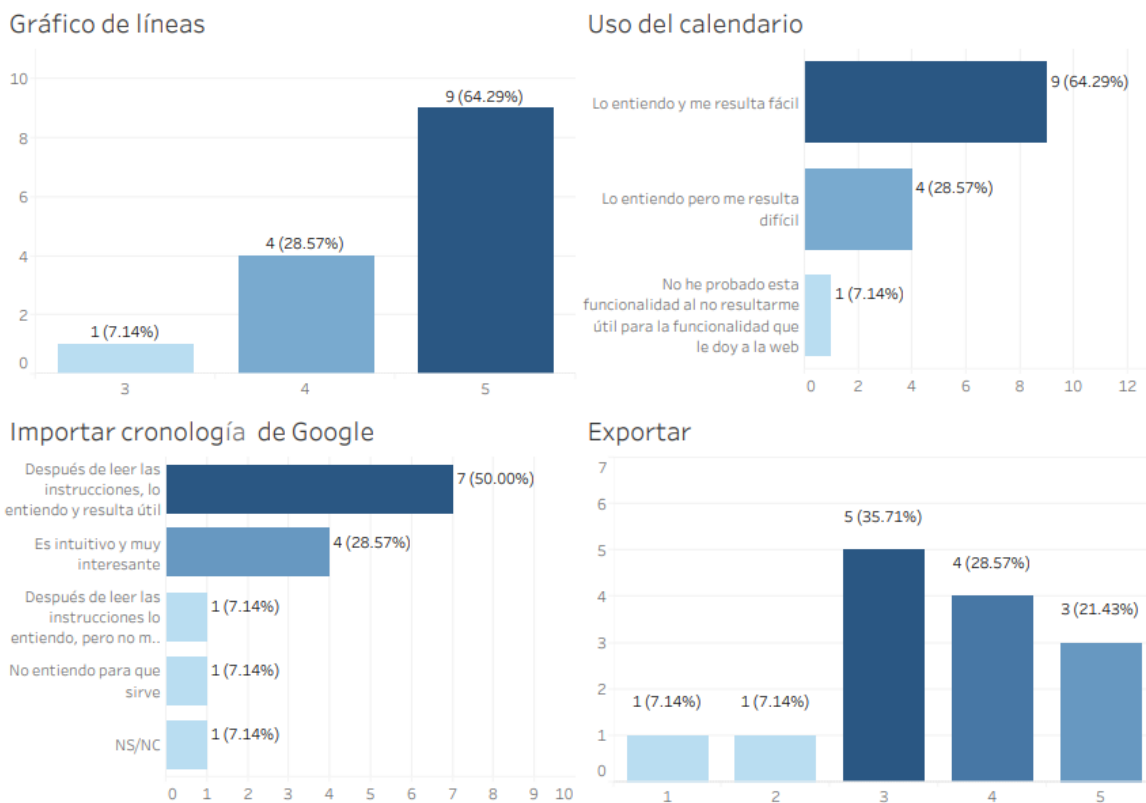


Figura 6-17 Resultados de la encuesta. Historial

Sin embargo, hay variedad de opiniones sobre la opción de exportar los datos ya que los usuarios encuentran una mayor comprensión de los datos sobre la gráfica que en el formato exportado.

La utilización de la cronología de Google también ha reportado distintas opiniones. Tan sólo cuatro usuarios han encontrado la funcionalidad intuitiva y siete de ellos lo han entendido después de consultar la ayuda y les resulta útil. El resto de los encuestados tienen diversas opiniones, dos indican que nos le resulta útil y el tercero que no lo ha entendido.

Uno de los usuarios comenta que los pasos para exportar la cronología de Google sólo pueden hacerse desde un ordenador, por lo que sugiere añadir esta información en la ayuda.

Por último, se ha preguntado a los usuarios su opinión respecto al uso de la cuenta de Google y el uso de su localización.

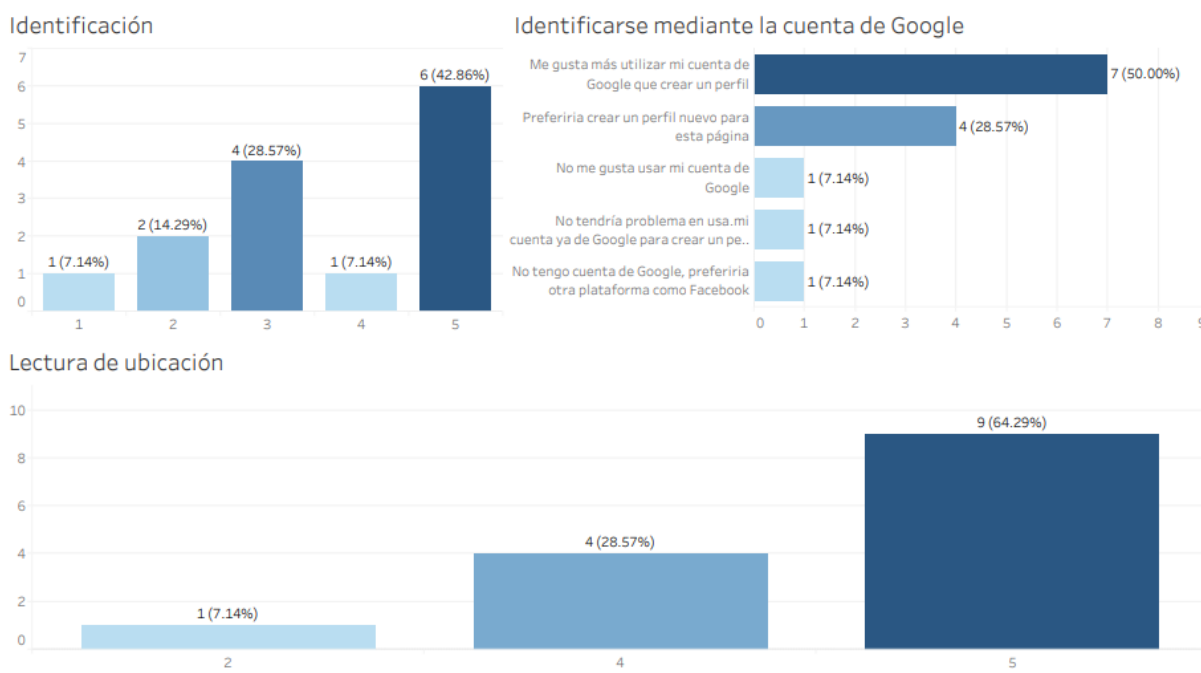


Figura 6-18 Resultados de la encuesta. Identificación y lectura de ubicación

Los usuarios muestran una variedad de opiniones sobre el tener que identificarse y aunque una mayoría de encuestados se muestran positivos con la reutilización de su cuenta de correo, un 28,57% preferiría crear una cuenta dedicada para la herramienta. Durante la prueba se ha comprobado que, aunque el proveedor de correo es Google, se pueden usar otros proveedores como Hotmail.

En cuanto a la lectura de la ubicación, los usuarios se muestran positivos a la hora de compartirla con la herramienta.

Mediante la encuesta, también se han recogido datos sobre las características de los usuarios. Se determina que, aunque el rango de edades ha sido amplio, la mayoría de los usuarios se encuentra entre los 30 y 40 años.

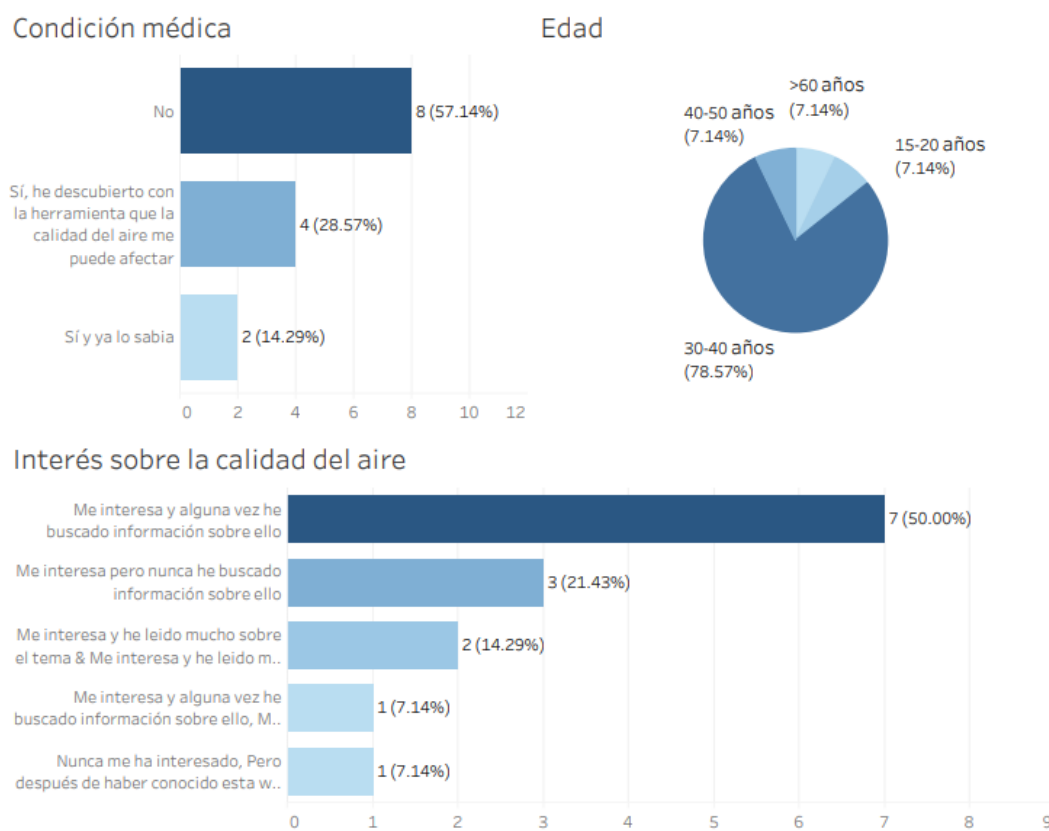
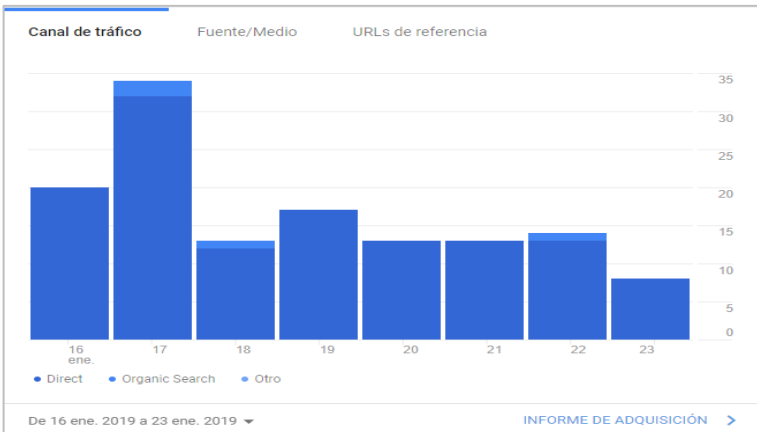
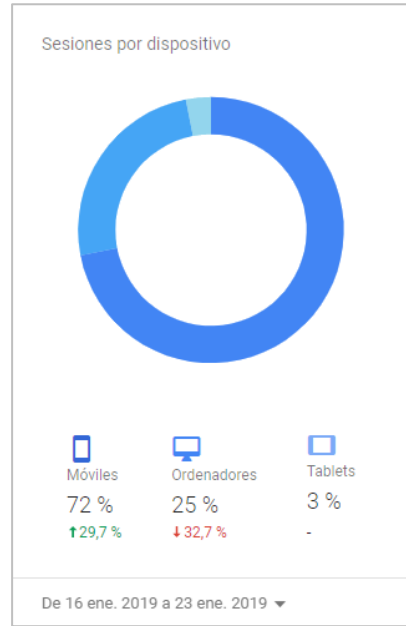
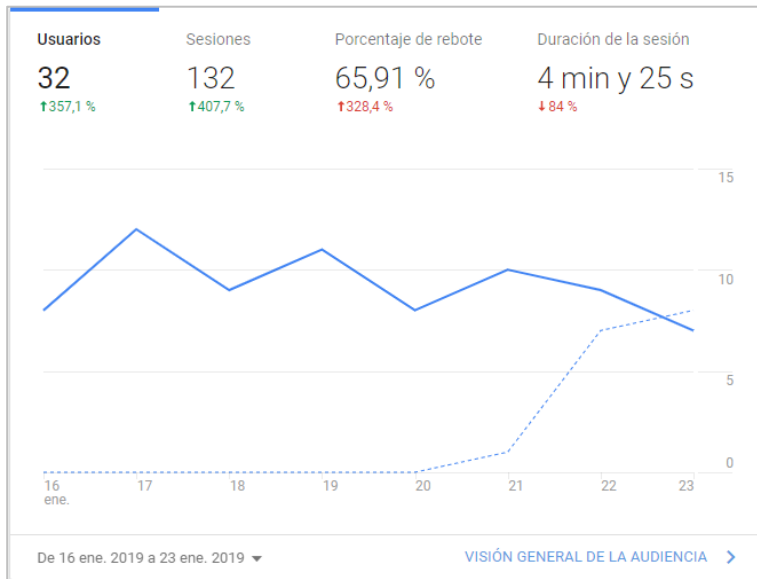


Figura 6-19 Resultados de la encuesta. Estadísticas

Respecto a sus intereses sobre la calidad del aire, la mitad de ellos indican que alguna vez han buscado información sobre ello, sólo dos están bien informados y uno de ellos marca la opción otros y especifica que ha despertado su interés después de utilizar la aplicación.

Además, cuatro de ellos indican que han descubierto que tienen una condición médica a la que le afecta la calidad del aire gracias a la herramienta.

6.2.3 Análisis de uso



Accesos identificados

Fecha de creación	Inicio de sesión
16 ene. 2019	22 ene. 2019
16 ene. 2019	16 ene. 2019
20 ene. 2019	20 ene. 2019
16 ene. 2019	16 ene. 2019
17 ene. 2019	17 ene. 2019
6 ene. 2019	23 ene. 2019
12 dic. 2018	24 ene. 2019
20 ene. 2019	20 ene. 2019
22 ene. 2019	22 ene. 2019
16 ene. 2019	16 ene. 2019



País ?	Adquisición			Comportamiento		
	Usuarios ? ↓	Usuarios nuevos ?	Sesiones ?	Porcentaje de rebote ?	Páginas/sesión ?	Duración media de la sesión ?
	32 % del total: 100,00 % (32)	29 % del total: 100,00 % (29)	132 % del total: 100,00 % (132)	65,91 % Media de la vista: 65,91 % (0,00 %)	1,97 Media de la vista: 1,97 (0,00 %)	00:04:26 Media de la vista: 00:04:26 (0,00 %)
1. 🇪🇸 Spain	27 (75,00 %)	23 (79,31 %)	96 (72,73 %)	66,67 %	1,97	00:04:23
2. 🇳🇱 Netherlands	6 (16,67 %)	3 (10,34 %)	31 (23,48 %)	64,52 %	1,90	00:04:54
3. 🇫🇷 France	1 (2,78 %)	1 (3,45 %)	2 (1,52 %)	50,00 %	1,50	00:00:24
4. 🇮🇹 Italy	1 (2,78 %)	1 (3,45 %)	2 (1,52 %)	50,00 %	4,00	00:05:14
5. 🇵🇹 Portugal	1 (2,78 %)	1 (3,45 %)	1 (0,76 %)	100,00 %	1,00	00:00:00

Figura 6-20 Resultados de uso

En el tablero anterior se pueden observar los resultados proporcionados por Google Analytics y Firebase. Gracias al sistema implementado para el acceso identificado, se pueden obtener la fecha en el que el usuario accedió por primera vez y cuando ha sido su última sesión, la cual puede estar aún activa.

Google Analytics proporciona un sistema de seguimiento, por el que mediante la integración un script en las páginas de la plataforma web, es capaz de contabilizar el número de visitas, duración, localización, etc.

En la parte superior de la figura se puede ver un resumen de toda la actividad realizada durante la semana de prueba. En total la página web ha tenido 32 usuarios diferentes, los cuales han visitado la página 132 veces, con una duración media de 4 minutos y 25 segundos. Con usuario se refiere a cada dispositivo diferente desde el que se ha accedido a la página web.

El 72% de los usuarios han utilizado un teléfono móvil, el 25% han accedido desde un ordenador y el 3% restante desde una tableta. Esto se traduce a 23 usuarios de teléfonos móviles, 8 usuarios de ordenador y 1 de tableta.

Navegador	Usuarios	% Usuarios
1. Chrome	17	53,12 %
2. Safari	12	37,50 %
3. Android Webview	1	3,12 %
4. Edge	1	3,12 %
5. Firefox	1	3,12 %

Figura 6-21 Resultados de uso. Navegadores

Sistema operativo	Usuarios	% Usuarios
1. iOS	12	37,50 %
2. Android	9	28,12 %
3. Windows	9	28,12 %
4. Linux	2	6,25 %

Figura 6-22 Resultados de uso. Sistemas operativos

En cuanto al tipo de sistema operativo y navegador utilizado, se puede comprobar que los usuarios han utilizado una gran variedad de ellos, predominando los navegadores Safari y Chrome y los sistemas operativos iOS y Android, por ser estos los más utilizados en los teléfonos móviles.

En la evolución de los accesos por semana, se puede comprobar que el segundo día accedió un gran número de usuarios para luego establecerse en una media de unos 15 usuarios al día, como se muestra en el gráfico de barras de la figura 6-20. En general, los usuarios nuevos han seguido visitando la página con asiduidad, como muestra la siguiente gráfica de usuarios activos durante 7 días:

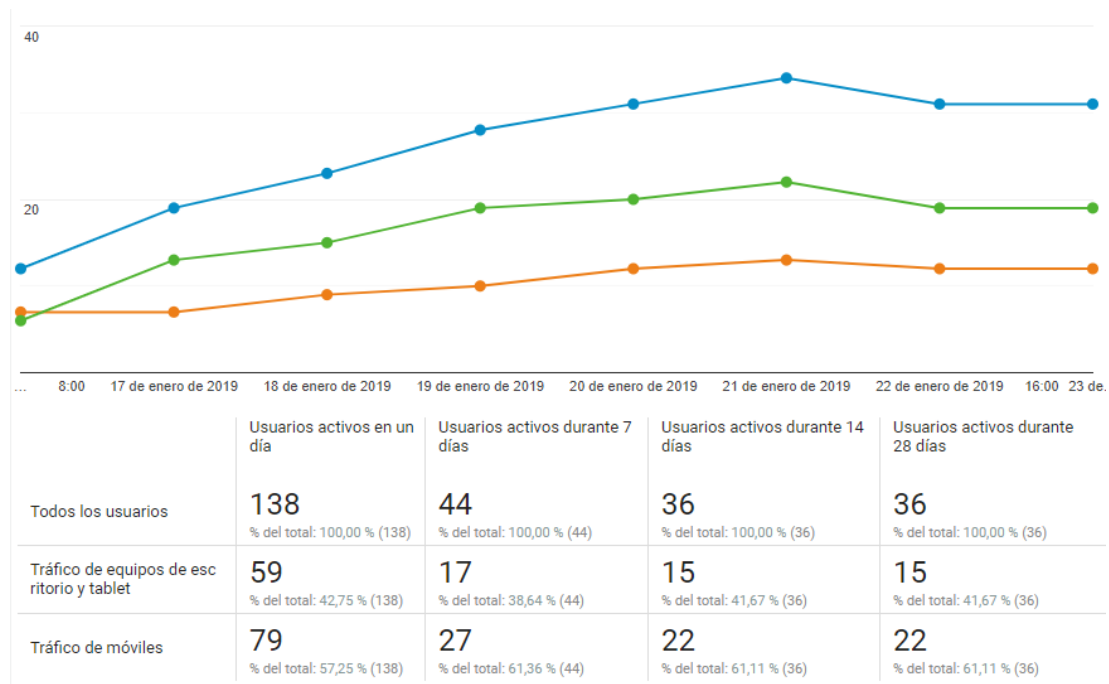


Figura 6-23 Resultados de uso. Usuarios activos durante 7 días

La línea azul es el total, mientras que la verde corresponde a los accesos desde móvil y la naranja a los accesos desde tableta u ordenador.

Según la tabla de accesos identificados, se comprueba que 8 de los 14 usuarios de prueba se han conectado con sus cuentas para observar la contaminación a la que están expuestos. Las dos cuentas extras que se observan son las cuentas del desarrollador y airegurutest.

Respecto a la localización, se han recibido visitas desde distintos países. Esto indica que la página web puede haber aparecido en alguna búsqueda.

Ciudad	Usuarios	% Usuarios
1. Malaga	13	25,00 %
2. Seville	9	17,31 %
3. (not set)	8	15,38 %
4. Madrid	6	11,54 %
5. Amsterdam	6	11,54 %
6. Moron de la Frontera	4	7,69 %
7. Alhaurin de la Torre	2	3,85 %
8. Barcelona	1	1,92 %
9. Nanterre	1	1,92 %
10. Milan	1	1,92 %

Figura 6-24 Resultados de uso. Ciudades de acceso

Tras el periodo de prueba se observa que las visitas se mantienen estables con unos 15 usuarios por día.

En general se puede concluir que los usuarios de prueba han hecho un uso continuado de la aplicación, han probado la mayoría de sus funcionalidades y lo han hecho desde distintas plataformas, sistemas operativos y navegadores.

6.3 Evaluación general

Tras un periodo de uso de la herramienta, se concluye que es informativa y de gran utilidad, pero se proponen diversas mejoras.

6.3.1 Funcionalidades destacadas

Entre las funcionalidades más destacadas de la herramienta, se encuentra la posibilidad de monitorizar la exposición a los contaminantes y la visualización de la evolución tanto en el mapa como en el gráfico de líneas.

Respecto a la monitorización de la exposición a los contaminantes, podría mejorarse la lectura de la localización, ya que sería más cómodo si la herramienta fuera una aplicación móvil en vez de una página web. En el formato de aplicación móvil podrían usarse los sensores del teléfono en vez de la información del navegador, pues actualmente el usuario tiene que mantener el buscador abierto para que la herramienta tome los datos.

Además, se ha notado que cuando se realiza una lectura de la localización con una frecuencia alta, los datos son difíciles de interpretar. Aunque la gráfica de líneas cuente con una función de ampliación, la información estaría más clara si se aumentara la granularidad. Es decir, se podría añadir un nivel más mostrando los datos por hora.

Los datos que se muestran a continuación corresponden al historial personal del 18 de enero del 2019 de las pruebas realizadas durante los días 17, 18 y 20 de enero del 2019. En esta imagen se puede comprobar un acumulo de datos sobre las 15:30 correspondiente a la monitorización de datos con un desplazamiento en coche.

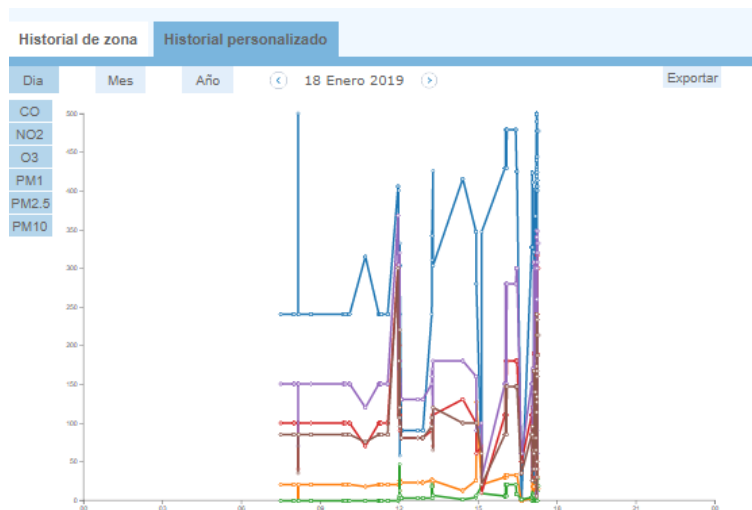


Figura 6-25 Historial Personal

Respecto a la visualización de la evolución de los datos, resulta fácil de comparar las emisiones en distintos periodos de tiempo. En la siguiente figura se puede observar la comparación entre los datos a principio y a final del año 2018.

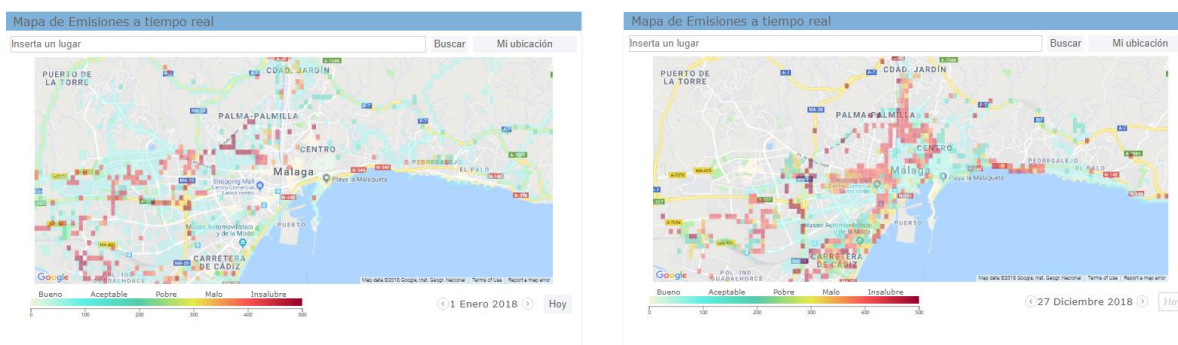


Figura 6-26 Comparación de la contaminación a principios y últimos de año

Aunque la información es clara, en el periodo de prueba se observa que la experiencia de usuario se vería mejorada si el tiempo de carga de los datos se redujera.

Existen diferentes técnicas y líneas de buenas prácticas al utilizar JavaScript para mejorar el tiempo de respuesta de la interfaz de usuario. Sería muy interesante revisar los puntos críticos de la interfaz y aplicar más de estas técnicas para mejorar la experiencia de usuario.

En cuanto a la evolución de los datos en la gráfica de líneas para la monitorización de la contaminación por zona, se destaca la fácil interpretación y claridad con la que se representan los datos.

A continuación, se muestra un ejemplo de los datos recogidos en la estación de la Rosaleda y en el Parque Cementerio.

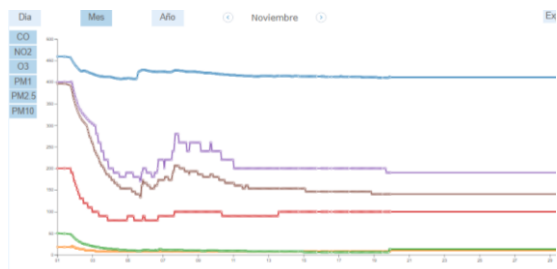


Figura 6-27 La Rosaleda. Evolución de la contaminación en noviembre

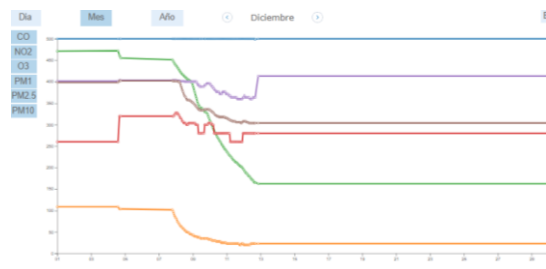


Figura 6-28 Parque Cementerio. Evolución de la contaminación en diciembre

6.3.2 Datos

Si se observan las gráficas de líneas anteriores se puede destacar que la frecuencia de publicación de los datos es muy relevante. Es decir, en estas gráficas se comprueba que en un periodo corto de tiempo existen tanto fluctuaciones como picos que pasarían desapercibidos si la frecuencia de publicación fuera menor.

La mayoría de los datos ofrecidos por el portal de datos abiertos de Málaga son medidas puntuales, un número reducido de estaciones han reportado medidas periódicamente durante un periodo limitado de tiempo y tan sólo tres estaciones publican datos periódicamente. Se determina que sería muy recomendable aumentar la frecuencia de la publicación de datos de distintas estaciones.

En cuanto a los datos proporcionados por UrbanClouds en formato CSV para el periodo perdido de recolección de datos, se llega a la conclusión de que, si los datos proporcionados son correctos, existe una diferencia entre los datos que proporciona el portal y los datos que recogen las estaciones. Se recuerda que la empresa aclaró que los nombres de las columnas en el CSV no correspondían al contenido proporcionado.

Se han utilizado diferentes técnicas para importar estos datos:

- Importar la última medida, ya que se supone la más reciente.
- Importar la primera medida, ya que según vemos el historial, todas las medidas publicadas corresponden a los primeros minutos de la hora.
- Importar la media recortada, por ser una medida sin sesgo.
- Importar la mediana de los datos, por ser una medida sin sesgo.

En todos los casos, se han obtenido resultados muy fluctuantes entre una medida y otra, no siguiendo un patrón. Por esta razón y por la falta de certeza de validez de los datos, se ha decidido no contar con ellos.

Para evitar que esta situación ocurra de nuevo, desde el 22 de octubre hay implementado un sistema de recolección de datos estable y periódico, y un sistema de copias de seguridad.

En las siguientes imágenes se puede ver la evolución de los contaminantes de una misma zona, la antigua tabacalera y el Palo. Los datos de octubre son parcialmente importados y los de noviembre son los que se ofrecen del portal de datos abiertos.

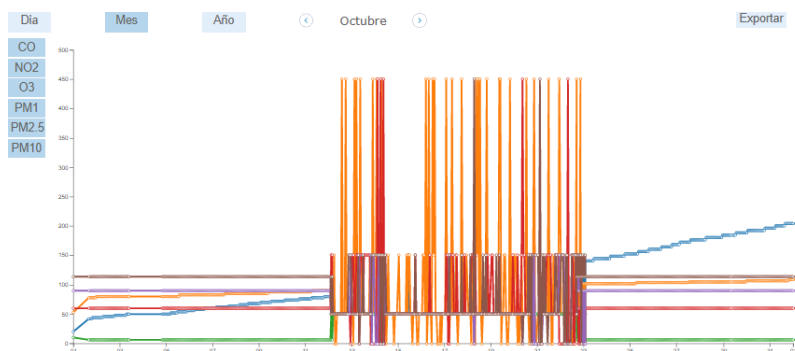


Figura 6-29 Antigua Tabacalera. Evolución de la contaminación en octubre

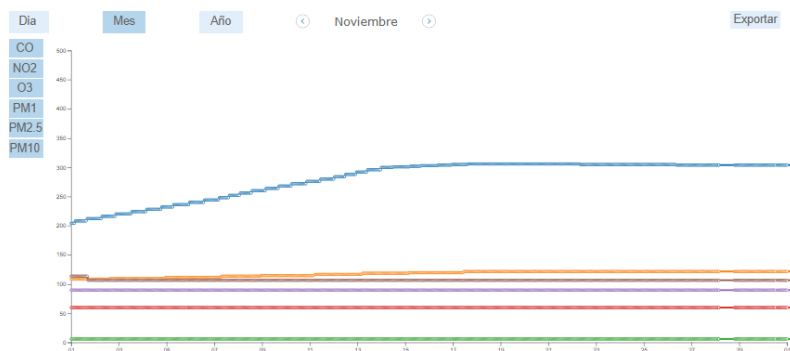


Figura 6-30 Antigua Tabacalera. Evolución de la contaminación en noviembre

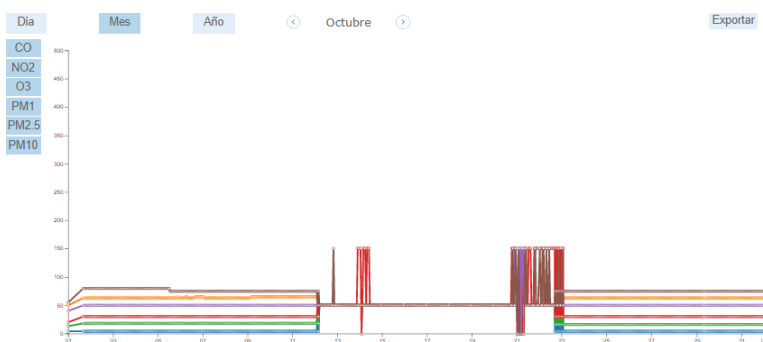


Figura 6-31 El Palo. Evolución de la contaminación en octubre

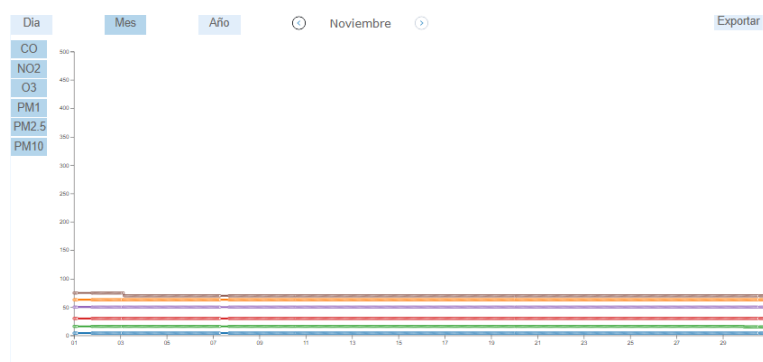


Figura 6-32 El Palo. Evolución de la contaminación en noviembre

6.3.3 Implementación

A lo largo del desarrollo de la herramienta se ha tenido en cuenta las buenas praxis para el desarrollo de software. Teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Modularidad. Al ajustarse al prerrequisito de ser un diseño modular, significa que es posible reutilizar los módulos por separado. Se podrían utilizar, por ejemplo, distintas interfaces de usuario manteniendo el corazón de la aplicación para distintas ciudades o tipos de usuarios.
- Generalidad. No se incluye la palabra Málaga para así tener una herramienta fácilmente exportable a otro contexto.
- Internacionalidad. El código está escrito y comentado completamente en inglés, lenguaje utilizado por la mayoría de los desarrolladores de software en todo el mundo.
- Legitimidad. Utilización de librerías con licencias apropiadas; licencias MIT o similares ya que toda la implementación se ha publicado con una licencia MIT.

6.3.4 Infraestructura

Aire Guru está alojado en un servidor privado junto a otros procesos considerados críticos a nivel de negocio que deben funcionar ininterrumpidamente.

Es servidor usa un procesador de 12 núcleos Intel Xeon E5645 2,4GHz con 24GB de RAM y a fecha del 30 de enero del 2019 cuenta con 114GB disponibles. Actualmente toda la implementación y base de datos de Aire Guru no llega a 1GB, lo que significa que el servidor sería capaz de albergar Aire Guru para uso público.

Sin embargo, debido a que el sistema no utiliza ningún mecanismo de cuota que limite cuanta capacidad puede usar cada proceso, la minimización de riesgos y el tiempo restringido en el que puede estar alojado, hace que Aire Guru no se pueda lanzar públicamente.

6.3.5 Concienciación

Entre los sujetos de prueba, se ha reconocido una mayor concienciación por la contaminación, demostrando más interés sobre la calidad del aire en la ciudad y sus posibles efectos en la salud. Estos resultados se obtienen por las preguntas que han realizado los usuarios de prueba y los resultados de la encuesta.

7 Conclusiones y líneas futuras de investigación

La intención de este trabajo era la construcción de una herramienta accesible a todos los tipos de usuarios que informara sobre la contaminación del aire en la ciudad de Málaga a tiempo real, además de mostrar los niveles de polución a los que se está expuesto a nivel personal.

La herramienta implementada cumple con estos requisitos, tanto en el diseño de la infraestructura como en la usabilidad. Es capaz de mostrar el historial de los datos por un polígono seleccionado, proporciona información personalizada y es informativa, gracias al glosario y la ayuda.

Además, al ser una herramienta web abierta y gratuita, está disponible a todo aquel que la quiera utilizar. Este proyecto se ha creado con la idea de informar y aportar conocimiento a la sociedad sobre un problema medioambiental, por lo que la característica de estar publicado en línea es indispensable para este fin.

En cuanto a los datos, se ha de concluir que la frecuencia con la que se actualizan no es suficiente para garantizar al usuario que las emisiones por las que está rodeado son las más actuales, ya que hay estaciones que no se actualizan desde principios del año 2018. Durante la monitorización de las estaciones que se actualizan cada hora, se ha notado un cambio importante en las medidas, por lo que es indispensable que las estaciones reporten datos con una frecuencia más alta.

La empresa UrbanClouds informa que en el año 2018 se han retirado la mayoría de las estaciones fijas que reportaban datos periódicamente, quedando sólo las únicas tres mencionadas. Al ser una herramienta que ofrece información a tiempo real, sería deseable aumentar la periodicidad de publicación de datos de más estaciones. Es decir, instalar más estaciones fijas.

Dado que los datos se han empezado a recoger al comienzo del desarrollo de este trabajo, sólo se cuenta con datos desde el 29 de septiembre del 2018. Para un análisis detallado de la evolución de los contaminantes, es deseable contar con un histórico de datos más amplio.

La prueba con usuarios finales ha reportado resultados muy positivos, además, ha aportado líneas de mejora que se tendrán en cuenta para mejorar la experiencia de usuario en su próxima versión.

7.2 Líneas futuras

Como líneas futuras se propone la ampliación de la infraestructura, la migración a aplicación móvil, un análisis de datos tras un periodo más largo de tiempo y ampliar la granularidad en la que se visualiza el histórico personal.

- Lanzamiento público de la herramienta. Lanzamiento en la nube.
- Sistemas de fragmentación (sharding) y réplica en la base de datos para garantizar el almacenamiento de los datos y la velocidad de respuesta.
- Implementación de servidores en paralelo para balancear el cómputo de datos, esta técnica mejoraría la capacidad de respuesta para un mayor número de usuarios.
- Mejora de la interfaz de usuario siguiendo un diseño propuesto por un profesional.
- Mejora de tiempos de respuesta.
- Migración de la interfaz de usuario para su uso como aplicación de móvil tanto en IOS como en Android. Si se implementa como una aplicación, esta será capaz de leer siempre la localización del usuario si este así lo permite.
- Implementar un sistema de recomendaciones para advertir y/o aconsejar al usuario de actividades que no son aconsejables dependiendo de los niveles de contaminación de los distintos agentes contaminantes.
- Análisis de datos tras un año de histórico de datos.
- Añadir un filtro por horas al histórico personal.
- Test de estrés con datos generados.

7.3 Conclusiones

Con esta aportación, se trata de informar al ciudadano sobre la calidad del aire que le rodea y se espera que cree la suficiente curiosidad como para motivar la reinstalación de las estaciones que emiten las mediciones de forma periódica.

A nivel personal me ha resultado muy interesante trabajar con las distintas tecnologías y lenguajes, ya que, exceptuando un conocimiento básico de HTML y CSS, todo el conocimiento aplicado ha sido aprendido en las asignaturas del máster y en el desarrollo de este trabajo. He disfrutado especialmente con el desarrollo del diseño de la interactividad de los módulos y la arquitectura.

En el futuro próximo, me gustaría lanzarlo en la nube para que pudiera seguir activo. Además, mejoraría la implementación de la interfaz, ya que ahora cuento con más experiencia y puedo solventar los problemas más rápido. Me gustaría enfocarme en el rendimiento, la velocidad y el diseño para mejorar la experiencia del usuario.

Respecto a la interfaz, considero primordial la migración a aplicación móvil.

También me gustaría trabajar en el sistema de recomendaciones, para así poder aplicar técnicas de inteligencia artificial.

A nivel de datos, me gustaría encontrar otras fuentes donde la actualización de las estaciones fuera más frecuente, para así poder ofrecer un mejor servicio.

Respecto a la planificación, he de decir que quizás fue un tanto optimista, porque, aunque se han realizado todas las tareas planificadas para la implementación de la herramienta, algunas han llevado más tiempo de lo esperado. La fase de desarrollo local con datos generados no ha sido posible, ya que el reajuste de la planificación ha modificado las prioridades.

Para finalizar, me gustaría realizar una prueba de estrés con datos generados una vez que se terminara el periodo prueba para comprobar el funcionamiento de la herramienta con un número de usuarios elevados.

En conclusión, es un proyecto que puede desarrollarse por fases, considero que ha completado su etapa inicial y aun puede dar mucho más de sí.

Bibliografía

- Aboukhalil, R. (2017). A Tale of Two Clouds: Amazon vs Google. *Medium corporation*. Recuperado el 10/10/2018 de <https://medium.com/@robaboukhalil/a-tale-of-two-clouds-amazon-vs-google-4f2520516a38>
- Air Matters. (2018). Air Matters. Recuperado el 12/09/2018 de <https://air-matters.com/>
- Air Visual. (2015). Air Visual. Recuperado el 12/09/2018 de <https://www.airvisual.com/>
- Appstronaut Studios. (2018). Air pollution near me. Recuperado el 12/09/2018 de <http://www.appstronautstudios.com/air-pollution-near-me/>
- Auzair India. (2017). 10 Most Common Diseases caused by Air Pollution. *Medium corporation*. Recuperado el 22/10/2018 de <https://medium.com/@auzairind/10-most-common-diseases-caused-by-air-pollution-8faf75f51f8d>
- Bermejo, L. (2017). Como afecta la contaminación en nuestra salud. *El mundo*. Recuperado el 22/10/2018 de <http://www.futurosostenible.elmundo.es/adaptacion/como-afecta-la-contaminacion-a-la-salud>
- Benito, E. (2019). La polución aumenta los ingresos hospitalarios de niños. *El País*. Recuperado el 25/01/2019 de https://elpais.com/sociedad/2019/01/23/actualidad/1548269983_578424.html
- BreezoMeter. (2012). Breezo. Recuperado el 12/09/2018 de <https://breezometer.com/air-quality-map/>
- CALIOPE. (2019). CALIOPE. Recuperado el 12/09/2018 de <http://www.bsc.es/caliope/en?language=en>
- CAPTOR. *App Airect*. Recuperado el 12/09/2018 de <http://www.airect.org/map/>
- CAPTOR. *App Captorair*. Recuperado el 12/09/2018 de <https://captorair.org/map/>
- CITEAIR. (2007). Air Quality Now. Recuperado el 10/10/2018 de https://www.airqualitynow.eu/es/comparing_city_details.php?malaga
- COAMBA.(2017). Plan de calidad del Aire – Málaga. Recuperado el 15/10/2018 de <http://medioambiente.malaga.eu/opencms/export/sites/sostenibilidad/.content/galerias/calidad-del-aire/Plan-de-calidad-del-aire-Ayuntamiento-de-Malaga-COAMBA.pdf>
- Consejería de medio ambiente y ordenación del territorio. (2018). *Junta de Andalucía*. Recuperado el 10/10/2018 de http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/atmosfera/informes_siva/oct18/nma181014.htm
- Consejería del medio ambiente y ordenación del territorio. (2017). *Inventario de emisiones a la atmósfera de la Comunidad Autónoma de Andalucía Serie 2003-2014*. Junta de Andalucía. Recuperado el 10/10/2018 de http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/web/temas_ambientales/atmosfera/control_emisiones/inventario_emisiones/inventario_emisiones_2014/Inventario_emisiones_2014.pdf

- Delgado, E. (2018). La contaminación atmosférica causa más de 10000 muertes al año en España. *EFE Verde*. Madrid. Recuperado el 22/10/2018 de <https://www.efeverde.com/noticias/la-contaminacion-atmosferica-causa-mas-10-000-muertes-al-ano-espana/>
- Díaz Novás, J. (2005). Infecciones respiratorias agudas y factores asociados. Acute respiratory infections and associated factors. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 21(5), 0.
- Dominici, F., Peng, R.D., Bell, M.L., Pham, L., MacDermott, A., Zeger, S.L., Samet, J.S. (2006) Fine Particulate Air Pollution and Hospital Admission for Cardiovascular and Respiratory Diseases. *JAMA*. ;295(10):1127–1134.
- EEA. (2017). EAQI. European Aire Quality Index. Recuperado el 22/10/2018 de <https://www.eea.europa.eu/themes/air>
- Environmental Protection Agency. (2017). Patient Exposure and the Air Quality Index. Recuperado el 22/10/2018 de <https://www.epa.gov/ozone-pollution-and-your-patients-health/patient-exposure-and-air-quality-index>
- Esri, HERE, DeLorme, MapmyIndia, OpenStreetMap contributors, and the GIS user community. App agencia europea. Recuperado el 12/09/2018 de <http://airindex.eea.europa.eu/>
- Europa Press. (2018). La contaminación ambiental causa enfermedades neurológicas y envejecimiento del cerebro. *Crónica Balear*. Recuperado el 22/11/2018 de <https://www.cronicabalear.es/2018/07/la-contaminacion-ambiental-causa-enfermedades-neurológicas-y-envejecimiento-del-cerebro/>
- Fitbit, Inc. (2018). Geolocation(GPS) Guide. Developer. Recuperado el 15/10/2018 de <https://dev.fitbit.com/build/guides/geolocation/>
- Gobierno de España. (2019). Calidad del aire. Ministerio para transición ecológica. Recuperado el 22/10/2018 de <https://www.miteco.gob.es/en/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/oxidos-nitrogeno.aspx>
- Gobierno de México. (2019). Efectos a la salud por la contaminación del aire. *Gobierno de México*. Recuperado el 22/10/2018 de <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/3-efectos-a-la-salud-por-la-contaminacion-del-aire-ambiente>
- Hadi. (2017). POST & GET data into Mongo DB backend using Vue.js. *YouTube*. Recuperado el 15/10/2018 de <https://www.youtube.com/watch?v=O7FMEROKI3Y>
- Jurkowski, M. (2017). How to make basic Authentication in Vue.js using Google Firebase. *Medium corporation*. Recuperado el 15/10/2018 de <https://medium.com/@michaljurkowski/how-to-make-basic-authentication-in-vue-js-using-google-firebase-e3ec7dad274>
- Kinlan, P. (2018). User Location. *Google Developers Web*. Recuperado el 15/10/2018 de <https://developers.google.com/web/fundamentals/native-hardware/user-location/>
- Liew, Z. (2016). Building a Simple CRUD Application with Express and MongoDB. *Zellwk Blog*. Recuperado de <https://zellwk.com/blog/crud-express-mongodb/>
- Lillo, I. (2018). Un informe señala que la calidad del aire es mala en la zona oeste de Málaga,

- Marbella y Campillos. *Diario Sur*. Recuperado el 22/11/2018 de <https://www.diariosur.es/malaga/informe-senala-calidad-20180622224252-nt.html>
- MAIR. (2019). Mesoscale and Microscale Atmospheric Modelling and Research. *Universidad de Cataluña*. Recuperado 12/09/2018 de <http://www.ub.edu/mair/modelling/air-quality/catalunya/no2/>
- Mahemhoff, M. (2010). A simple trip meter using the geolocation API. *Html5rocks*. Recuperado el 15/10/2018 de https://www.html5rocks.com/en/tutorials/geolocation/trip_meter/
- Navarro, R., Pascual, F. (2009). *Clínica de enfermedad pulmonar obstructiva crónica*, Editorial Alfil, S. A. de C. V.
- Ninsta. (2018). ¿Qué es NGINX y cómo funciona? *Kinsta*. Recuperado el 15/10/2018 de <https://kinsta.com/es/base-de-conocimiento/que-es-nginx/>
- Onejohi. (2018). Introducing Geolocation in your PWAs. *Medium corporation*. Recuperado el 15/10/2018 de <https://medium.com/@onejohi/introducing-geolocation-in-your-pwas-65713faba51a>
- Organización Mundial de la Salud. (2019). Impacto de la contaminación del aire en la salud. *Departamento de salud pública, medio ambiente y determinantes sociales de la salud*. Recuperado el 22/10/2018 de http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/health_impacts/es/
- Organización Mundial de la Salud. (2019). Infografías. Recuperado el 15/10/2018 de <https://www.who.int/airpollution/infographics/es/>
- Organización Mundial de la Salud. (2019). Los efectos sobre la salud. *Departamento de salud pública, medio ambiente y determinantes sociales de la salud*. Recuperado el 22/10/2018 de http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/health_impacts/es/
- Pelmorex Weather Networks. (2019). *El Tiempo.es*. Recuperado 10/10/2018 de https://en.eltiempo.es/calidad-aire/malaga#pollution_table
- Planelles, M. (2018). Las emisiones mundiales de CO2 crecen y vuelven a marcar un récord. *El País*. Recuperado el 15/10/2018 de https://elpais.com/sociedad/2018/12/05/actualidad/1544012893_919349.html
- PubNub. (2019). Realtime Google Maps Geolocation Tracking with JavaScript. *PubNub*. Recuperado el 15/10/2018 de <https://www.pubnub.com/tutorials/javascript/mapping-javascript-tracking/>
- R.L. (2018). El distrito Este, libre de contaminación según las últimas mediciones de calidad del aire. *Málaga Hoy*. Recuperado el 22/11/2018 de https://www.malahoy.es/malaga/campanas-medicion-calidad-aire-distrito-este-contaminacion_0_1277272792.html
- Redacción. (2017). Contaminación ambiental: Qué es, tipos de contaminación, causas, consecuencias y soluciones. *Cumbre Pueblos*. Recuperado el 15/10/2018 de <https://cumbrepuebloscop20.org/medio-ambiente/contaminacion/ambiental/>
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2015). Mijn luchtkwaliteit. *Label A*. Recuperado 12/09/2018 de <https://www.luchtmeetnet.nl/>

- Sánchez Bayle, M., Martín, R., Villalobos Pinto, E. (2019). Impacto de la contaminación ambiental en los ingresos hospitalarios pediátricos: estudio ecológico. *Rev Pediatr Aten Primaria*.;21
- Schwarzmueller, M. (2018). VueJs 2 – The Complete Guide. *Udemy*. Recuperado el 01/09/2018 de <https://www.udemy.com/vuejs-2-the-complete-guide/?start=0>
- Serkonten. (2017). ¿Qué es la contaminación ambiental? Causas y efectos. *Serkonten*. Recuperado el 15/10/2018 de <https://www.phsserkonten.com/sanidad-ambiental/contaminacion-ambiental/>
- Sevillano, E.G., Sánchez. E. (2018). 15 millones de españoles respiran un aire que la UE considera insalubre. *El País*. Recuperado el 22/11/2018 de https://elpais.com/sociedad/2018/11/02/actualidad/1541163386_741132.html
- Shust, M. Build a twelve factor Nodejs app with docker. *Egghead*. Recuperado el 01/09/2018 de <https://egghead.io/courses/build-a-twelve-factor-node-js-app-with-docker>
- Site Beginner. (2019). How to Create a Cron Job (Scheduled Task) for Your Website. *Site Beginner*. Recuperado el 15/10/2018 de <https://sitebeginner.com/build/cronjob/>
- Triguero, N. (2017). Las principales causas de muerte en la provincia de Málaga. *Diario Sur*. Recuperado el 22/11/2018 de <https://www.diariosur.es/graficos/malaga/201702/28/principales-causas-muerte-provincia-212445035406-mm.html>
- UrbanClouds. (2015). App APPMosfera. Recuperado el 12/09/2018 de <https://appmosfera.me/>
- UrbanClouds. (2015). IUCA. Recuperado el 12/09/2018 de <https://urbanclouds.city/maps/map-interactivo-teselas-malaga.html>
- UrbanClouds. (2015). Smart Data Málaga. Recuperado 12/09/2018 de <http://smartdatamalaga.com/>
- Van den Elshout S. (2012). CAQI-Common Air Quality Index. *Cite air II*. Recuperado de el 10/09/2018 https://www.airqualitynow.eu/download/CITEAIR-Comparing_Urban_Air_Quality_across_Borders.pdf
- Varios Autores. Múltiples consultas. Npmjs. Recuperado el 10/09/2018 de <https://www.npmjs.com/>
- Varios Autores. Múltiples consultas. Stackoverflow. Recuperado el 10/09/2018 de <https://stackoverflow.com/>
- Varios Autores. Múltiples consultas. w3schools. HTML and CSS. Recuperado el 10/09/2018 de <https://www.w3schools.com/>
- Varios Autores. (2019). Ejemplos de gráficas 3Djs. Recuperado el 10/09/2018 de <https://bl.ocks.org/>
- World Air Quality. (2008). App aqicn. Recuperado el 10/10/2018 de <http://aqicn.org/city/spain/andalucia/malaga/el-atabal/>
- Yasmin, A. (2017). A CRUD app with Apollo, GraphQL, NodeJs, Express, MongoDB, Angular (v5). *Cloudboost blog*. Recuperado el 10/10/2018 de <https://blog.cloudboost.io/a-crud-app-with-apollo-graphql-nodejs-express-mongodb-angular5-2874111cd6a5>

Anexos

Anexo I. Publicación del software

Todo el código implementado se cuenta publicado en el repositorio privado GitHub bajo la carpeta `tfm_visa_unir` con una licencia MIT.

Es accesible con el usuario **visaper4** y contraseña **unir1819**

https://github.com/luzmo84/tfm_visa_unir

Además, el contenedor `storegeojson` también se encuentra publicado en el repositorio docker listo para ser instanciado.

<https://cloud.docker.com/repository/docker/luzmo84/storegeojson>

Ambos repositorios contienen referencias entre sí.

Anexo II. Base de datos. Ejemplos de documentos JSON

- Datos de las estaciones de medida. Documento JSON procesado

```
1. { geometry:
2.     type:"Polygon"
3.     coordinates:Array
4. last_measure:2018-10-09 08:03:59.000
5. properties:
6.     co_F_level:"good"
7.     pm1_F_level:"unhealthy-low"
8.     pm1_level:"unhealthy-low"
9.     no2_F:16
10.    no2:16
11.    co_level:"good"
12.    last_measure:"2018-10-09T06:03:59+00:00"
13.    pm1_F:6
14.    co:4
15.    o3_F:12
16.    o3_level:"good"
17.    pm25:10
18.    pm1:6
19.    pm10_F_level:"moderate"
20.    pm25_F_level:"moderate"
21.    pm25_F:10
22.    no2_F_level:"good"
23.    pm10_level:"moderate"
24.    co_F:4
25.    pm10:21
26.    o3:12
27.    pm10_F:21
28.    o3_F_level:"good"
29.    no2_level:"good"
30. type:"Feature"}
```

- Datos de localización del usuario

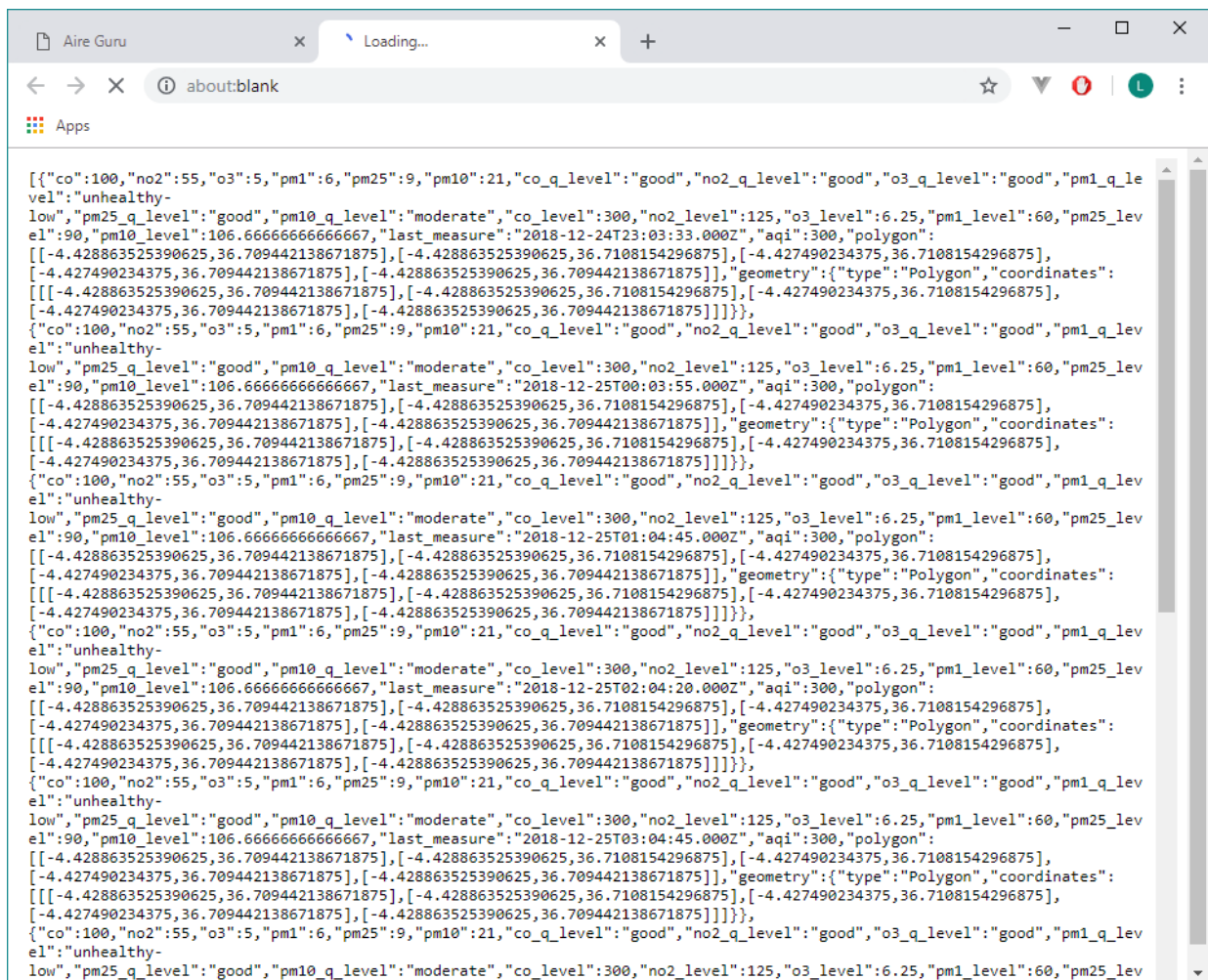
```
1. { "_id" : ObjectId("5c0683cd7146fe427c76b5be"),
2.   "timestamp" : ISODate("2018-04-11T17:54:31.100+02:00"),
3.   "polygon" : [
4.     [
5.       -4.494781494140625,
6.       36.6778564453125
7.     ],
8.     [
9.       -4.494781494140625,
10.      36.679229736328125
11.     ],
12.     [
13.       -4.493408203125,
14.       36.679229736328125
15.     ],
16.     [
17.       -4.493408203125,
18.       36.6778564453125
19.     ],
20.     [
21.       -4.494781494140625,
22.       36.6778564453125
23.     ]
24.   ],
25.   "uid" : "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX" }
```

- Medidas media diarias

```

1. _id: 5c067f540a36d433cb76bdcf
2. day:2018-10-01 00:00:00.000
3. uid:"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
4. geometry:
5.     coordinates:Array
6. last_measure:2018-10-01 00:00:00.000
7. properties:
8.     co:729.4615384615385
9.     no2:6.190476190476191
10.    o3:1.6542553191489362
11.    pm1:10.128205128205128
12.    pm25:14.21025641025641
13.    pm10:NaN
14.    co_level:"good"
15.    no2_level:""
16.    o3_level:""
17.    pm1_level:""
18.    pm25_level:""
19.    pm10_level:"good"
20. type:"Feature"
    
```

- Aire Guru. Nueva página con los datos exportados

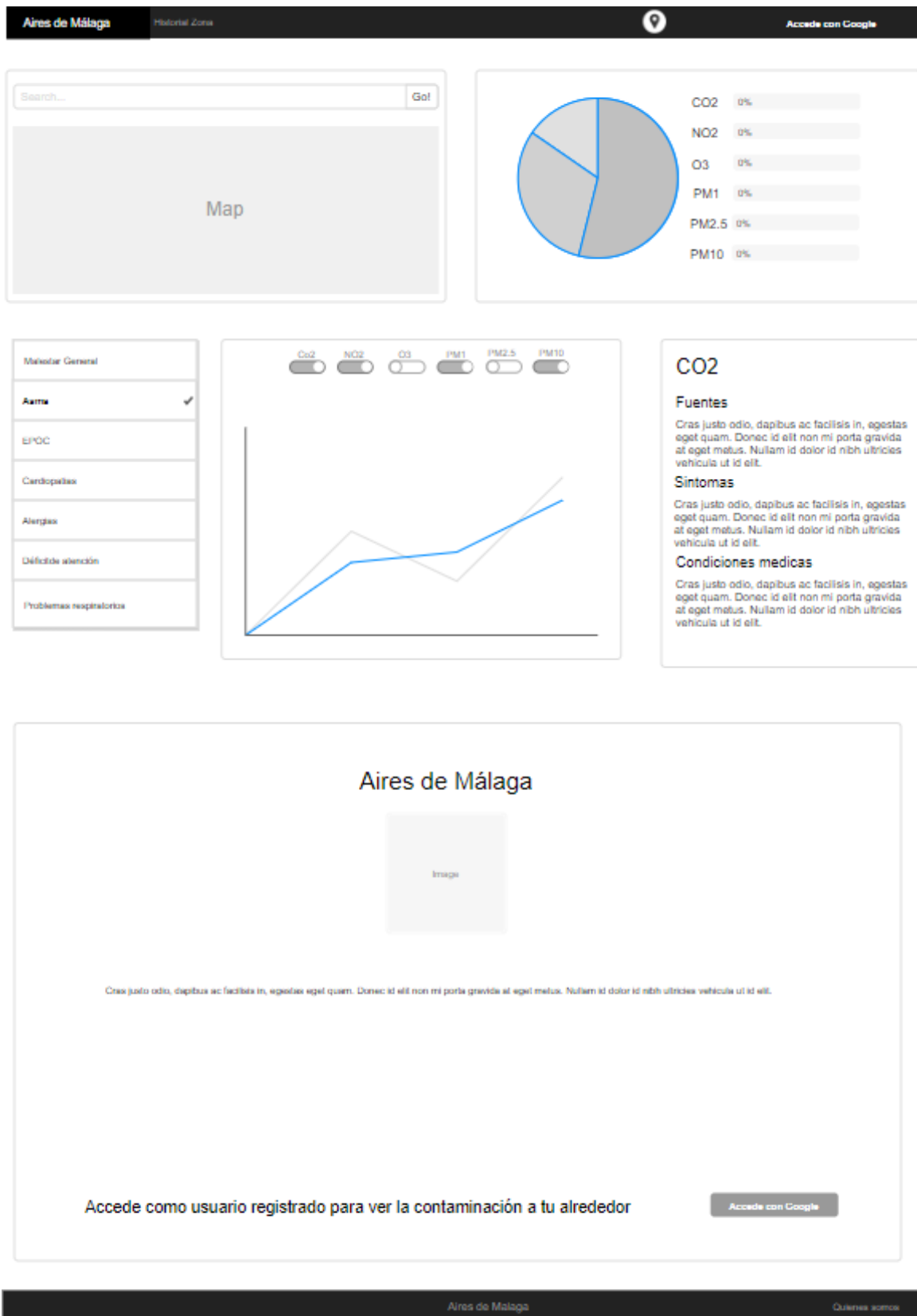


Anexo III. Herramientas

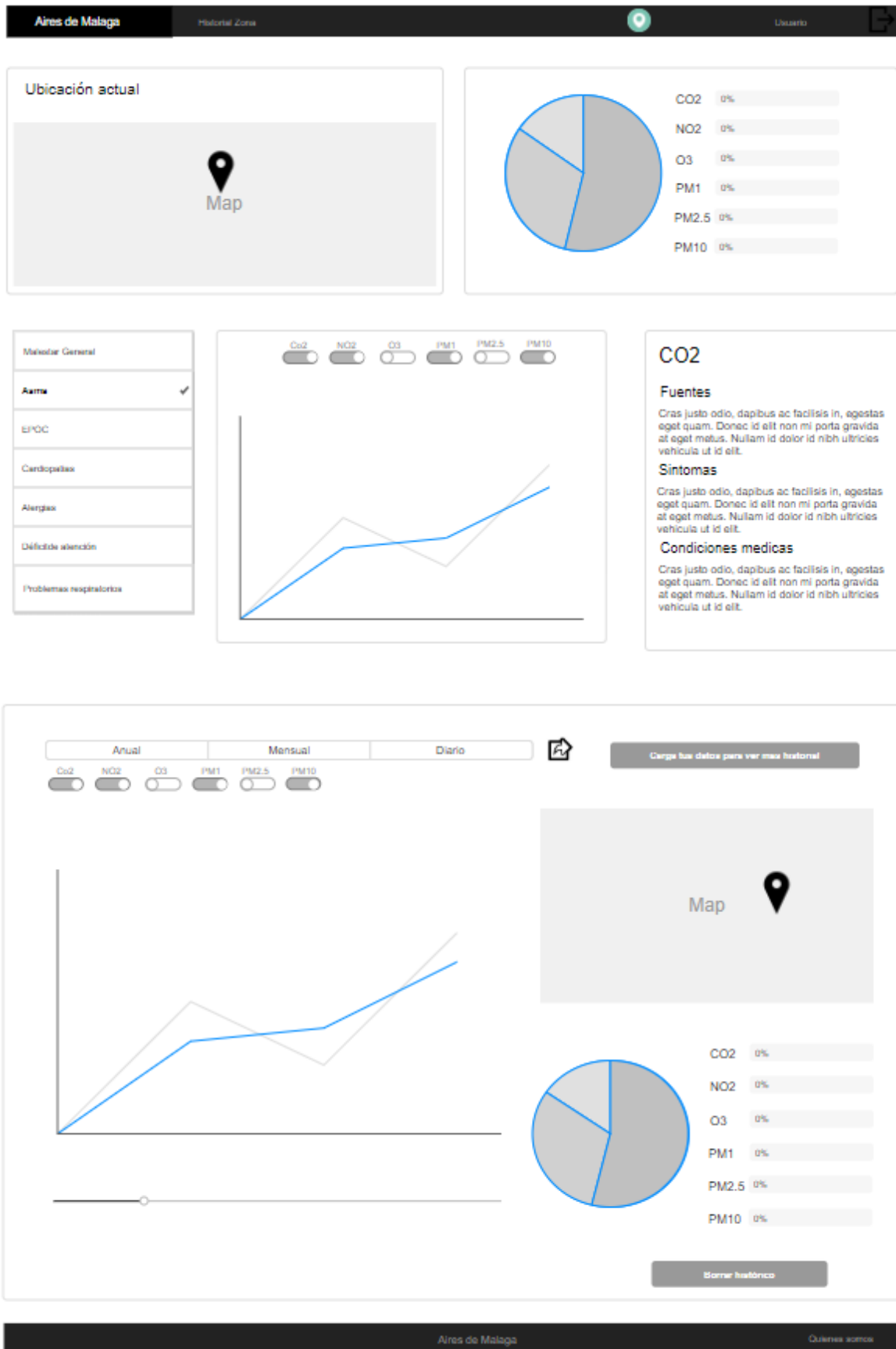
- Visual Studio Code.
Herramienta para implementación de software
<https://code.visualstudio.com/>
- Mongo Booster y Mongo Compas
Análisis y manipulación de datos en la base de datos MongoDB
<https://www.nosqlbooster.com>
<https://www.mongodb.com/products/compass>
- Tableau
Visualización y análisis de datos
<https://www.tableau.com/>
- Docker
Creación y manipulación de contenedores Docker
<https://www.docker.com/>
- Amazon web service.
Estancia para el almacenamiento periódico de datos. Herramienta de apoyo.
<https://aws.amazon.com>
- Excel y Word
Herramientas para la edición de texto, gráficas y manipulación de datos.
www.office.com
- Formateador de software. Listados
Herramienta web utilizada para crear los listados integrados en este documento.
<http://www.planetb.ca/projects/syntaxHighlighter/>
- FlexyFy
Simulador de teléfono móvil iPhone para la captura de imágenes.
<https://www.responsimulator.com>
- LinkScape, Drawio
Herramienta utilizada para la edición de imágenes
<https://inkscape.org/es/>
<https://www.draw.io/>

Anexo IV. Prototipos

- Página principal



- Historial personal



- Carga de datos

Aires de Málaga
Historial Zona

Usuario

Carga de archivo Google Timeline

Instrucciones

Cras justo odio, dapibus ac facilisis in, egestas eget quam. Donec id elit non mi porta gravida at eget metus. Nullam id dolor id nibh ultricies vehicula ut id elit.Cras justo odio, dapibus ac facilisis in, egestas eget quam. Donec id elit non mi porta gravida at eget metus. Nullam id dolor id nibh ultricies vehicula ut id elit.Cras justo odio, dapibus ac facilisis in, egestas eget quam. Donec id elit non mi porta gravida at eget metus. Nullam id dolor id nibh ultricies vehicula ut id elit.

Image

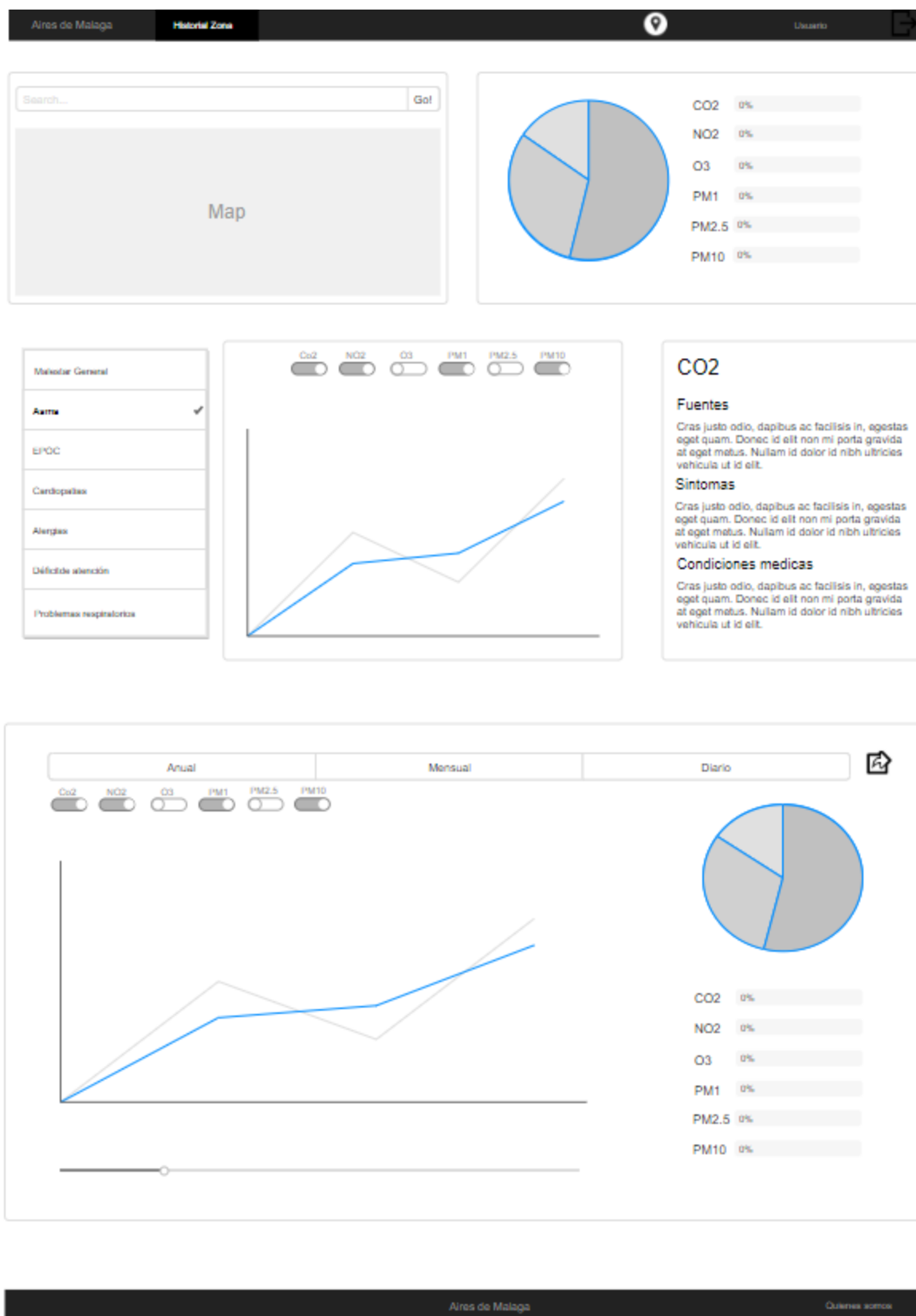
Image

Image

Cras justo odio, dapibus ac facilisis in, egestas eget quam. Donec id elit non mi porta gravida at eget metus. Nullam id dolor id nibh ultricies vehicula ut id elit.Cras justo odio, dapibus ac facilisis in, egestas eget quam. Donec id elit non mi porta gravida at eget metus. Nullam id dolor id nibh ultricies vehicula ut id elit.Cras justo odio, dapibus ac facilisis in, egestas eget quam. Donec id elit non mi porta gravida at eget metus. Nullam id dolor id nibh ultricies vehicula ut id elit.

Aires de Málaga
Quitar zona
Sitemap

- Historial de zona



Anexo V. Encuesta y resultados

- Opinión general de la web

1. Opinión general de la web

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

No me ha gustado nada Me ha encantado

2. Frecuencia de uso

Selecciona todos los que correspondan.

- Una vez
- Cada día
- Cada hora
- Otro: _____

3. ¿Volverías a usarla?

Marca solo un óvalo.

- No, nunca, no merece la pena
- No, no me interesa la calidad del aire
- No, conozco una web mejor
- Raramente
- Sí, ocasionalmente
- Sí, continuamente. Me gustaría poder usar la web en mi día a día
- Otro: _____

4. Comprensible

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

No he entendido como funciona Es fácil e intuitivo

5. Información

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Le falta información La información es muy completa

6. Comentario

Valoración	Frecuencia de uso	¿Volverías a usarla?	Comprensible	Información
4	De vez en cuando	Sí, ocasionalmente	5	5
4	Cada día	Sí, continuamente. Me gustaría poder usar la web en mi día a día	3	3
5	Cada día	Sí, ocasionalmente	5	5
5	Una o dos veces por semana	Sí, ocasionalmente	5	4
5	Una vez	Sí, ocasionalmente	4	5
5	Cada día	Sí, continuamente. Me gustaría poder usar la web en mi día a día	5	5
3	Una o dos veces por semana	Sí, ocasionalmente	4	4
4	Cada día	Sí, ocasionalmente	3	4
4	De vez en cuando	Sí, ocasionalmente	3	4
4	Cada día	Sí, ocasionalmente	4	4
5	De vez en cuando	Sí, continuamente. Me gustaría poder usar la web en mi día a día	4	5
5	Una o dos veces por semana	Sí, ocasionalmente	5	5
5	Una o dos veces por semana	Sí, ocasionalmente	5	5
NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	4

La información es clara y comprensible, aunque quizás se podría simplificar más haciendola más interactiva o añadiendo un asistente en pantalla.

La conocí y ya la uso a diario. Me encanta!

Me ha parecido una web recomendable para consultar de forma ocasional y bajo necesidad de saber datos referentes a zonas en las que estas normalmente o las que quieres hacer estancias largas en el futuro. Es bueno saber los efectos que te puede producir la contaminación ambiental y que muchos problemas que tenemos como mareos o dolores de cabeza, pueden estar relacionados directamente con el aire que respiramos a diario.

Me ha parecido una aplicación muy intuitiva, fácil de usar y útil para tener a mano información en tiempo real del aire que respiramos en nuestra zona.

La información de las medidas no está actualizada

- AQI – Índice de calidad del aire

AQI - Índice de calidad del aire

7. He entendido que es el AQI y la diferencia de los niveles

Selecciona todos los que correspondan.

- Sí, esta claro
- Sí, después de consultar 'Cálculo del AQI' en la página de ayuda
- Sí, he consultado la página oficial del índice europeo de calidad del aire
- No, incluso después de consultar 'Cálculo del AQI' en la página de ayuda
- No, no he encontrado la sección de ayuda con esta información
- Otro: _____

8. Comentario

He entendido que es el AQI y la diferencia de los niveles
Sí, después de consultar 'Cálculo del AQI' en la página de ayuda
Sí, después de consultar 'Cálculo del AQI' en la página de ayuda
Sí, después de consultar 'Cálculo del AQI' en la página de ayuda
Sí, está claro
Sí, después de consultar 'Cálculo del AQI' en la página de ayuda
Sí, está claro
Sí, está claro
Sí, después de consultar 'Cálculo del AQI' en la página de ayuda
Sí, después de consultar 'Cálculo del AQI' en la página de ayuda
Sí, después de consultar 'Cálculo del AQI' en la página de ayuda
Sí, después de consultar 'Cálculo del AQI' en la página de ayuda
Sí, está claro
Sí, está claro
Sí, he consultado la página oficial del índice europeo de calidad del aire

- Mapa de emisiones

Mapa de emisiones

9. Me resulta fácil navegar por el mapa

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

No entiendo como funciona Sí, muy fácil

10. Colores sobre el mapa

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

No entiendo qué significa cada rectángulo Tengo claro qué significa cada rectángulo

11. Mi ubicación

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

No quiero compartir mi ubicación Me resulta muy útil que muestre el punto exacto donde estoy

12. Comentario

Me resulta fácil navegar por el mapa	Colores sobre el mapa	Mi ubicación
4	5	5
5	5	4
5	5	4
5	5	5
5	5	5
5	5	5
3	4	4
3	4	2
4	4	5
3	3	5
5	5	5
5	5	5
4	5	5
5	5	4

Faltaría más zonas donde se reflejara la calidad de aire,vivo en un pueblo cerca de malaga capital y no aparece ningun marcador...estaria bien que se ampliaran las zonas

Creo que tener que usar los dos dedos para moverse es más complicado que si se puede hacer con uno

Realmente ver la contaminación de mi ubicación, no es lo más importante ya que realmente mi uso de la web será para consultar zonas a las que ir previamente de hacerlo. Por ejemplo, si busco un colegio para mis hijos o zona nueva para mi mudarme y veo que es una zona indices altos de contaminación, será un punto negativo a la hora de elegir centro.

• Índice de calidad del aire

Índice de calidad del aire

Información detallada sobre el rectángulo seleccionado en el mapa

13. Información del AQI

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

No me resulta claro Lo entiendo de un simple vistazo

14. Iconos - nubes para representar el AQI

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

No representan el AQI de manera clara Me ayudan a entender el AQI

15. Porcentajes de contaminantes en el AQI

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

No lo entiendo Es interesante saber que porcentaje ocupa cada contaminante en el AQI general

16. El gráfico de barras apiladas es claro

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

No Totalmente

17. Información detallada de los contaminantes

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

No lo entiendo Me queda claro los niveles de µg/m3 y los AQI individuales

18. Datos

Selecciona todos los que correspondan.

- No son actuales
- Deberían actualizarse con más frecuencia
- Frecuencia de actualización adecuada

Información del AQI	Iconos - nubes para representar el AQI	Porcentajes de contaminantes en el AQI	El gráfico de barras apiladas es claro	Información detallada de los contaminantes
3	3	4	3	5
3	3	3	5	4
4	4	5	4	5
5	4	5	5	5
4	5	5	5	4
5	5	5	5	5
4	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	4	5	4
3	3	3	4	5
5	5	5	5	4
5	5	5	5	5
5	5	4	5	5
5	4	3	4	4

Datos
Frecuencia de actualización adecuada
Frecuencia de actualización adecuada
Frecuencia de actualización adecuada
Frecuencia de actualización adecuada
Deberían actualizarse con más frecuencia
Frecuencia de actualización adecuada
Deberían actualizarse con más frecuencia
Deberían actualizarse con más frecuencia
Frecuencia de actualización adecuada
Frecuencia de actualización adecuada
Frecuencia de actualización adecuada
Frecuencia de actualización adecuada
Frecuencia de actualización adecuada
No son actuales, Deberían actualizarse con más frecuencia

- Filtrado de emisiones del área seleccionada

Filtrado de emisiones del área seleccionada

19. El gráfico de barras es claro

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

No Totalmente

20. Filtrado por componentes

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

No lo entiendo Es muy útil

21. Selección por condición médica

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

No lo entiendo Me resulta muy útil

22. Información extendida sobre el AQI

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Demasiado texto Es muy informativo

23. Comentario

El gráfico de barras es claro	Filtrado por componentes	Selección por condición médica	Información extendida sobre el AQI
5	3	4	5
5	4	5	3
5	5	5	4
5	5	5	5
4	4	5	5
5	5	5	5
5	4	5	4
4	4	4	4
5	3	3	4
5	5	5	4
5	5	5	5
5	5	5	5
4	4	4	5
4	3	4	3

Se entiende muy bien, pero quizá si se pudiera acortar sería más fácil. Cuando hay mucho texto me da pereza leer

Me ha dado la impresión de que algunas gráfica de barran se pisan unas y otras

• Historial

Historial

Opciones comunes para el historial de zona y personal

24. El gráfico de líneas es claro

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5
 No Totalmente

25. Puntos sobre las líneas

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5
 No se que significa Esta claro

26. Información detallada

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5
 No lo entiendo Lo entiendo perfectamente

27. Uso de los controles de tiempo, calendario

Selecciona todos los que correspondan.

No lo entiendo
 Lo entiendo pero me resulta difícil
 Lo entiendo y me resulta fácil
 Otro: _____

28. Exportar

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5
 No le encuentro sentido Me resulta muy útil

29. Comentario

El gráfico de líneas es claro	Puntos sobre las líneas	Información detallada	Exportar	Uso de los controles de tiempo, calendario
4	4	5	3	Lo entiendo y me resulta fácil
5	5	5	4	Lo entiendo y me resulta fácil
5	5	4	4	Lo entiendo, pero me resulta difícil
5	4	5	5	Lo entiendo y me resulta fácil
4	5	5	4	Lo entiendo y me resulta fácil
5	5	5	5	Lo entiendo y me resulta fácil
5	5	5	2	Lo entiendo y me resulta fácil
4	4	3	4	Lo entiendo, pero me resulta difícil
3	3	3	3	No he probado esta funcionalidad al no resultarme útil para la funcionalidad que le doy a la web
5	4	5	3	Lo entiendo y me resulta fácil
5	5	5	5	Lo entiendo, pero me resulta difícil
5	5	5	1	Lo entiendo y me resulta fácil
5	5	5	3	Lo entiendo y me resulta fácil
4	4	4	3	Lo entiendo, pero me resulta difícil

- Para qué quieres exportarlo si ya lo tienes en esa aplicación?
- No he probado esta funcionalidad al no resultarme útil para la funcionalidad que le doy a la web
- No he podido evaluar la exportación por que al presionar el botón me ha enviado a una página en blanco si ningún resultado: "about:blank"

- Historial personal

Historial personal

30. Comprensible
Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

No lo entiendo Me resulta muy útil

31. Importar cronología de Google
Selecciona todos los que correspondan.

No entiendo para que sirve

Después de leer las instrucciones lo entiendo, pero no me resulta útil

Después de leer las instrucciones, lo entiendo y resulta útil

Es intuitivo y muy interesante

32. Comentario

Comprensible	Importar cronología de Google
3	No entiendo para que sirve
5	Después de leer las instrucciones, lo entiendo y resulta útil
5	Después de leer las instrucciones, lo entiendo y resulta útil
5	Es intuitivo y muy interesante
5	Después de leer las instrucciones, lo entiendo y resulta útil
5	Es intuitivo y muy interesante
5	Después de leer las instrucciones, lo entiendo y resulta útil
4	Después de leer las instrucciones, lo entiendo y resulta útil
3	
4	Después de leer las instrucciones, lo entiendo y resulta útil
5	Después de leer las instrucciones, lo entiendo y resulta útil
5	Es intuitivo y muy interesante
5	Es intuitivo y muy interesante
4	Después de leer las instrucciones lo entiendo, pero no me resulta útil

No es del todo intuitivo el exportar la cronología, pq no puedes hacerlo desde el móvil y no lo especifica en las instrucciones. Si no es posible hacerlo desde el móvil al menos debería comentarlo

No he probado esta funcionalidad al no resultarme útil para la funcionalidad que le doy a la web

- Identificación

Identificación

Identificación mediante la cuenta de Google

33. Conectarse mediante la cuenta de Google

Selecciona todos los que correspondan.

- No me gusta usar mi cuenta de Google
- No tengo cuenta de Google, preferiría otra plataforma como Facebook
- Me gusta más utilizar mi cuenta de Google que crear un perfil
- Preferiría crear un perfil nuevo para esta página
- Otro: _____

34. Identificarse

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
No me gusta identificarme	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Me gusta tener mi historial personal

35. Comentario

Conectarse mediante la cuenta de Google	Identificarse
No tengo cuenta de Google, preferiría otra plataforma como Facebook	5
Preferiría crear un perfil nuevo para esta página	2
Preferiría crear un perfil nuevo para esta página	4
Me gusta más utilizar mi cuenta de Google que crear un perfil	5
Preferiría crear un perfil nuevo para esta página	5
Me gusta más utilizar mi cuenta de Google que crear un perfil	5
Me gusta más utilizar mi cuenta de Google que crear un perfil	5
No me gusta usar mi cuenta de Google	1
Me gusta más utilizar mi cuenta de Google que crear un perfil	3
Me gusta más utilizar mi cuenta de Google que crear un perfil	2
Preferiría crear un perfil nuevo para esta página	3
Me gusta más utilizar mi cuenta de Google que crear un perfil	5
Me gusta más utilizar mi cuenta de Google que crear un perfil	3
No tendría problema en usa mí. cuenta ya de Google para crear un perfil	3

- Glosario

Glosario

36. Información

Selecciona todos los que correspondan.

- No resulta util
- Le falta información
- Es muy completa, la he consultado
- La consulto a menudo

37. Comentario

Información
Es muy completa, la he consultado
La consulto a menudo
Es muy completa, la he consultado
Es muy completa, la he consultado
Es muy completa, la he consultado
Es muy completa, la he consultado
Es muy completa, la he consultado
Le falta información
Es muy completa, la he consultado
Es muy completa, la he consultado
La consulto a menudo
Es muy completa, la he consultado
Es muy completa, la he consultado

Creo que es muy útil tener un glosario por si no entiendes alguna terminología. Quizá si desde donde aparece la palabra o icono pudieras hacer click directamente a la explicación del glosario, estaría muy bien

Muchos de los datos son muy antiguos.

La información mostrada es muy completa y aclara muchas dudas. La información mostrada en la web tiene muchos datos que no son comunes a los usuarios de a pié por lo que es muy recomendable dicho apartado. Uno de los enlaces no redirecciona a la explicación del apartado, sino que abre nuevamente la web principal.

Es útil, la consulto a veces

- Ayuda

Ayuda

38. Utilidad

Selecciona todos los que correspondan.

- No lo entiendo
- Es muy útil, pero no encuentro lo que busco
- Es muy útil
- Otro: _____

39. Comentario

Utilidad
Es muy útil, pero no encuentro lo que busco
Es muy útil
Es muy útil
Es muy útil
Es muy útil
Es muy útil
Es muy útil
Es muy útil
Es muy útil
Es muy útil
Es muy útil
Es muy útil
Es muy útil
Es muy útil
Es muy útil

- Me parece super util, la he utilizado para evitar hacer deporte los días que aparecía más contaminación
- La he consultado principalmente para bajarme la cronología de Google, el único fallo que le veo, como he dicho, es que no especifica que los pasos son solo para ordenador y no para móvil
- Esta muy bien explicado cada concepto.

- Opinión general

Lo que más me ha gustado

13 respuestas

Que tiene en cuenta las diferentes enfermedades junto con los índices de contaminación
Conocer las emisiones por zonas
La facilidad de uso
La función principal de la página es sí. Tener información tan detallada de la calidad del aire en un punto determinado a lo largo del tiempo me parece muy interesante y creo que puede resultar de gran utilidad en campos como la salud, el bienestar social o la investigación.
La buena iniciativa
El mapa en el que vas viendo los colores según la zona en la que te encuentras
Los gráficos y la representación en el mapa.
Poder consultar los índices de contaminación.
La posibilidad de usar mi ubicación
El mapa con las calidades de aire.
Me ha encantado ver representado por colores la calidad del aire en un mapa Google Maps
La utilidad. La información que se obtiene es aplicable a muchos campos.
La información sobre alergias

Lo que menos me ha gustado

10 respuestas

nada
La falta de mediciones con mayor periodicidad y en más puntos para tener datos más actualizados e históricos más completos.
Descubrirlo tarde
Quizá el glosario es demasiado amplio explicando, podría ser un poco más conciso
Los datos no están actualizados en la mayoría de los puntos.
Que hay muchas zonas en las que suelo estar en las que no había lecturas de la contaminación, pero imagino que la web utiliza los datos de los lectores disponibles y no puede influir en ello.
El icono cuando marcas una localización
Me ha gustado todo
Nada.
No está actualizado

He echado en falta....

9 respuestas

Faltan zonas ,sólo esta para Málaga capital,y hay pueblos que tienen contaminación por cercanía a la capital,y jo aparecen
múltiples ubicaciones, no solo en España
Un asistente virtual que sirva como guía.
Que al hacer click sobre los términos que no tenía claros su significado me llevara a su explicación.
Datos actualizados
N/A
No estoy especializado en el tema por lo que no se si faltaria algo
Quizá una interfaz más dinámica done el mapa sea aún más protagonista.
Más localizaciones

Lo que sobra...

4 respuestas

Expande esto a las grandes ciudades del mundo.
N/A
Creo que nada
Nada.

Recomendaciones y/o sugerencias

9 respuestas

Facilita la búsqueda en internet
Algunos retoques en el diseño para que se adapte mejor a todos los dispositivos.
Pues me gustaría tenerlo para todos lados, de manera mundial para poder ver el índice de contaminación e otras ciudades y países y poder compararlos y saber lo que voy a tener cuando viajo
La versión web aparece demasiado larga, con los gráficos muy grandes.
Ampliar las zonas en las de lectura cuando sea posible.
Ninguna por ahora
Hubiera preferido que en vez de utilizar Google Maps, utilizar OpenStreetMap
Nada.
Mejorar las actualizaciones

- Ayúdanos con las estadísticas

Ayúdanos con las estadísticas

Con estas preguntas nos ayudas a saber para qué tipo de población la herramienta es más útil

45. Edad

Selecciona todos los que correspondan.

- 0-15
- 15-20
- 20-30
- 30-40
- 40-50
- 50-60
- >60

46. Tengo una condición médica y le afecta la contaminación del aire

Selecciona todos los que correspondan.

- No
- Sí y ya lo sabía
- Sí, he descubierto con la herramienta que la calidad del aire me puede afectar

47. Interés sobre la calidad del aire

Selecciona todos los que correspondan.

- Nunca me ha interesado
- Me interesa pero nunca he buscado información sobre ello
- Me interesa y alguna vez he buscado información sobre ello
- Me interesa y he leído mucho sobre el tema
- Otro: _____

Edad	Tengo una condición médica y le afecta la contaminación del aire	Interés sobre la calidad del aire
15-20	No	Me interesa y alguna vez he buscado información sobre ello
30-40	Sí y ya lo sabía	Me interesa y alguna vez he buscado información sobre ello
30-40	No	Me interesa, pero nunca he buscado información sobre ello
>60	No	Me interesa y he leído mucho sobre el tema, Me interesa porque mi hijo tiene asma
30-40	No	Me interesa y alguna vez he buscado información sobre ello
30-40	Sí, he descubierto con la herramienta que la calidad del aire me puede afectar	Me interesa y he leído mucho sobre el tema
30-40	No	Me interesa, pero nunca he buscado información sobre ello
30-40	No	Me interesa y alguna vez he buscado información sobre ello
30-40	Sí, he descubierto con la herramienta que la calidad del aire me puede afectar	Nunca me ha interesado, Pero después de haber conocido esta web, consultaré bastante más a menudo los datos de contaminación.
40-50	No	Me interesa y alguna vez he buscado información sobre ello
30-40	Sí, he descubierto con la herramienta que la calidad del aire me puede afectar	Me interesa, pero nunca he buscado información sobre ello
30-40	No	Me interesa y alguna vez he buscado información sobre ello, Me interesa y he leído mucho sobre el tema
30-40	Sí, he descubierto con la herramienta que la calidad del aire me puede afectar	Me interesa y alguna vez he buscado información sobre ello
30-40	Sí y ya lo sabía	Me interesa y alguna vez he buscado información sobre ello