
This is the **published version** of the bachelor thesis:

Ruiz Delgado, Felipe; Ferrer Ramis, Carles, dir. Calidad de aire a nivel municipal.
2022. (1395 Grau en Gestió de Ciutats Intel·ligents i Sostenibles)

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/264099>

under the terms of the  license

Calidad de aire a nivel municipal

Felipe Ruiz Delgado

Resumen– La contaminación atmosférica se ha convertido en un tema recurrente y alarmante para las grandes potencias gubernamentales, nos hemos visto obligados a realizar nuevas normativas y políticas para poder analizar mejor la situación, surgiendo así nuevos estándares, valores e índices de manera específica en diferentes ramas; como la calidad del aire o la sensibilidad acústica, destinados al estudio en focos de emisión como son las ciudades. Aplicándolo al término de “Smart City”, hay que tener en cuenta el potencial ambiental que tiene una ciudad del futuro, analizando su sistema amplio, complejo y holístico permite incidir de forma más notable en las mejoras del medio ambiente, por ello instalar un marco de referencia destinado a la calidad del aire se convierte en una herramienta de gran importancia, por su función de transparencia y determinativa al transformar algo intangible a un valor de peligrosidad.

Palabras claves– Contaminación atmosférica, Smart City, índice, calidad del aire.

Abstract– Air pollution has become a recurring and alarming issue for the great governmental powers, we have been forced to make new regulations and policies to better analyze the situation, thus emerging new standards, values and indices specifically in different branches; such as air quality or acoustic sensitivity, intended for study in emission sources such as cities. Applying it to the term “Smart City”, we must take into account the environmental potential that a city of the future has, analyzing its broad, complex and holistic system allows it to have a more notable impact on improvements to the environment, therefore installing a framework of reference for air quality becomes a tool of great importance, due to its transparency and determination function by transforming something intangible into a dangerous value.

Keywords– Air pollution, Smart City, index, air quality.

1 INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción al estudio

La mejora en las ciudades y competición en innovación y desarrollo es un tema muy presente en las ciudades contemporáneas, especificando al ejemplo a nuestro ámbito de estudio, las ciudades cercanas o incluidas en áreas metropolitanas de grandes recursos y expectativas se ven envueltas en una constante cooperación u obligación de poderes administrativos mayores con cantidad de objetivos a cumplir, con la contaminación atmosférica por ejemplo, es clara la necesidad de evolución y mejora inmediata para poder contrarrestar y reducir los niveles de emisiones, aunque en el presente trabajo se centre en la calidad del aire, la contaminación acústica va de la mano como elemento importante en

este ámbito, por ello, se crea la necesidad gradual de aportar una respuesta a todo este conflicto. En el presente trabajo, se explicará y marcará el procedimiento de esta aportación, basándose en la calidad de aire como ejemplo de elemento de estudio en el ámbito de la contaminación, pudiendo servir como guía para descubrir más sobre este nuevo y difuso concepto. El presente trabajo contiene dos secciones principales; por un lado la sección relacionada con la calidad del aire, destinada a conocer de una manera más teórica el concepto, las características y los elementos más destacables, en cuanto al resto del trabajo, se trata de un desarrollo más personificado en cuanto al ámbito de estudio en Gavà, primeramente un breve contexto existente en el municipio para posteriormente desarrollar la propuesta del marco de referencia para el municipio, abarcando todos los puntos importantes a considerar, destacar y mostrar para conseguir los objetivos.

- E-mail de contacto: 1529503@uab.cat
- Trabajo tutorizado por: Carles Ferrer Ramis (Àrea d'Arquitectura i Tecnologia de Computadors)
- Curso 2021/22

1.2. Motivación del tema

La decisión de tomar esta temática para el trabajo surge a raíz de la oportunidad que tuve en relación con mis prácticas externas del grado, donde tuve la oportunidad de hacer reuniones y adentrarme en la dinámica y ámbito de trabajo en el ayuntamiento de mi ciudad y ámbito de estudio, Gavà. En esta experiencia tuve la oportunidad de observar de manera interna la visión de evolución de ciudad inteligente, de poder acceder a todo el funcionamiento y recaudación de datos en el ámbito del medioambiente y la sostenibilidad, que es uno de los más interesantes desde mi punto de vista. Estas prácticas me dieron la oportunidad de aprender y saciar mi curiosidad en la temática, ya que me permitieron acercarme a los propios responsables del departamento de medioambiente, donde me sorprendí al ver la poca importancia y consideración que existía hacia los datos referentes a la contaminación atmosférica, una temática muy preocupante en el presente.

1.3. Objetivos

Los objetivos del presente estudio vienen marcados por las complejidades que presenta el campo de la sostenibilidad y las propuestas de mejora a nivel municipal basándose en; la falta de entendimiento y valor a los datos de contaminación, dificultando el conocimiento del estado del municipio para llegar a conclusiones necesarias en la previa a la realización de una mejora ambiental. Por ello, el presente trabajo se planteó para intentar aportar soluciones, concretamente en los datos de contaminación de aire recaudados a nivel municipal, con el objetivo principal de tratar de establecer un marco de referencia de un sistema de monitorización de estaciones de calidad de aire en el municipio de ejemplo de estudio Gavà, con el enfoque de dar a conocer la importancia en el resultado y en el procedimiento, personificando cada fase y punto en el proceso según el ámbito de estudio y con la limitación de las características de un municipio como Gavà, centrado en 3 puntos del sistema; un buen registro de estaciones y determinar las ubicaciones de manera reflexionada y justificada, explicar de manera clara y con demostración la representación de los datos, y contemplar resultados reales, lógicos y personalizado para Gavà, teniendo en cuenta el estado actual y los hipotéticos resultados de datos que se podría recibir. Por lo tanto, además de especificar y mostrar el marco de referencia en el ámbito para Gavà con los valores y enfoques mencionados, la idea principal del presente trabajo es buscar la respuesta de como implementarlo y que ventajas se obtendría en el municipio. En cuanto a otros objetivos fuera del pilar principal que sería el marco de referencia, y por lo tanto secundarios, entrarían; dar a conocer, valorar y determinar el difuso concepto de la calidad del aire y proceder a concretar el concepto y propuesta de índice con todo lo que engloba, también mostrar vías por parte de los resultados a la hora de mejorar y ofrecer datos a la ciudadanía, para así, poder romper con el desinterés y dificultad de no ofrecer al público datos, en especial de contaminación, aprender los motivos que deciden donde se ubica las estaciones de captación y por último, indagar de manera profunda la situación interna en Gavà sobre la temática de la contaminación.

2 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

2.1. El concepto de calidad de aire

El concepto de calidad del aire es relativamente reciente y difuso, ya que esta nueva definición de medición había sido mencionada como contaminación atmosférica, realmente la calidad del aire proviene teóricamente como elemento de la contaminación atmosférica, pero este concepto coge fuerza al empezar a utilizarse con relación a la respuesta a una solución al término “exposición humana” a los contaminantes ambientales. Por ello, es importante explicar primero en que consiste la contaminación atmosférica, para entender el origen de la respuesta que intenta ofrecer la calidad del aire. La contaminación en el aire se entiende como la liberación artificial a la atmosfera de sustancias o energía que como consecuencia causa efectos adversos tanto en la población como al medioambiente, ya que la exposición a estas sustancias que se establecen en la atmósfera, repercuten negativamente en la salud. Según la OMS, la contaminación atmosférica se define como “la situación en la cual la atmósfera exterior contiene una concentración de materiales que son perjudiciales para el ser humano y su entorno”. La consideración del aire como elemento básico y primario del medio natural, demuestra la importancia de la necesidad de preservarlo y protegerlo, junto la considerada atención en las repercusiones negativas en la salud, dan pie a unas respuestas políticas inmediatas para poder remediar y combatir la situación, de esta manera se introduce como justificación a todo este paradigma, el término de calidad del aire, aplicado históricamente a la planificación territorial. En el ámbito de la planificación física, la calidad puede referirse a cualquier medio natural en general, este se entiende como el grado de excelencia, pudiendo valorar la esencia para que su estructura se conserve. Esta valoración del medio exigiría un estudio detallado de cada uno de los componentes, o bien, separar los aspectos que engloba, para referirse así de una manera más específica a cada uno en concreto como, por ejemplo, la calidad del paisaje, de la fauna, del agua, del aire, etc.

2.2. Causas y consecuencias en la ciudadanía

Las normas europeas definen como contaminante toda sustancia presente en el medio ambiente que pueda tener efectos nocivos para la salud humana o el entorno, por este concepto, la contaminación en el aire podría considerarse como el exceso de sustancias presentes en mayores cantidades de las habituales en el aire atmosférico o en el aire ambiente, la presencia de estas sustancias genera daños a la salud de las personas, plantas, animales o ecosistemas. Los focos de emisiones de sustancias nocivas, siempre han sido las ciudades, ya que es donde generalmente, se concentra las grandes consumiciones de energía, las cuales expulsan sustancias en consecuencia, existe la posibilidad de separar y calificar los contaminantes, en diferentes grados de importancia o de causa, pero la culpabilidad de las ciudades y del ser humano en este fenómeno, obliga a ofrecer una respuesta inmediata, englobando todos los matices de la contaminación, reflejándose así el rol importante de las ciudades en el futuro del planeta. El efecto negativo que tiene este fenómeno lo convierte en una de las más impor-

tantes prioridades mundiales en salud, pese a que todavía se desconoce con certeza todos los efectos que puede llegar a realizar en nuestro cuerpo, se conocen que los efectos por la exposición son múltiples, pudiendo llegar a ser afectaciones al sistema respiratorio y cardio circulatorio. Otras consecuencias que se pueden apreciar son en el clima, debido a la concentración de diversos elementos en la parte más alta de la atmosfera, se produce un aumento de temperatura a raíz de la radiación que estos producen con el contacto de la luz solar, también podemos ver neblinas de contaminación y deterioro de los paisajes naturales.

2.3. Índices de calidad del aire

Entre todos los enfoques de definición de calidad del aire, el punto principal va destinado a calificar el estado del aire, poder determinar el grado de excelencia del ambiente o en lo que, según varios análisis, sería teóricamente el rango en el cual debería encontrarse el estado de la atmosfera, pero teniendo en cuenta todas las sustancias que contiene nuestro aire actual, la falta de información en la materia convierte este trabajo en algo muy complejo y todavía algo desconocido, para poder concluir unos valores universales por parte de nuestros dirigentes políticos, expertos y de los propios ciudadanos. La herramienta del índice de calidad del aire es imprescindible para poder determinar, después del estudio y calificación del estado ambiente, las necesidades y respuestas para combatir la contaminación atmosférica, ya que de esta manera se puede justificar y estimar el grado de peligro en cuanto a los efectos que pueda causar el aire en nuestra salud, propiciando que, debido a su importancia, se generen varias propuestas de indicadores alrededor del mundo. Estos indicadores reflejan la concentración de los contaminantes individuales conformes a una escala común, valor individual para cada sustancia debido a diversos factores, en su mayoría centrándose en la repercusión en la salud humana. Para su cálculo se utilizan las medidas obtenidas por las redes de calidad de aire, que se convierten en índices a través de transformaciones digitales y métodos computacionales comunes de las inteligencias artificiales, las cuales difieren de unos países a otros. Siguiendo la visión de propuesta de metodología general, se pueden distinguir 3 fases en la elaboración y difusión de un índice de calidad del aire (Shooter and Brimblecombe, 2009):

- Primero, se miden las concentraciones de contaminantes potenciales, mediante analizadores en tiempo real, estos contaminantes son normalmente los que se asocian a un efecto negativo sobre la salud a corto plazo, ya que los que generan efectos negativos a largo plazo se analizan más a nivel experimental.
- Segundo, se calcula el índice de calidad de aire a partir de la referencia de objetivos de calidad locales o nacionales.
- Por último, el índice se dispone a disposición al público o para uso privado de otros programas, se suele utilizar diversos tipos de medios para ello. Esta visión también comenta la importancia de diversos elementos que deben tener estos índices, estos deben de ser consistentes, simples, versátiles y flexibles, además de proporcionar la información de manera clara con escalas, términos o colores, junto a un valor redondeado, simple, evitando que sea un resultado largo, complejo y pesado de entender.

3 ANÁLISIS DEL CONOCIMIENTO ACTUAL

3.1. Contexto situacional de Gavà en el ámbito de recaudación de datos

La cantidad y capacidad de datos e información sobre el estado real del municipio de Gavà, es actualmente bastante limitada, ya que sin necesidad de indagar mucho, en el portal de datos abiertos proporcionados por el ayuntamiento de Gavà, vemos que la base de datos proporcionada es bastante escasa. Para adentrándonos más a las infraestructuras y herramientas existentes, además de datos de captación de elementos o factores contaminantes, tenemos que tener en cuenta que hay que puntualizar que la contaminación atmosférica no se centra en la captación del estado del aire, existen otros factores, donde por parte de la Generalitat y los agentes públicos pertinentes ya han mostrado su preocupación en la falta de marcos de referencia en dos datos concretos, el ruido y la calidad del aire, iniciando en 2018 por parte de la Generalitat un nuevo cargo de Calidad Ambiental y Cambio Climático en el Departamento de Territorio y Sostenibilidad, teniendo como programa principal proporcionar de herramientas de sensores de bajo coste alrededor de toda el Área Metropolitana de Barcelona. Con toda esta información, además de información que me han ofrecido desde el mismo Departamento de Ambientales de Gavà, actualmente la ciudad solo tiene un único sensor, en este caso de calidad del aire, proporcionado por el gobierno de la comunidad autónoma, donde hablaríamos de un sensor de calidad baja y datos que no son tratados por el mismo gobierno municipal, sino por la Generalitat y la European Environment Agency.

3.2. ¿Por qué es insuficiente?

En el caso de Gavà, analizando el terreno y también tomando ejemplo de municipios de su semejanza, que ya están tomando iniciativas, podríamos considerar que la capacidad actual de captación de calidad de aire es insuficiente en Gavà, teniendo en cuenta la importancia que puntualiza las normativas estatales y europeas y el poco margen de análisis y actuación por parte del gobierno municipal. Gavà es un municipio rico en terreno, ya que tiene mucho tipo de suelo y núcleos diferentes, podríamos considerar que la ciudad tiene varias áreas fácilmente diferenciadas, destinada a actividades y con características diferentes, poniendo ejemplos mencionaríamos la zona marítima o Gavamar, el núcleo urbano, la zona forestal con barrios dispersos y una considerable zona industrial, por lo que un municipio con tanta diversidad territorial, según los expertos en urbanismo once núcleos diferentes, y con una extensión de $30,76\text{km}^2$, no puede abarcar todo el estado a tiempo real con un único sensor. Haciendo una breve comparación con un municipio similar y cercano me topé con el caso de Viladecans, este municipio ha realizado varias inversiones e iniciativas estos últimos años, posicionándose potencialmente como uno de los municipios más avanzados en el mundo de las ciudades inteligentes en Cataluña. Viladecans es un municipio colindante a Gavà, con una superficie inferior, alrededor de unos $20,06\text{km}^2$, ya contiene dos sensores de calidad de aire en un núcleo urbano mucho más compacto y menos diversificado que Gavà, incluyendo también un sistema moni-

zando muy completo de captación de ruido con un total de diez sonómetros y una estación meteorológica propia, conformando un global de análisis medioambiental de trece actuadores en total, aparte de todo el avance en la transparencia y transversalidad de datos, punto muy débil en Gavà y también destacándose por los programas en infraestructuras públicas, teniendo la oportunidad en el Smart Cities World Congress para ofrecer su conocimiento en la propuesta de una biblioteca inteligente.

4 MARCO DE REFERENCIA: SISTEMA MONITORIZADO DE CAPTACIÓN DE ÍNDICES DE CALIDAD DE AIRE

4.1. Determinar los índices en el ámbito de estudio

Dado a la situación geográfica, Gavà está sometida bajo a unas políticas y normas divididas en diferentes niveles administrativos, en el caso del ámbito de evaluación de la calidad de aire existen tres propuestas de índices de rango de calidad, estos son a nivel mundial o continental, a nivel estatal y a nivel autonómico, siendo el enfoque en la importancia de los elementos y sustancias en el aire ambiente muy similar, pero variando la representación de estos según la escala a nivel geográfico que se considere.

- Air Quality Index (AQI), es un índice utilizado por diversas agencias gubernamentales para cuantificar y comunicar al público la calidad del aire. Este rango de evaluación fue propuesto por la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos, actualmente es la utilizada para indicar los índices a nivel mundial, siendo la base de otros a niveles más reducidos como a nivel estatal, adaptando una serie de estándares y características a esta propuesta base, actualmente en Europa no existe un indicador del estado del aire propio, por lo tanto el mismo AQI es el utilizado y aceptado según los agentes gubernamentales europeos.

- Índice de Calidad de Aire (ICA), representado en el seminario IV sobre la calidad de aire en España celebrado en Sitges en el año 2000, indica los valores adaptados a las características en función del territorio español para la correcta implementación normativa. En la práctica, diversas Comunidades y municipios utilizan este índice, pese a que puede variar a lo largo de todo el territorio español, surgiendo a partir de este, otros tipos de índices reducidos a las características del territorio.

- Índice Catalán de Calidad del Aire (ICQA), este indicador fue implementado como sistema de información pública para la representación de los índices medidos por la Red de Vigilancia y Previsión de la Contaminación Atmosférica en Cataluña, este sistema fue proporcionado por el departamento de Medio Ambiente y Sostenibilidad de la Generalitat, con el objetivo de servir como herramienta que permita informar de forma más clara, directa y rápida a nivel del territorio catalán, reduciendo los rangos de peligrosidad para adaptarlos a las características de la zona. Teniendo en cuenta estos tres niveles óptimos para la representación de la peligrosidad del aire en Gavà, podemos considerar que los tres son válidos en este ámbito de estudio, ya que solamente cambiaría los rangos de valores de las concentraciones, adaptándose a un territorio, pero respetando los gases

considerados en cualquier caso, por lo que el ICQA será más concreto que el AQI en el caso de Gavà, simplemente cambiaría el uso del indicador según en el rango al que se quiera representar. Actualmente Gavà utiliza asiduamente el AQI para representar los valores de su único sensor, pese a que el uso es correcto, en el caso del marco de referencia, considero más óptimo comenzar a adaptar y utilizar el ICQA de cara a una representación abierta de datos y de estudio, aunque actualmente para cualquier estudio se utiliza y se representa con el más global.

El resultado del índice de calidad del aire se calcula a partir de cálculos de concentraciones de una serie de sustancias, captadas en tiempo real por las estaciones o sensores, este valor se mide en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pese a que los gases que se tienen en cuenta pueden variar según el país, los comunes en todo el mundo y que se contemplan en las normativas europeas y por lo tanto, son los gases que contemplamos en nuestro caso, son aquellos más abundantes y que tienen efectos en la salud a corto plazo, como lo son NO_2 , SO_2 y O_3 , el primero por ejemplo provocaría efectos negativos al cuerpo humano en 1 hora tras la exposición a una gran concentración, valores determinados de manera específica y clara según los límites y efectos a la salud, estos 3 gases pueden tener diferentes importancias, por ejemplo en España los más preocupantes son el NO_2 y el O_3 , ya que son los que se encuentran con mayor concentración en nuestro territorio. Complementando estos tres gases ya mencionados se añaden dos más, estos son valores más difusos, ya que a diferencia de los tres principales, estos agrupan varios elementos diferentes, estos son PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$, sustancias inferiores a $10\mu\text{m}$ y $2.5\mu\text{m}$, la importancia de estos es aglomerar las sustancias más pequeñas que existen en nuestro aire, que por esta peculiaridad, son peligrosas no por el tiempo a corto plazo, ya que normalmente tardan un día en hacer efecto, si no por poder introducirse de manera más fácil y profunda en nuestro sistema, también su caso se considerarían algo difuso por su dificultad de calcular, por su tamaño y no determinarse en una sustancia específica y de manera clara, puede alterarse con sustancias no nocivas para nosotros, como es el caso del PM_{10} con el polen, por lo que la época del año, la temperatura o humedad las altera fácilmente.

4.2. Registro de estaciones fijas

Un sistema de captación de datos del estado del aire para su posterior representación de resultados, necesita unas herramientas donde su función sea recibir la cantidad de sustancias nocivas que hay en el aire y con ello evaluar la condición del ambiente, así que por lo general, se realiza la aplicación de estaciones fijas repartidas por el territorio de manera estratégica para poder abarcar la máxima extensión del ámbito de estudio posible.

El primer paso en la planificación territorial es, por lo tanto, identificar las estaciones fijas utilizables en el territorio, teniendo en cuenta las características de este, y la fase o interés de estudio, además de las características del sensor o estación que se aplique. Por lo general, a la hora de aplicar un estudio local de la calidad de aire se considera que el rango por estación ronda los 15km^2 o 18km^2 . Aplicado al caso de Gavà, hay que considerar no solo lo anteriormente mencionado, sino también la cantidad de núcleos territoria-

les que hay en el municipio, entonces saldría la necesidad de registrar una gran cantidad de dispositivos en un territorio no tan extenso, por ello, considerando que existen barrios pequeños y aislados como Ca n'Espinòs o La Sentiu y una zona forestal bastante vasta, hay que descartar algunos núcleos para realizar un orden correcto de evolución del sistema, aplicando las mínimas estaciones necesarias a la ya existente, llegando a la conclusión de la necesidad de añadir tres estaciones fijas más, llegando a un total de cuatro. Para decidir su ubicación primeramente, hay que identificar la región que se quiere realizar el estudio, en este caso una región sería Gavamar, otra la zona industrial y las dos restantes en el núcleo urbano. El primer motivo sería por las condiciones e interés del territorio, descartando los núcleos que carecen de un interés de estudio profundo por motivos como la poca o nula densidad de población, añadiendo la falta de factores que pudieran perjudicar de alguna forma el estado de la atmósfera, como la concentración de vehículos o infraestructuras emisoras. También las cuatro estaciones cumplirían con las condiciones determinadas por parte del Departamento de Medioambiente de la Generalitat, estas concentran los objetivos de captación de una estación fija destinada a la calidad atmosférica en una visión de cuatro factores:

- Blancos, destinada al análisis del estado en una zona sin acciones contaminantes emitidas por el ser humano, un ejemplo podría ser una zona verde.

- Industrial, destinada al análisis de una zona con una actividad industrial alta y clara.

- Infraestructura, es decir una estación asociada al interés de la emisión contaminante por una infraestructura clara, como por ejemplo autopistas.

- Urbano, destinada a una zona residencial con mucha actividad por parte de la población. Dentro de estas visiones, hay un elemento importante en Gavà que ha sido descartado, concretamente en una de las zonas agrarias de Gavà, la cual se ve afectada por una infraestructura, la autopista C-32, pese a ser un factor importante en la emisión nociva a la atmósfera, se descarta por la ubicación, ya que está alejada de los puntos y regiones de interés residencial del municipio. Con todo esto, concluimos con las cuatro estaciones fijas repartidas por el territorio de Gavà:

- Estación de Gavamar, ubicada en el foco de actividad de la región, con un interés en la afectación residencial, siendo una zona claramente limitada, amplia y con mucha población, con características marítimas y diferentes al resto, cumpliendo de manera difusa con uno de los objetivos, ya que aunque no de manera clara, hay un interés de análisis de una infraestructura, que sería la afectación del Aeropuerto, ya que es el punto más cercano en el municipio y constantemente está afectada por el tráfico de aviones.

- Estación Industrial, dentro de todos los núcleos, pese a que Gavà no es una gran ciudad en actividad industrial, si contiene una región algo amplia y claramente diferenciada del núcleo urbano, con un destino completamente a la actividad industrial, ubicándola en el centro de la zona, ya que es dónde más fábricas y empresas se encuentran.

- Estación del sur del núcleo urbano, esta estación es la única existente, su ubicación se encuentra en el parque más grande del núcleo urbano de la ciudad, destinada por el mismo Departamento de Medioambiente de Gavà al objetivo blanco, enfocada al análisis del estado de la zona más verde

de todo lo que engloba la región residencial y urbana más densa.

- Estación del norte del núcleo urbano, ubicada en un punto importante en cuanto a la afectación viaria de la ciudad, ya que contempla el análisis de la zona de la Plaza Cataluña, Rambla, la estación de Renfe y la carretera comarcal, por lo que esta estación contempla la zona urbana más conflictiva y afectada en la contaminación atmosférica.

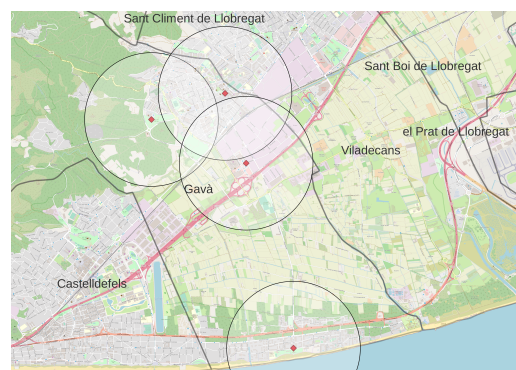


Fig. 1: Ubicación de las estaciones registradas

También se podrían considerar otras ubicaciones para sensores extra, en el caso que se necesitaran, como se ha mencionado, la selección de la cantidad de estaciones va destinada a una serie de características necesarias, una serie de condiciones que se deben tener en cuenta a la hora de poner los puntos de recaudación de índices, como se puede apreciar en la figura anterior, donde se representa la ubicación exacta de cada sensor y aproximadamente y de manera hipotética el rango que alcanzarían a captar de manera exacta, obviamente este rango es muy relativo, hay que tener en cuenta muchas situaciones, si la polución es demasiado adversa dificultaría la precisión de captación, también se pueden añadir efectos que alterarían el resultado, como la temperatura, las condiciones meteorológicas o la época del año, por este hecho, el rango de captación en el mapa, sería representado a baja escala, para ser más realista y específico en la utilidad que ofrecerían en cuanto al territorio ocupado. Por ello, hay que ser consecuente en el estado y la necesidad del municipio a la hora de decir la cantidad de estaciones, ya que supondría una necesidad de trabajo en mantenimiento y revisión mayor a medida que se aumenta la cantidad, teniendo en cuenta esto, y viendo que el estado actual en cuanto a inversión de Gavà en el ámbito, el paso siguiente sería añadir pocos puntos, simplemente para alcanzar a zonas de gran importancia, que serían las explicadas previamente, de igual manera, hay que tener en cuenta algunas zonas con un interés menor, pero que progresivamente se deberían tener en cuenta, que con esta propuesta se quedarían sin una captación y estudio exacto, y debido a las condiciones del municipio, el cual por características generales, no debería encontrar grandes problemas de contaminación a lo largo de todo su territorio, no entran en el plan inicial o prioritario.

Las zonas que se pueden apreciar de un interés algo menor, pero asequibles para su análisis en este ámbito y que no están en el rango de captación de los sensores y por ello, zonas alcanzables para una fase progresiva y gradual, se resumirían en tres; por un lado en Gavamar, no se alcanza a abarcar toda la zona urbana con un solo sensor, obviamente teniendo las características y elementos de interés de ser la

zona más cercana a una infraestructura conflictiva, además de ser una zona de actividad muy destacada no solo a nivel residencial, sino también a nivel económico, poner otro sensor complementario al único que se propone, sería una opción interesante y necesaria a considerar en el caso de aumentar la ambición del marco de referencia, de esta manera, toda la zona quedaría como zona de estudio; otra zona a destacar sería la pequeña región industrial colindante al municipio de Castelldefels, esta área no se contempla en un inicio, al ser bastante pequeña, de una actividad nada contaminante, ya que son en su totalidad oficinas, y bastante alejada del núcleo urbano, a diferencia de la otra zona industrial que si se contempla, de igual manera, podría ser un aumento gradual de abarcar más territorio, ya que si estaría afectado por las vías del tren; la última extensión sería la zona agraria de Gavà, esta región es bastante extensa, la cual poco a poco ha ido perdiendo importancia en la actividad global del municipio, por este hecho en un principio no se completa prioritario, ya que no reuniría todas las características necesarias para convertirse en una zona de estudio, igualmente sería necesario reflexionar en incluir esta área para no menospreciar su importancia y con la excusa de ser una de las zonas más cercanas a la entrada y salida de la autopista, en su defecto sería imposible alcanzar toda la extensión con esta premisa, y provocaría un dilema parecido al que se tiene con Gavamar con la propuesta inicial. Pese a que se argumenta claramente la difusa claridad y justificación de cara a incluir estas zonas en un plan prioritario de análisis, si sería interesante proponerlo como ámbitos de estudio temporal y en un futuro añadirlas a la red principal con estaciones fijas, obviamente no entrarían en el plan prioritario de red de monitorización con la propuesta de estudio temporal, pero si podría dar datos para estudios internos en momentos del año y situaciones interesantes. Respecto al resto del territorio, el cual no se contemplaría con ninguna de las dos propuestas, si podrían ser partícipes en estudios temporales y externos para su análisis de calidad del aire, pero en un marco de un sistema de monitorización de estaciones de calidad del aire, no cumplirían con prácticamente ninguna de las condiciones ni situaciones para justificar un análisis exhaustivo y constante como es el que se propone, a diferencia de las tres zonas de prioridad media, las cuales si se podría justificar de una manera algo más completa, estas zonas que podrían contemplarse en un estudio individual, corto y fuera del marco serían; el resto de la zona agraria y los tres barrios que se encuentran fuera del núcleo urbano; Ca n'Espinós, el Bruguers y la Sentiu, al fin y al cabo son barrios de poca cantidad de población, un poco ajenos a la actividad central del municipio y ubicados en la zona forestal de Gavà, la cual no tiene ningún sentido ni motivo incluirla en una inversión de estudio de contaminación, ya que su aportación es todo lo contrario, por lo tanto habiendo determinado esta clasificación en prioridad del territorio y relacionándolo con las inquietudes y previsión de emisiones y problemas contaminantes en el territorio, el marco de referencia debería centrarse en las zonas del plan prioritario, pese al dilema de no poder incluir todo el territorio, y si en su defecto, no fuera suficiente o se quisiera ser más ambicioso en un futuro, incluir las de prioridad media.

4.3. Tratamiento y representación de los datos

Obtener datos es el objetivo principal de este sistema, los sensores captan la cantidad de sustancias que hay en el aire y estos datos se digitalizan directamente almacenándose en una base de datos virtual preparada para ello, en este almacén, comúnmente llamado servidor, se pueden consultar los datos obtenidos y estos recibirán una serie de transformaciones para poder presentarlos de manera correcta, la herramienta para este tratamiento se llama API.

Las Cloud APIs son interfaces de programación aplicables (API) que se utilizan para construir aplicaciones en el mercado de la computación en la nube, normalmente se utilizan para facilitar en la solicitud o filtrado de datos, además de realizar cálculos para servicios de una interfaz directa o indirecta. En este caso las APIs son una parte fundamental del proceso en la transformación de los datos, ya que el enfoque final de la calidad de aire, no representa la cantidad de cada sustancia en el ambiente, sino en relación con estándares e índices, alertar del grado o peligrosidad que existe. Por ello, la función principal de estas herramientas será agilizar el proceso de conversión al valor redondeado llamado índice de manera automática y directa, los datos base no serán desechados, ya que es necesario almacenar los porcentajes por sustancias sobre todo para los análisis profundos que se deban realizar en el caso de observar alteraciones en el ambiente, por lo que igualmente tendrá un valor importante en casos puntuales. El dato principal con el que se trabaja en la evaluación de la calidad de aire será el índice, ya que resume y engloba en un solo valor, todos los datos recogidos, aparte de ser el que determina el grado de peligrosidad, junto a este dato y las APIs, se realizarán diversas funcionalidades en su utilización, por lo que no solo se utilizara como dato simbólico resultante, sino por la parte analítica y de observación recurrente interna.

A la hora de trabajar en el estudio de datos, se tratará con dos tipos, los datos históricos y los datos a tiempo real, este último, tendrá un intervalo de actualización muy corto de tiempo, será protagonista en la tarea de revisión recurrente del estado de la atmosfera, siendo útil para hacer una comprobación de ese mismo momento, por otro lado, los datos históricos obtienen un valor más alto, pese a que va de la mano, ya que al final es un almacenaje del dato a tiempo real dentro de un parámetro cronológico, este será el que obtenga importancia al nivel de estudio. Primeramente por todas sus funciones útiles a la hora de hacer estudio, como con la ayuda de APIs, facilitar el filtrado y encontrar el dato o el momento de manera óptima y eficaz, pudiendo saber en cada momento cuando hubo la alteración y relacionarlo con algún desastre o accidente, también con otro dato externo como la congestión de tráfico de algún día, incluso es muy útil a la hora de hacer pronósticos para prevenir o justificar medidas futuras y comprobaciones de la eficacia y cambio de alguna implementación, como por ejemplo observar si la implementación de un eje verde ha mejorado la calidad del aire en esa zona y ha habido un cambio después de su implementación. Igualmente, aparte de toda su utilidad de estudio, la importancia principal es a la hora de calcular el propio índice, ya que como se calcula por concentraciones, el resultado oficial del índice de una sustancia depende del promedio temporal, por ejemplo en el caso del sensor actual

de Gavà, metodología que seguiría todo el sistema propuesto, calcula el índice de NO_2 y SO_2 a partir de la media de la última hora, el O_3 a las ocho horas y PM_{10} y $PM_{2.5}$ después de veinticuatro horas. Otro añadido donde el factor histórico cobra valor es a la hora de alertar, en el caso del funcionamiento actual en alertar la peligrosidad, se considera estado crítico o peligroso de un municipio, cuando a lo largo de un año, el valor captado por una estación ha alcanzado el índice de peligrosidad máxima durante un tiempo de tres días seguidos.

Una vez hecho el tratamiento de los datos, viendo todo el potencial y valor de esta información, sobre todo con un enfoque de alertar a la población, hay que distinguir, por ende, en dos vertientes según el destinatario de los resultados, a una intención abierta y pública, ofreciendo resultados al público, es decir compartiendo conocimientos y consiguiendo la inclusión de la población, punto muy importante a mejorar en Gavà, y por otro lado, con una intención más analítica y de estudio del estado del municipio de manera interna, para poder tomar decisiones que mejoren, prevengan y protejan la salud y el estado de la región municipal en la cual tienen jurisdicción. También hay que tener en cuenta el que se quiere representar, en general estos datos se resumirían en un valor redondeado y elaborado a base de estándares para poder determinar el grado de peligrosidad, también podríamos extraer otro tipo de información como la concentración de alguna sustancia, junto a datos externos para dar un análisis visual o saber donde se concentra más contaminación geográficamente para encontrar el foco de emisión, en cualquiera de los casos la representación más óptima, atractiva, donde pueda reunir la mejor cantidad de información de una forma fácil e intuitiva de entender, serían resultados en la visión de los sistemas de información geográfica, dar información georeferenciada, enriquecería mucho los índices, facilitando el entender que zonas están más contaminadas, donde y como se encuentran esos datos, un proceso simple de representar a la hora de combinar datos, esta representación se podría denominar como la principal, ya que es la más útil para los dos enfoques anteriormente mencionados, de cara a una representación de datos abierta, siempre será la más intuitiva para cualquier tipo de público, por las posibilidades visuales que ofrece, en cuanto a una intención más técnica, por la facilidad y rapidez de poder analizar una combinación de datos, además de siempre ofrecer la oportunidad de ubicarlo geográficamente, enriquece el valor y la importancia de poder representarlo de esta forma, otras opciones interesantes serían mostrar los datos con gráficos, permitiendo una combinación y muestra de una forma algo convencional, con artículos científicos, con un enfoque explicativo del proceso, tratamiento y resultado de algún estudio en los que tendrían como pilar fundamental los datos primarios captados, siendo una vía más amplia a la hora de poder explicar detenidamente los procesos, pruebas y medidas que se tomarían al respecto, pero siendo limitante por no ser asequible para cualquier tipo de conocimientos, y por último en forma de alerta, ya que como se ha repetido, el índice indica peligrosidad, por ello otro enfoque sería una representación meramente asertiva, corta, clara y concreta, sin necesidad de indicar datos o justificaciones, en este caso la intención sería buscar vías rápidas para alertar a la población, que sería el destinatario principal, como aplicacio-

nes, portales o incluso pantallas o medios físicos. Para mostrar algunos ejemplos de representación de información de calidad de aire de manera visual en mapas, se mostrará a continuación dos ejemplos diferentes ofrecidos por el Área Metropolitana de Barcelona desde su geoportal específico en este ámbito, donde ofrece de forma transparente datos ambientales del aire de todo el área, estos datos son relacionados con los programas de estaciones de calidad de aire ya instalados que se ha mencionado anteriormente, junto a iniciativas como respuesta, que se mencionará de manera más extensa en la siguiente sección. El primer mapa trata de mostrar un ejemplo de ráster donde muestra el sondeo calculado de sustancias en el aire, en este caso NO_2 , representado con un color a lo largo del territorio según el grado de cantidad de sustancia dentro del índice, junto a una combinación de datos para ofrecer soluciones.

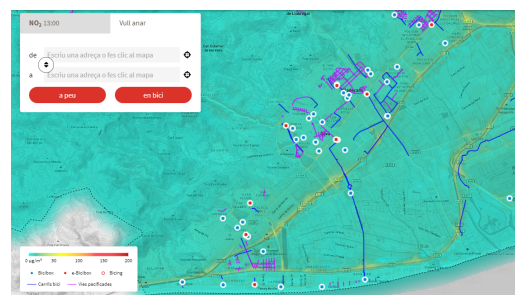


Fig. 2: Ráster de calidad del aire junto a las rutas de bicicletas y Bicibox - Portal del aire metropolitana del Área Metropolitana de Barcelona

El segundo ejemplo se trata de un mapa interactivo donde obtener a tiempo real de las cantidades y color dentro del índice al seleccionar el punto que simboliza el sensor, según su ubicación.

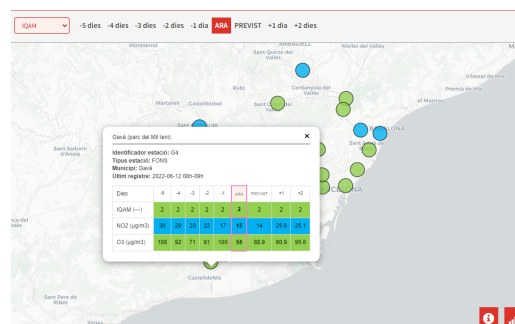


Fig. 3: Ubicación y datos a tiempo real de los sensores de calidad de aire - Portal del aire metropolitana del Área Metropolitana de Barcelona

5 RESULTADOS

5.1. Transparencia

Un objetivo de resultado iría relacionado con el beneficio que podría surgir de este tipo de sistema de captación de datos, con el enriquecimiento de transparencia de cara a la población, en este punto Gavà está bastante retrasado respecto a cualquier otro municipio del Área Metropolitana de Barcelona, como se puede indagar en el portal del propio

ayuntamiento, la base de datos abiertos ofrecida es bastante limitada, por ejemplo en el caso de datos del medioambiente, categoría donde se encontrarían los datos obtenidos del sistema desarrollado en el trabajo, únicamente encontramos un dato, relacionado con la estación de calidad de aire existente que ya se ha mencionado anteriormente, por lo que la implementación de este marco de referencia podría usarse en beneficio de mejorar este elemento importante en una ciudad inteligente, pudiendo ofrecer portales renovados y atractivos, incitando a una participación y mejorando el interés por parte los ciudadanos, demostrando la importancia del dato, ya que determina una evaluación de calidad y estado del aire, marcando la peligrosidad en la salud para las personas, por lo que la población podría exigir y necesitar este conocimiento. Para ello, enlazando con las nuevas implementaciones para representar datos abiertos, me basaré en el software abierto Sentilo. Sentilo es una plataforma de sensores y actuadores de código abierto diseñada para encajar en la arquitectura Smart City de cualquier ciudad que busque apertura y fácil interoperabilidad, se decidió ofrecerlo como software abierto y gratuito para que cualquier municipio pueda aprovechar todas las ventajas que ofrece, construido, utilizado y respaldado a día de hoy por una comunidad activa y diversa, donde encontramos muchas ciudades y compañías, a parte de contar con el apoyo y admiración de toda la comunidad Smart City. Este software tiene la ventaja de ofrecer un código con una base fuerte de manera abierta, por lo que no limita a la hora de mejorar, expandir y complementar el portal de georreferenciación de sensores, que es lo que ofrece, además de facilitar la configuración de diversas aplicaciones externas para complementar. El funcionamiento consiste en el registro de la ubicación de sensores bajo una capa de Google Maps, el objetivo principal es ofrecer de manera abierta la ubicación, el dato a tiempo real, el histograma, gráficos, incluso alertas de cualquier tipo de sensor, de manera clara e intuitiva.

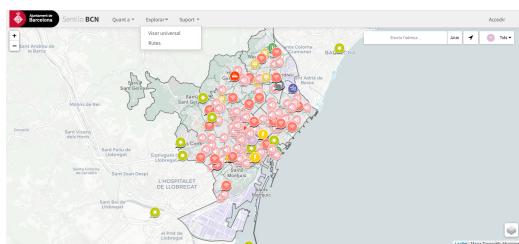


Fig. 4: Portal Sentilo de Barcelona

Esta aplicación ya es utilizada por diversos municipios de la región, Barcelona y Terrassa son los dos principales patrocinadores del software, utilizándolo de manera pública, aunque municipios como; Sant Feliu de Llobregat, Viladecans, Reus, Mataró, Badalona, Calafell o El Prat de Llobregat lo utilizan de manera interna, por lo que su potencial en ambas vertientes ya está certificado. En este caso, Gavà es de los pocos municipios del Área Metropolitana que no utiliza el software, por lo que sería interesante la implementación de manera interna cogiendo ejemplo de otros municipios, además de la posibilidad de utilizar el portal Sentilo ofrecido la Diputación de Barcelona, donde cualquier municipio de la provincia de Barcelona, tiene la oportunidad de registrar los sensores y ser visualizados de manera abierta, oportunidad perfecta para conseguir el objetivo de fortificar

la apertura de datos abierto a la población a partir de la implementación de un sistema de sensores, tal y como se ha ido mencionando durante el trabajo.

5.2. Medidas viables en Gavà

Por otro lado, se obtendrían resultados a partir de este marco de referencia relacionado con medidas tomadas por un poder municipal en la ciudad de Gavà, en este caso hay más limitaciones, ya que a nivel medioambiente, la jurisdicción de la Diputación de Barcelona y la Generalitat se adjudican mucho poder de decisión, también hay que identificar los factores que podrían generar efectos negativos, ya que las medidas tomadas en este ámbito deben de ser a partir de identificar entrada de datos perjudiciales para la población, en el caso de Gavà, de manera hipotética, no debería recibir una gran cantidad de respuestas negativas; por un lado la zona industrial no ha generado grandes problemas a nivel de emisión nociva durante los últimos años, ya que estamos hablando de una zona no especialmente extensa, centrada en una actividad terciaria, el aeropuerto genera un pequeño aumento de contaminación que sí afecta a la ciudad, pero las medidas posibles por parte del poder municipal estarían limitadas, ya que es jurisdicción estatal, el caso de la autopista que pasa por la ciudad sería un caso semejante, solo que con jurisdicción autonómica, por lo que el único factor identificable para tomar medidas es la gran congestión de vehículos, que se genera en la entrada de la ciudad en la carretera comarcal principal y la otra entrada desde la salida de la autopista hacia la Avenida Juan Carlos I, donde ya podemos apreciar medidas existentes, habilitando nuevos carriles buses y para vehículos no motorizados, así que se podría presuponer, que las medidas como resultado para contrarrestar un mal estado del aire, irían relacionados con habilitar nuevas calles para reducir la congestión, mejorar y aumentar las vías para el transporte público y vehículos no motorizados, ya que en el caso de este último, todavía hay margen de mejora, pudiendo habilitar más y mejores zonas, incluso rutas claras y cómodas para la utilización de bicicleta, incitando a la movilidad sostenible y no contaminante, aprovechando la gran y diversa extensión en el municipio, buscando que los desplazamientos internos con destino a la zona marítima o zona de bosque y parques, sean más interesantes realizarlos utilizando estas nuevas vías y rutas para vehículos como por ejemplo bicicletas.

5.3. Medidas del Área Metropolitana de Barcelona y futuras en Gavà

En este último apartado se hará un repaso de medidas actuales en la ciudad de referencia en la región en la que se encuentra Gavà, para de esta manera echar un vistazo a diferentes opciones en respuesta a alteraciones negativas a futuro, pese a que en el caso específico de Gavà, teniendo en cuenta el estado actual y capacidades del municipio, lo más viable sería lo mencionado en el anterior apartado de la sección, al encontrarse en el Área Metropolitana de Barcelona y verse comprometido en las colaboraciones y seguir los objetivos de este poder supramunicipal, es algo gradual que Gavà vaya acogiendo diferentes medidas que se estén iniciando actualmente en el punto de lanza de la región como es la capital catalana, por ello la importancia de poder

considerar diferentes medidas ya implementadas, observando su resultado y en un futuro, en el caso que se necesitara o se propusiera, implementarlo. Hay que mencionar que para ciudades tan avanzadas, grandes y con tantos recursos, estos programas suelen tener una extensa batería de propuestas y medidas, todas regidas por una serie de características que suelen ir enfocadas por unos objetivos marcados, también suelen ir enfocados por un mismo camino, ya que para realizar estos programas se necesita un análisis previo y extenso de las condiciones, necesidades e identificar prioridades, por ello suelen reducirse, pese a proponer pruebas en un par de ámbitos, a uno principal. Barcelona actualmente, tiene propuesto un programa que ya se está llevando a cabo, un total de nueve medidas enfocadas con una clara afectación del estado actual vial y de tráfico, uno de los elementos con emisiones negativas en el ambiente más preocupantes en la Región Metropolitana de Barcelona, por ello el Ayuntamiento de Barcelona apuesta por la colaboración de otras instituciones públicas, ayuntamientos, entidades locales y empresas, para realizar varias acciones para avanzar en un entorno libre de contaminantes enfocado en cambios en el uso del vehículo privado, fomentando otras vías para transporte público y vehículos; fomentando el transporte público sostenible, mejorando la red de bus, metro y tranvía en las conexiones entre transportes y ampliando red de bicicletas para circulación entre paradas; promoción del vehículo eléctrico añadiendo puntos de carga por toda la ciudad para coches y bicicletas eléctricas, ampliar carriles y mejorar aparcamientos y señales para el uso de bicicleta; todo con el objetivo de reducir el uso del vehículo privado no sostenible, reducir su uso respecto en 2013 y beneficiar a los vehículos menos contaminantes según la DGT con incentivos, siendo la propuesta estrella las zonas de bajas emisiones, delimitando una zona de protección ambiental que restringe la circulación de los vehículos más contaminantes para garantizar la calidad de aire a la población, acción llevada a cabo junto a el área Metropolitana de Barcelona, por lo que ya existen varias consideraciones de llegar a ampliar esta tendencia a todos los municipios de la región, donde entraría Gavà, por cercanía, características y potencialidad. También hay otras propuestas fuera del problema vial; por un lado el modelo urbano, trabajar para conseguir un entorno más sostenible y saludable, con servicios y equipamientos de proximidad, para priorizar a peatones, con espacios verdes que contribuyan a una ciudad saludable; facilitar la dispersión de las partículas en suspensión PM10, mejorando el riego de calles y plazas junto a reducción de actividades que perjudiquen en la emisión; proteger a los colectivos sensibles al polvo contaminante en suspensión, como bebés o ancianos, impulsando acciones de proximidad. Otras acciones consideradas, que en el caso de Madrid ya se han iniciado, sería cambios en estructuras y edificios públicos junto a su actividad, impulsando modelos de climatización y agua caliente más sostenible, con instalaciones de energía solar y control de temperatura, calidad de aire y más datos útiles en interiores y edificios inteligentes, monitorización energética, controlando los consumos basados en la eficiencia y transparencia, con procesos sin emisiones de sustancias nocivas, reducción de emisiones en los procesos de separación y tratado de residuos.



Fig. 5: Medidas contra la contaminación atmosférica de Barcelona

6 CONCLUSIONES

Tal y como se ha ido recalando en la introducción y a lo largo del trabajo, el pilar fundamental del trabajo es dar y ofrecer un marco de referencia para un sistema de captación de calidad de aire cogiendo el ejemplo municipal de Gavà, este desarrollo enfocado y basado por una serie de ideas y valores, profundizados en concienciar y mostrar la importancia y utilidad de una implementación así un municipio, pese a que en el trabajo no se profundiza ni se extiende en ninguna de las secciones, sí que abarca los puntos importantes para dar una idea general de la temática. Iniciando por los objetivos algo más secundarios, se podría considerar que todos han sido completados, relacionado a la sección algo más teórica explicando sobre el concepto y puntos importantes de la calidad del aire, he podido determinar de manera firme un concepto de calidad de aire, además de poder demostrar la importancia del papel de las ciudades en el ámbito y poder adentrarme de manera más profunda en la determinación del índice, pudiendo reiterarme y confirmarme a mí mismo la importancia y potencialidad de la temática. En cuanto a la sección del marco de referencia, los puntos individuales están bastante completos, he podido justificar de una manera clara y extensa la ubicación de los sensores, teniendo que mencionar más condiciones de las que esperaba, pero fue muy útil obtener información directa del departamento de ambientales de Gavà en este punto, que eso también me permitió ampliar la contextualización de Gavà, aportándola de manera muy personal y concreta y por último, se ha aportado algo diferente e innovador para mejorar la transparencia en Gavà, ya que es un punto muy flojo de cara al público y con el descubrimiento y propuesta de Sentilo, siento que se ha podido cumplir este punto de manera decente. Por último, en cuanto al objetivo principal, se ha podido desarrollar el marco de referencia, al menos pudiendo trabajar en todos los aspectos clave, obviamente hay puntos en los cuales se podría extender la información, sobre todo en la metodología de captación y el tratamiento de los datos, la idea principal de la propuesta está bastante bien justificada, pero en cambio la parte de los resultados, ha sido un poco más complicada, ya que a medida que se desarrollaba el trabajo y después de hablar de manera interna, se puede apreciar el poco margen de acción que se tiene en el ámbito de manera municipal, ya que como se ha ido mostrando, Gavà esta condenada a la colaboración supra-municipal, esto tiene puntos buenos, como facilidades en obtener algunos recursos y colaboraciones, pero esto siempre conlleva a no poder actuar de manera directa, rápida

e individual, también por las características de la ciudad, se puede apreciar la poca necesidad de tomar acciones, ya que los elementos más perjudiciales no son tratables por un poder municipal, así que juntando las limitaciones más la no tan gran necesidad al no ser un problema prioritario en Gavà, no se ha podido ofrecer resultados de la manera sorprendente e innovadora que se pretendía al principio, por lo que el ámbito de estudio propuesto me dificultó a la hora de conseguir los objetivos. De igual manera, ha sido muy útil para descubrir el estado actual en el ámbito, poder conocer todo lo que engloba este concepto y conocer mucha información nueva e interesante en el ámbito del medioambiente y la problemática en la contaminación, además de poder disfrutar todo el desarrollo del marco de referencia, ya que he podido indagar y basar el sistema de una manera muy personalizada.

AGRADECIMIENTOS

Para comenzar, me gustaría agradecer a mi tutor de mi trabajo de final de grado Carles Ferrer Ramis, no tanto por el aspecto técnico del tema, si no más bien por la cercanía con la que me ha ido guiando y explicado las bases de mi trabajo. Por otro lado, a mi madre y toda mi familia, que me escucharon y soportaron en mis momentos de bloqueo y por último, como mención especial, a todas las personas del Ayuntamiento de Gavà que me brindaron su tiempo para resolverme mis dudas, preguntas y saciar mi curiosidad, en especial a mi tutora de prácticas y el departamento de ambientales.

REFERENCIAS

- [1] Smart Cities: sostenibilidad e innovación — i-DE - Grupo Iberdrola. <https://www.i-de.es/i-de-grupo-iberdrola/nuevos-modelos-energeticos/smart-cities>
- [2] Medicion medioambiental: Ruido o calidad del aire. Fiwoo. <https://www.fiwoo.eu/medicion-medioambiental-ruido-calidad-aire/>
- [3] Cómo luchamos contra la contaminación. (2019, 22 mayo). Calidad del Aire. <https://ajuntament.barcelona.cat/qualitataire/es/qualitat-de-laire/como-luchamos-contr-la-contaminacion>
- [4] Las 30 medidas - Ayuntamiento de Madrid. Calidad del aire. www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Medio-ambiente
- [5] Àrea Metropolitana de Barcelona. Aire metropolità. Àrea Metropolitana de Barcelona. <https://airemetropolitana.amb.cat/>
- [6] Àrea Metropolitana de Barcelona. Qualitat de l'aire. <https://www.amb.cat/web/ecologia/sostenibilitat/qualitat-de-laire>
- [7] Faccioli, C. (2019). Calidad del aire y ciudad inteligente (Smart city). La protección de la calidad del aire como motor del desarrollo urbano sostenible (Doctoral dissertation, Universitat Rovira i Virgili).
- [8] Daly, A., Zannetti, P. (2007). An introduction to air pollution—definitions, classifications, and history. Ambient air pollution. P. Zannetti, D. Al-Ajmi and S. Al-Rashied, The Arab School for Science and Technology and The EnviroComp Institute, 1-14.
- [9] Yin, P., Brauer, M., Cohen, A. J., Wang, H., Li, J., Burnett, R. T., ... Murray, C. J. (2020). The effect of air pollution on deaths, disease burden, and life expectancy across China and its provinces, 1990–2017: an analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet Planetary Health*, 4(9), e386-e398.
- [10] Ott, W. R. (1982). Concepts of human exposure to air pollution. *Environment International*, 7(3), 179-196.
- [11] Querol, X. (2008). Calidad del aire, partículas en suspensión y metales. *Revista Española de Salud Pública*, 82, 447-454.
- [12] Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79, 159-175.
- [13] Home. Sentilo. <https://www.sentilo.io/wordpress/>
- [14] Shooter, D., Brimblecombe, P. (2009). Air quality indexing. *International Journal of Environment and Pollution*, 36(1-3), 305-323.
- [15] Beelen, R., Hoek, G., Pebesma, E., Vienneau, D., de Hoogh, K., Briggs, D. J. (2009). Mapping of background air pollution at a fine spatial scale across the European Union. *Science of the total environment*, 407(6), 1852-1867.
- [16] Rohde RA, Muller RA (2015) Air Pollution in China: Mapping of Concentrations and Sources. *PLoS ONE* 10(8): e0135749. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135749>
- [17] Postolache, O. A., Pereira, J. D., Girao, P. S. (2009). Smart sensors network for air quality monitoring applications. *IEEE transactions on instrumentation and measurement*, 58(9), 3253-3262.
- [18] Kaivonen, S., Ngai, E. C. H. (2020). Real-time air pollution monitoring with sensors on city bus. *Digital Communications and Networks*, 6(1), 23-30.
- [19] GARCÍA, F. F., GALÁN, E. (1995). Clima y contaminación atmosférica en Madrid. *Estudios geográficos*, 56(219), 263.
- [20] Revel Jarne, A. Aplicación para el uso de la plataforma Sentilo a través de dispositivos móviles.