WHITEPAPER

INTERNET OF THINGS: UN ALIADO EN EL CAMINO PARA ALCANZAR LOS ODS.

GRUPO DE TRABAJO DE CALIDAD DEL AIRE
EN CIUDADES DE AMETIC

Ametic
LA VOZ DE LA INDUSTRIA DIGITAL

Índice

	Págs.
Resumen Ejecutivo	3-4
Objetivo del Whitepaper	5
1. Introducción	7-8
2. ¿Qué es la calidad del aire? • Gestión de la calidad del aire • Del exterior al interior	9-13
3. Captura del dato • Calidad del aire exterior: En busca de la granularidad • Calidad del aire en interior: La nueva preocupación	14-21
4. Trasladar el dato • Redes LPWAN • NB-IoT y LTE-M • NR (New Radio 5G)	22-26
5. Transformar el dato en información • Inteligencia Artificial • Sistemas de Información Geográfica	27-29
6. Toma de decisiones	30-33
7. Seguridad y ciberseguridad	34-35
8. Conclusiones	36
Decálogo	37-38
Empresas participantes	39

Resumen ejecutivo

La Organización Mundial de la Salud calcula que **nueve de cada diez personas están respirando un aire cuyos contaminantes superan los límites de referencia** establecidos. Asimismo, la contaminación del aire es el principal causante del fallecimiento de 4,2 millones de personas en el mundo y tiene un impacto negativo en la biodiversidad del planeta en su conjunto.

Determinados contaminantes como los gases con efecto invernadero están relacionados con el calentamiento global. **De ello se pueden derivar consecuencias negativas en el PIB mundial** y, de hecho, éste podría llegar a ser un 4% inferior con respecto al que habría sin efectos de cambio climático. Además, mitigar los efectos de los desastres naturales provocados por calentamiento global lleva aparejadas ingentes cantidades de dinero que podrían alcanzar el 2% del PIB.

U**rge disminuir drásticamente la contaminación del aire empleando todos los recursos a nuestro alcance.** Y para acometer este proceso, es preciso no sólo caracterizar la calidad del aire con respecto a los principales contaminantes, sino efectuar una monitorización continua de los datos para poder adoptar planes y decisiones fundadas a corto, medio y largo plazo.

La **población urbana del planeta está creciendo a un ritmo muy elevado, generando incrementos de la concentración de contaminantes en las ciudades y sus áreas metropolitanas que afectan negativamente a la salud** por lo que los edificios son los principales aliados en la lucha contra el cambio climático. Es necesario dotar a los edificios de elementos destinados a captar y transmitir adecuadamente datos de calidad del aire no sólo en exteriores, sino también en interiores. No en vano, la calidad del aire en interiores puede llegar a ser de dos a cinco veces peor que la calidad del aire exterior y las personas estamos en los edificios más del 85% de nuestro tiempo (una muy buena parte de la vida). Ello es motivo más que sobrado para auditar también la calidad del aire en interiores

En este sentido, en el presente whitepaper se presenta los elementos fundamentales del proceso de monitorización de la calidad del aire que abarca desde que se capturan los datos relativos a los contaminantes hasta que se adoptan las decisiones para la mejora de la calidad de vida del ciudadano.

Resumen ejecutivo

En lo que se refiere a la captura del dato, Internet de las Cosas (IoT) es un elemento clave para aumentar la granularidad espacial en la medición. Gracias a la Inteligencia Artificial y al Machine Learning, los sensores que utilizan IoT pueden alcanzar una precisión suficiente para medir la calidad del aire reduciendo drásticamente el coste del equipamiento. Incluso a menos de la décima parte que el del equipamiento utilizado en las estaciones meteorológicas convencionales.

Una vez **capturado el dato, se hace necesario transmitirlo de una manera eficiente**. Para ello nacen las Low Power Wide Area Network. Conocidas por sus siglas LPWAN, están concebidas para proporcionar áreas de cobertura superiores a los 10 kilómetros de radio y adaptadas al escaso tráfico generado por las redes de sensores IoT. Todo ello con un bajo consumo. A su vez, los servicios MTC o mTC definidos en el Release 17 del 3GPP permiten la utilización de 5G para este propósito.

Naturalmente si la captura se hace en los edificios, estos dispondrían de medios para poner estos datos a disposición de los sistemas que los necesiten, principalmente la ciudad y su plataforma de gestión.

Para que los datos recibidos sobre la calidad del aire seas útiles, es necesario analizarlos y transformarlos en información útil. En entornos tan complejos como los de una ciudad, se hace imprescindible la ayuda de la Inteligencia Artificial para analizar, modelizar y predecir la calidad del aire tanto en los espacios abiertos como en los entornos cerrados. Además, por medio de algoritmos se pueden proponer o desencadenar automáticamente actuaciones para revertir la mala calidad del aire. En combinación con los Sistemas de Información Geográfica permite evaluar rápidamente el tipo de respuesta que hay que aplicar en un determinado momento y lugar, aplicando de manera focalizada las medidas de contingencia y prevención necesarias.

Llegado el momento de adoptar decisiones, resulta necesario predecir escenarios, identificar fuentes de contaminación, integrar las distintas fuentes de datos, presentar niveles de calidad a los ciudadanos, generar alertas por niveles peligrosos o analizar el impacto de la contaminación en los ciudadanos.

Obviamente, se necesitan elevados niveles de seguridad y de ciberseguridad que cubran todo el proceso y, en especial, lo referente a IoT.

Los aspectos presentados en su conjunto en el presente whitepaper son esenciales para poder adoptar las políticas y medidas que permitan luchar contra la contaminación del aire y sus efectos nocivos

Objetivo del whitepaper

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 9 de cada 10 personas respiran aire que excede los valores recomendados.

La calidad del aire es uno de los problemas principales dentro de las ciudades. Hoy, la mitad de la población vive en entornos urbanos. Según el Informe de Perspectivas de Urbanización en el mundo elaborado por la ONU, **se prevé que este continuo crecimiento concentre al 66% de la población mundial en entornos urbanos antes del año 2050,** lo que representa un total de 2.500 millones de personas.

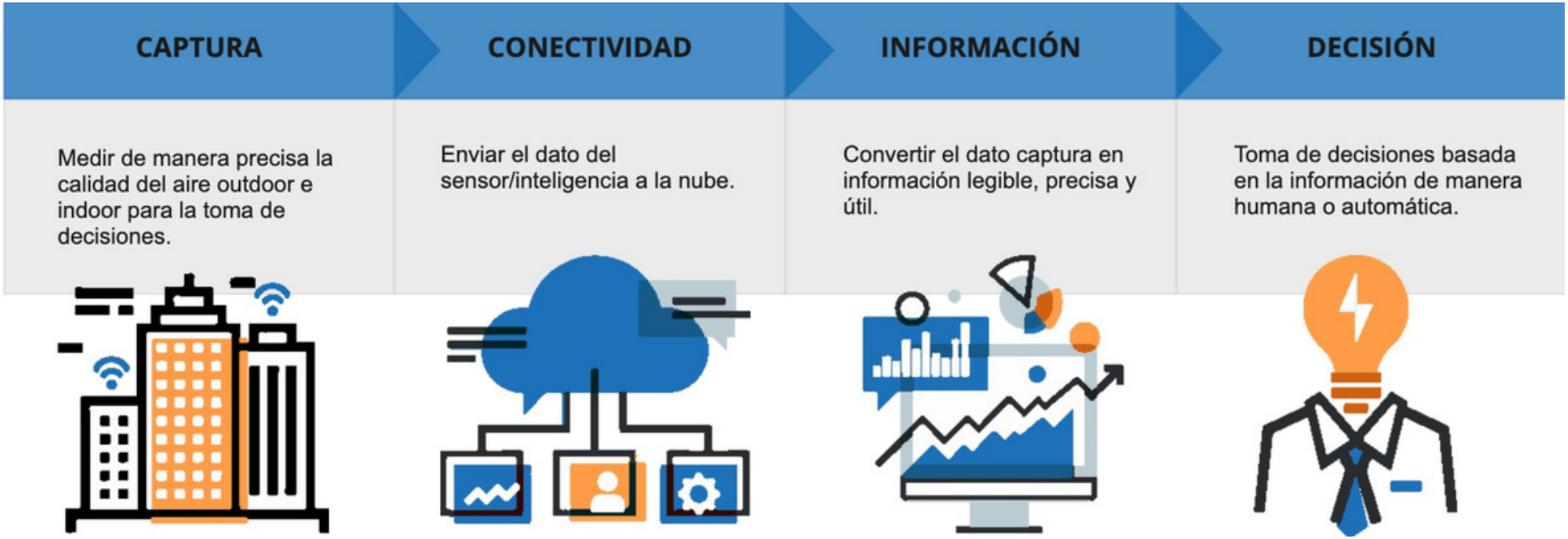
Si aumenta muy significativamente el número de personas que ocupa una determinada superficie, la concentración de contaminantes atmosféricos también aumentará y afectará a la salud de esas personas.

Dada la situación actual y la evolución prevista, resulta necesario acometer actuaciones para que las ciudades sean más inteligentes, limpias y sostenibles.

Por ejemplo, la **obligatoriedad de definición de Zonas de Bajas Emisiones** (ZBE) en todos los municipios de más de 50.000 habitantes. En Europa se contabilizan 280 ciudades con zonas de bajas emisiones. Se espera que 151 municipios de España se hayan definido como ZBE en 2023.

Pero en muchas ocasiones, los proyectos de las administraciones para la calidad del aire, empujadas por estas urgencias, hacen que **se genere una brecha entre expectativa y realidad**. O en otras palabras, entre lo que se quiere hacer y lo que se puede hacer. **Sirva este whitepaper como guía para acercar posiciones entre expectativa y realidad.**

Tras una breve introducción y caracterización del problema, el presente whitepaper muestra el proceso de gestión inteligente de calidad del aire que abarca desde que se capturan los datos relativos a los contaminantes en exteriores e iteriores hasta que se toman decisiones.



1. Introducción

Los datos oficiales son estremecedores: **La OMS calcula que 9 de cada 10 personas respiran aire que supera sus límites de referencia.** La contaminación del aire en exteriores mata a unos 4.2 millones de personas en todo el mundo cada año.

Y no sólo se pierden vidas humanas. Hasta el 18% del total de la economía mundial podría perderse en 2050 si las temperaturas aumentan en 3,2 °C, según informa un estudio de la reaseguradora Swiss Re[1]. Incluso si se cumple el objetivo del Acuerdo de París de limitar el calentamiento por debajo de los 2 °C, habrá un coste para las economías. A mediados de siglo, el PIB podría ser alrededor de un 4,2 % más bajo con respecto a un mundo donde el cambio climático nunca hubiera ocurrido.

El Informe Stern[2] sigue la misma línea. Sus principales conclusiones afirman que se necesita una inversión equivalente al 1% del PIB mundial para mitigar los efectos del cambio climático. El informe es de 2007 y posteriormente se corrigieron las estimaciones a un 2% del PIB en inversiones para detener las pérdidas. Un ejemplo: Las recientes inundaciones en Renania del Norte-Westfalia y Renania-Palatinado en Alemania causaron pérdidas de entre 4 y 5 mil millones de euros, según afirmó la Asociación Alemana de Seguros (GDV, por sus siglas en alemán).

[1] Swiss Re. "The economics of climate change", 2021.
[2] The Stern Review. "The Economics of Climate Change", 2007.

Objetivo 11: Ciudades más limpias y sostenibles

Existe gran correlación entre la **contaminación del aire y la alta densidad de población, tráfico e industria**. Por ello, la contaminación del aire es extrema en las ciudades asiáticas (China, India) y también en América Latina y África. En resumen, los países de ingresos bajos y medios sufren mayor exposición al aire contaminado. Por el contrario, la mayoría de las ciudades de Europa y Norteamérica son relativamente limpias, aunque siguen presentando niveles nocivos.

El **Objetivo 11 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible** apela directamente a las ciudades. En 2016, más de la mitad de la población de las ciudades estuvieron expuestos a niveles de contaminación del aire que eran al menos 2,5 veces mayores a los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud.

Además, la mala calidad del aire también afecta al medio ambiente, siendo culpable de **pérdida de biodiversidad**.

Es fundamental que los estados, las empresas y las personas reduzcamos drásticamente la contaminación del aire en los próximos años; es uno de los retos más urgentes para todos nosotros. Y es imprescindible que para ello **usemos todos los recursos digitales y tecnológicos a nuestro alcance**.

2. ¿Qué es un aire de calidad?

Los principales contaminantes a los que la población se ve expuesta en exteriores de zonas tanto urbanas como rurales son el **monóxido de carbono (CO), el material particulado (PM), el dióxido de nitrógeno (NO2) y el dióxido de azufre (SO2)**, cuyas fuentes principales son la industria, el tráfico o las calderas. Por otro lado, otros contaminantes como el ozono (O3) no se emiten directamente, sino que se forman en la atmófera debido a las reacciones de otros contaminantes.

Reducir la exposición a la contaminación ambiental pasa por el **necesario control de las fuentes**, lo cual en la mayor parte de los casos se escapa de las manos del ciudadano. **Requiere la actuación de las administraciones tanto locales como nacionales**. Para esto, la OMS publica regularmente guías en las que establece niveles de calidad saludables, definidas a partir de evidencias científicas y establece buenas prácticas para la disminución de emisiones de ciertos contaminantes. En su última guía, publicada en 2021, **la OMS establece unas recomendaciones muy ambiciosas**, marcando la dirección de lo que serán las actuaciones para el control de las emisiones (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Niveles AQG recomendados para 2021 y pautas de calidad del aire para 2005 (WHO, 2021)

Contaminante	Tiempo promedio	Guía de calidad del aire de 2005	Nivel AQG 2021
PM2.5, µg/m3	Anual	10	5
	24-hora(1)	25	15
PM10, µg/m3	Anual	20	15
	24-hora(1)	50	45
O3, µg/m3	Máxima diaria(2)	-	60
	8-hora(1)	100	100
NO2, µg/m3	Anual	40	10
	24-hora(1)	-	25
SO2, µg/m3	24-hora(1)	20	40
CO, mg/m3	24-hora(1)	-	4

(1) Percentil 99 (es decir, 3 o 4 días de excedencia por año).

(2) Promedio de la concentración máxima diaria de O3 promedio de 8 horas en los seis meses consecutivos con la concentración de O3 promedio móvil de seis meses más alta.

Tabla 2. Pautas de calidad del aire para dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono (tiempos promedio cortos) que no fueron reevaluadas y siguen siendo válidas

Contaminante	Tiempo de exposición	Pautas de calidad del aire
NO2, µg/m3	1 hora	200
SO2, µg/m3	10 minutos	500
CO, mg/m3	8 horas	10
	1 hora	35
	15 minutos	100

Gestión de la calidad del aire

La gestión de la calidad del aire **empieza por la monitorización de los niveles de contaminación.** Este **proceso es especialmente complicado en zonas urbanas**, donde la combinación de distintos elementos (p.ej. edificios, parques o arbolado urbano) y la variabilidad en las emisiones generan complejos patrones espaciales. Así, la ubicación de estaciones de medida es determinante. Para ello, el **Centro Común de Investigación de la Comisión Europea** recopila recomendaciones que garanticen la representatividad de los datos recogidos.

La gestión de la calidad del aire necesita de medidas políticas enfocadas a proteger a la población, que deben ser respaldadas por evidencias científicas, pero a día de hoy no existe una metodología oficial de evaluación de medidas de intervención en la salud de las personas. Enfocando el análisis al estudio de la reducción de la concentración de contaminantes, Salud Pública de Inglaterra (PHE, de sus siglas en inglés) propone en el 2020 tres tipos de acciones de carácter general, por orden de prioridad:

- Actuar sobre la fuente, reduciendo las emisiones.
- Actuar para reducir la contaminación, una vez que se ha dado la emisión.
- Evitar la exposición individual.

Del exterior al interior

La contaminación a la que se ve expuesta la población tiene una **gran variabilidad espacial,** y esa **depende tanto del contaminante como de la fuente**. Con el fin de delimitar los estudios o las medidas, se acotan los entornos en los que la ciudadanía pasa un determinado periodo de tiempo, definiéndose como micro-entornos (OMS). En la Tabla 3 se muestran varios ejemplos de micro-entornos junto con los contaminantes más habituales y sus fuentes.

Tabla 3. Fuentes de contaminación del aire en microambientes urbanos

Entornos	Fuentes	Contaminantes
Hogar	Cocinar, calentar espacios, vehículos estacionados, pasatiempos, tabaco, productos para el hogar, mascotas, roedores, insectos	PM, CO, NOx, (compuestos orgánicos volátiles (COV), CO2, alérgenos
Transporte	Emisiones industriales y de vehículos, polvo de la carretera, contaminación de fondo	PM, CO, NOx, O3, COV aeroalergenos, , carcinógenos
Calles	Emisiones de vehículos, polvo de la carretera, contaminación de fondo, tabaco	PM, CO, NOx, O3, COV, carcinógenos, plomo
Entorno laboral	Procesos industriales, tabaco, contaminación de fondo	PM, CO, COV, NOx, CO2 carcinógenos
Espacios de ocio	Cocinar, calentar espacios, contaminación de fondo, tabaco	PM, COV, CO2 carcinógenos

Lo más interesante de esta tabla es que queda en evidencia que tradicionalmente se ha desarrollado más el conocimiento de la calidad del aire en el exterior cuando **es en el interior de los edificios donde el ser humano pasa la mayor parte del día**. Aun así, como es lógico, hay una conexión con los contaminantes en el exterior. Esta conexión no es una relación lineal simple y depende del aislamiento del edificio, de las características de la calle, de las prácticas diarias, como la ventilación, o incluso del tipo de contaminante.

Las personas, sobre todo las que viven **en ciudades, pueden llegar a pasar más del 90% de su tiempo en el interior de edificios** (casas, oficinas, escuelas, tiendas...), especialmente los niños y las personas mayores. Según la EPA (United States Environmental Protection Agency), la calidad del aire en interiores puede llegar a ser de dos a cinco veces peor que la calidad del aire exterior. Esto implica que el riesgo para la salud de muchas personas por la exposición a la contaminación en interiores puede ser mayor que la exposición a la contaminación del aire exterior.

El edificio informa

La pandemia de la COVID-19 ha puesto de manifiesto la necesidad de prestar más atención a la calidad de aire interior, que también requiere de monitorización para una ventilación adecuada de los espacios.

Además, la Unión Europea ha puesto de manifiesto en reiteradas ocasiones su interés por el desarrollo de aplicaciones inteligentes en el interior de los edificios, donde la sostenibilidad es su fundamento, pero también la habitabilidad.

Las normas en vigor hoy proponen un esquema muy simple y basado en un elemento integrador de toda la información: un nodo IoT. La UNE 178108 y la norma de la UIT L1370 indican como casos de uso la medida de la calidad de aire en exteriores y se está proponiendo incorporar la calidad del aire en interiores, como parámetro imprescindible en la habitabilidad del edificio, y permitir el desarrollo de aplicaciones relacionando ambos parámetros.

El edificio se convierte en un "informante" más de la calidad del aire. Las administraciones han colocado la base para que los edificios de la normativa de ICT (el RDLey de 1998, la normativa de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones) incorporen tecnologías de monitorización integradas, incluida la medición de la calidad del aire.

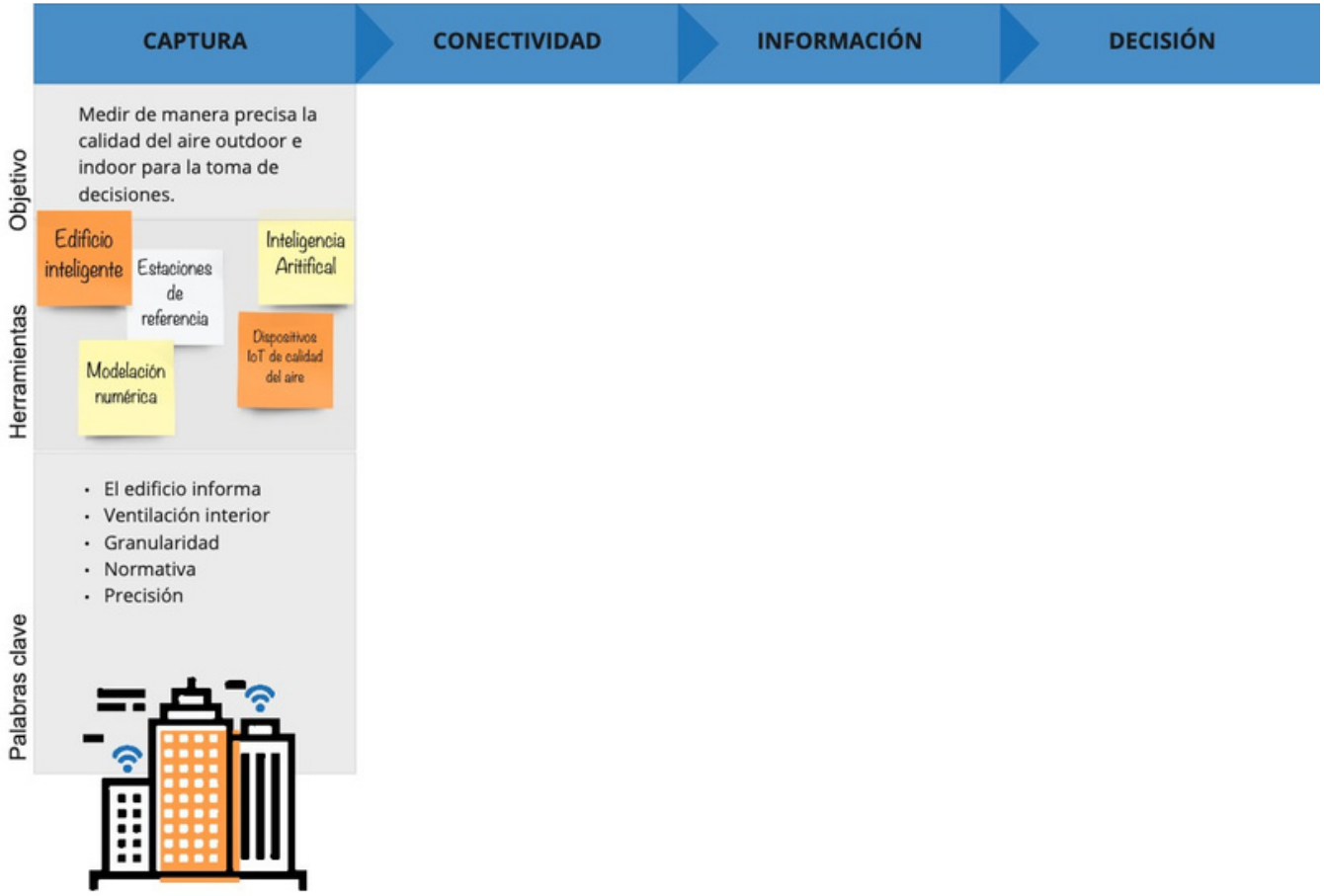
El **Grupo de Trabajo de Infraestructuras de Edificio de AMETIC** trabaja para incorporar a la regulación de la ICT, la obligatoriedad de añadir a los servicios de radio, televisión y acceso a la banda ancha la monitorización del edificio, con unos casos de uso mínimos, entre los que está la calidad del aire. Es decir, incorporar una vertical obligatoria a la ICT (obligatoria porque afecta a la vida y a la salud de las personas) que cumpla con los principios de la ICT:

- Todos los servicios señalados tienen que instalarse de forma obligatoria ya que afecta a la vida y a la salud de las personas.
- Las infraestructuras de comunicaciones y monitorización tienen que pertenecer a la comunidad de vecinos.
- Los datos pertenecen a la comunidad y podrían estar abiertos a las unidades de convivencia en donde estén integrados o a proveedores de servicios bajo acuerdos con condicionantes para las emergencias.
- Y todos los elementos tienen que cumplir con el marcado CE (hoy con el principio de seguridad y privacidad).

El modelo español de ciudades inteligentes es una referencia mundial. La normalización, a través de la **norma UNE 178**, ha permitido disponer de plataformas abiertas e interoperables. Cabe destacar la importancia de la semántica en el caso particular de Smart Building, para asegurar la interoperabilidad entre edificios, plataformas y desarrolladores.

3. Captura del dato

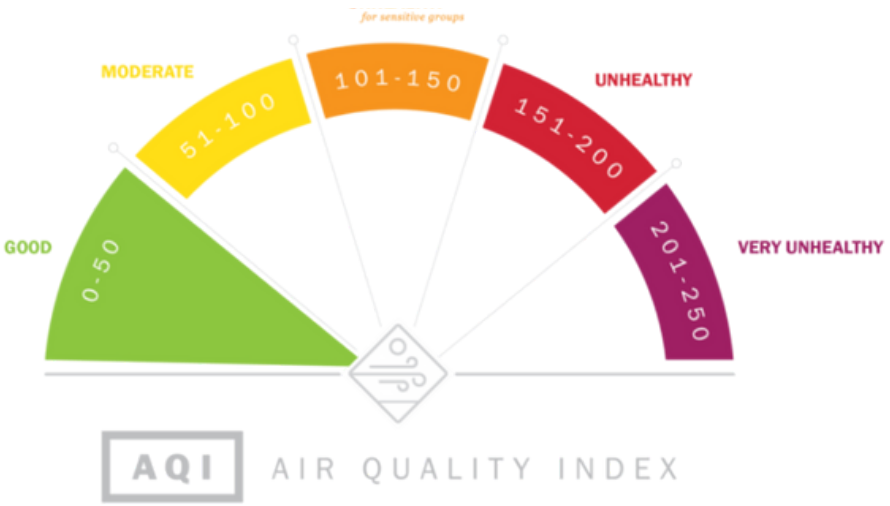
El uso de tecnología IoT (Internet de las Cosas por sus siglas en inglés) **permite hacer visible lo invisible.** Para medir la calidad del aire, se usan sensores ubicados en diferentes puntos de la ciudad y en el interior de los edificios. Estos sensores son capaces de capturar los diferentes gases que componen el aire.



La ciencia ha logrado identificar los contaminantes del aire que más afectan a nuestra salud (por orden de importancia):

1. El material particulado
2. NO2
3. O3
4. SO2
5. CO
6. Otros contaminantes

La medida de estos parámetros indicará qué Índice de Calidad del Aire (AQI por sus siglas en inglés) tiene la ciudad en cuestión.



Calidad del aire exterior: En busca de la granularidad

En España hay instaladas unas **600 estaciones de referencia** en todo el territorio, en su red de vigilancia estatal para la Calidad del Aire. Se llaman “estaciones de referencia” a las estaciones de medida de calidad del aire de altísimas prestaciones de propiedad pública. Hay que ver estas estaciones como pequeños laboratorios químicos.

Todas ellas suelen presentar similares características: son de calidad extrema en todas sus dimensiones (precisión, repetibilidad, fiabilidad, etc.) y sus mediciones poseen “valor legal” ya que existen directivas europeas que describen claramente cómo han de ser, el número que debe haber en cada municipio, etc.

Dispositivo de captura de contaminantes. Fuente: Libelium

Sin embargo, estas estaciones tienen un precio muy superior a los 200.000 euros, no son autónomas (requieren toma de electricidad) y los **métodos de medición están en ocasiones poco automatizados**. Por ejemplo, no se utilizan sensores para medir el material particulado, sino mediante un filtro que captura las partículas. El operario tiene que acceder físicamente para recoger las muestras de varios días y pesar en una balanza de precisión los microgramos de partículas por cada periodo.

Si bien estas estaciones ofrecen alta calidad en la medida, sus altos costes de adquisición y de operación hacen que sólo sea posible desplegar un número limitado. Es **deseable lograr una mayor granularidad espacial**, disponiendo de un número mucho mayor de estaciones de referencia, pero es complicado por razones económicas.

Dispositivos IoT que aprenden

El Internet de las Cosas (IoT) responde a esta demanda. El mercado ha creado dispositivos de medida de calidad del aire que ofrecen unas buenas prestaciones, pero a un precio mucho más reducido. A pesar de que su precisión no es tan alta, esta suele ser suficiente para muchos casos de uso, resultando en un ratio de calidad/precio muy alto. Además, al ser dispositivos creados no tanto por químicos sino por tecnólogos, incorporan **tecnologías innovadoras que amplían su usabilidad y reducen las operaciones** de mantenimiento.

El mercado de calidad del aire suele considerar aparatos low-cost a los que tienen un precio por debajo de 30.000 €.

No sólo el precio es un punto a favor. Este tipo de dispositivos de bajo coste permiten automatizar las mediciones gracias a las tecnologías punteras de comunicación inalámbrica.
Además, su tamaño más reducido permite su transporte. Igualmente, su capacidad de ser alimentados por baterías y paneles solares permiten su independencia de una toma de corriente, lo que reduce todavía más los costes del proyecto final.
Adicionalmente, dichas estaciones debieran de incorporar algoritmos de Inteligencia Artificial y Machine Learning para acercar su precisión y fiabilidad a las de las estaciones de referencia, aprendiendo de sus valores.
Se usan valores patrón para calibrar y a veces instrumentos patrón: **se calibra por co-location**. Al situar una estación inteligente de calidad del aire junto a la estación de referencia, aprenderá de los datos que ésta vaya generando y los compartirá con el resto de estaciones de calidad del aire colocados en diferentes puntos de una ciudad **consiguiendo así la granularidad deseada**.

Estaciones inteligentes de calidad del aire junto a una estación de referencia. Fuente: Libelium

Estos aparatos ofrecen una solución de compromiso. Las estaciones de bajo coste complementan las estaciones de referencia. La población se beneficia cuando las ciudades invierten en medidores profesionales de calidad del aire ambiental de bajo coste, ya que se puede obtener una resolución más alta de los datos que pueden compartirse en plataformas públicas.

Actualmente, en el contexto de la Unión Europea se ha definido una nueva norma que describe y estandariza la metodología relacionada con los sistemas de sensores, denominada CEN/TS 17660-1:2021}, permitiendo evaluar si el sensor cumple con los límites de incertidumbre definidos en la Directiva 2008/50/CE, y clasificándolos en Clase I, II y III en función de su calidad, mediante dos maneras diferentes. La primera es una combinación de ensayos de laboratorio y ensayos de campo , y la segunda son ensayos de campo ampliados.

Hipótesis con modelización numérica

La modelización numérica es otro método de obtención de información de contaminación atmosférica. Se utiliza en calidad del aire para **simular el comportamiento y la dispersión de los gases contaminantes.** Esta técnica, a diferencia de la información aportada en las estaciones de medida, permite la obtención de valores de contaminación en cualquier punto de la ciudad o **bajo condiciones hipotéticas** (p.ej. permite la realización de escenarios).

Por otro lado, mientras que las estaciones de medida registran el valor real, es importante tener en cuenta que los modelos numéricos **representan una aproximación de la realidad.**

La modelización numérica se basa en la representación de la dinámica atmosférica mediante ecuaciones físicas calculando la concentración de contaminantes en cualquier momento y punto del núcleo urbano. Así, este método reproduce los procesos reales de dispersión de contaminantes, dependiendo de la exactitud del resultado del modelo y de los procesos considerados (p.ej. impacto de la vegetación). Como es lógico, la calidad del resultado depende en gran medida del conocimiento e incertidumbre de las fuentes.

La ventaja principal de la modelización es que los modelos **proporcionan datos en todos los puntos de una ciudad, y a varios niveles de altura,** siendo capaces de representar la variabilidad espacial. Estas herramientas permiten la realización de escenarios pudiendo, por ejemplo, **estimar el impacto de una medida de reducción de la contaminación atmosférica**. También permiten estudiar por separado cada sector contaminante, ayudando así a priorizar las medidas de mejora de la calidad del aire.

Existen distintos modelos, con distintos niveles de complejidad o distintas aplicaciones. En este sentido, es importante una **correcta valoración del modelo a utilizar**, dependiendo del interés y alcance del estudio.

Los modelos de alta resolución tienden a tener un mayor coste computacional, es decir, requieren de **máquinas más potentes** y limitan el tamaño de la zona de estudio. Esto obliga a llegar a un compromiso entre resolución, área de estudio y poder computacional disponible.

Actualmente, **el modelo más recomendado por la Unión Europea es CHIMERE**. Se trata de un modelo multiescala de química-transporte diseñado para producir análisis precisos de episodios de contaminación, previsiones diarias de contaminantes y simulaciones a largo plazo (estaciones o años enteros) para escenarios de control de emisiones, permitiendo entender la dispersión de la contaminación en una escala urbana.

Calidad del aire en interior: La nueva preocupación

Como ha quedado indicado antes, la calidad del aire en interiores puede llegar a ser **de dos a cinco veces peor que la calidad del aire exterior**. Se produce la paradoja de que cuanto más caluroso y contaminado está el aire en el exterior, **más tiempo nos refugiamos en el interior** de viviendas y edificios haciendo que estos sean más nocivos.

Los contaminantes del aire interior son variados pero suelen destacarse los contaminantes químicos, los compuestos orgánicos volátiles (COV) y el dióxido y monóxido de carbono (CO_2). También se tiene en cuenta si existe una alta carga de partículas biológicas (hongos, bacterias, esporas, etc.).

Según la OMS, **el 30% de los edificios podría sufrir Síndrome del Edificio Enfermo**, situación en la que los ocupantes de un edificio presentan quejas sobre las condiciones ambientales que afectan al confort y a la salud, como por ejemplo, mala ventilación, temperatura inadecuada, exceso de ruido, etc.

Si algo nos ha enseñado la crisis del COVID-19 es sobre la importancia de la medición de CO_2 y la necesidad de ventilar como forma de controlar su concentración. Los virus se propagan a través de las partículas que se originan con la respiración, la tos o el habla, por lo que se puede utilizar el nivel de CO_2 de un espacio interior para estimar si su ambiente contiene un aire potencialmente infeccioso.

Las recomendaciones sanitarias sugieren evitar las aglomeraciones y los espacios mal ventilados. Acciones tan sencillas como abrir una ventana o ampliar la distancia entre personas pueden ser cruciales, pero esto no siempre es posible.

Al igual que con la calidad del aire en exteriores, en interior también es necesaria una granularidad mediante aparatos de medición de CO_2. La mayoría de centros educativos en España han pasado dos inviernos con las ventanas abiertas por falta de una medición de la concentración de CO_2 en el aula. Esto no sólo implica mayor riesgo de gripes y resfriados comunes (y sus correspondientes bajas laborales o pérdida de horas lectivas) sino también mayor consumo de energía y un aumento considerable del gasto teniendo en cuenta que un edificio puede perder aproximadamente entre el 13% y el 30% de la energía por las ventanas.

Auditar el aire interior

Afortunadamente, esta situación transitoria ha acelerado la concienciación de la necesidad de **realizar auditorías del aire interior**.
Los requisitos necesarios para mantener una buena calidad del aire interior están recogidos tanto en el Código Técnico de la Edificación en su DB HS sobre Salubridad y Calidad del aire interior como en el Reglamento de las Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE):

- Mantener niveles de CO2 por debajo de 900 ppm mediante el uso recomendable de sensores con tecnología NDIR (non dispersive infrared)
- Mantener el caudal mínimo de 14 l/s por vivienda (1 dormitorio) o, 8 l/s por persona en edificios categorizados como ambientes calidad media (IDA3).

Ámbito residencial (CTE DB HS3)

Caudal mínimo qv en l/s					
	Locales secos (1)(2)			**Locales húmedos (2)**	
Tipo de vivienda	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores (3)	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorio	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

(1) En los locales secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor
(2) Cuando en un mismo local se den usos de local seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente.
(3) Otros locales pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

Ámbito terciario (RITE)[1]

En función del uso del edificio o local, la categoría de calidad del aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será, como mínimo, la siguiente:

- IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
- IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
- IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
- IDA 4 (aire de calidad baja):

Categoría	dm3 por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Finalmente, a nivel general, asegurar una adecuada filtración del aire exterior para partículas de PM 10 y PM 2,5, y realizar una correcta renovación del aire manteniendo un nivel de humedad entre 40% y 60%.

[1] Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. 2007.

Zonas de Bajas Emisiones (ZBE)

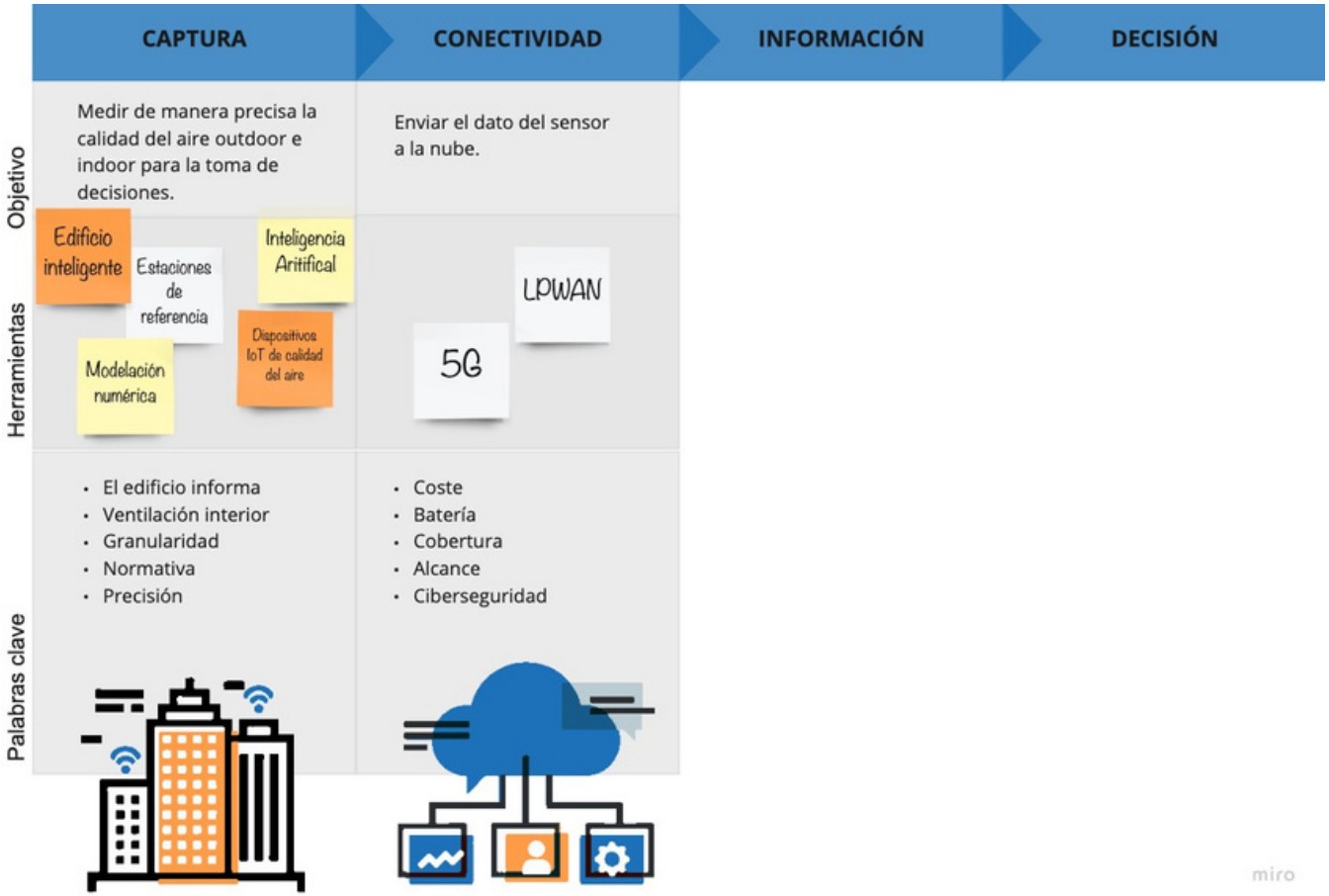
Las Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) consisten en restringir el tráfico en ciertas zonas de una ciudad para tratar de reducir la contaminación producida por los vehículos. Existen diversos tipos de Zonas de Bajas Emisiones dependiendo de las medidas que se tomen. Ejemplos de medidas son: restringir la circulación de determinados vehículos (solo eléctricos, solo residentes, según tipo, según calificación, solo ciertas horas...), restringir el parking (máximo de horas, según calificación de vehículo...), restringir carga y descarga o limitar la velocidad.

Implementar una ZBE afecta directamente al ciudadano, por lo que es necesario estudiar bien las implicaciones que tendrá para no perjudicar a los habitantes. También cabe la posibilidad de que bloquear el tráfico en cierto punto de la ciudad solo lo mueva a otras calles, lo cual en lugar de reducir la contaminación solo la traslada. Además, las ZBE pueden requerir infraestructuras adicionales de coste elevado. Por todos estos motivos, a la hora de tomar una decisión es importante asegurarnos de que la zona y las medidas seleccionadas son adecuadas para nuestra ciudad y de que los resultados merecerán la pena. Para estudiar todos estos factores se requiere una gran cantidad de datos: meteorología, calidad del aire, tráfico, parking, transporte público,

4. Trasladar el dato

El Internet de las Cosas está creando un nuevo mundo “inteligente” que ayuda a las personas a gestionar mejor sus vidas, a las empresas a hacer más competitivas sus negocios y a las administraciones a tomar mejores decisiones. Armonizar las necesidades de las personas, ciudades y empresas pasa por entender que los ciudadanos quieren soluciones y servicios que hagan su vida más segura, saludable, cómoda y eficiente. Y todo conectado.

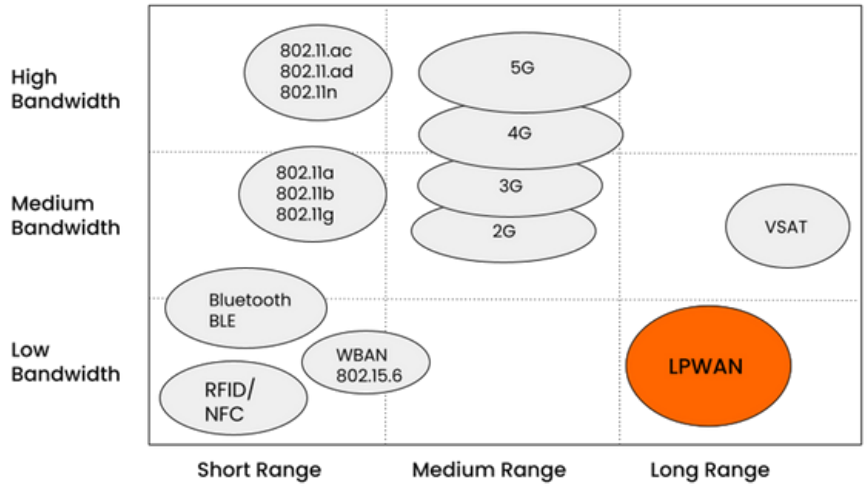
Aquí entra la conectividad para trasladar el dato del sensor a la nube o a un dispositivo edge-computing.



Redes LPWAN

El auge en los últimos años de las tecnologías IoT ha supuesto un aumento en el número de dispositivos conectados. Por ello, ha sido necesaria la aparición de nuevas tecnologías capaces de interconectar una gran cantidad de dispositivos. Las actuales redes de comunicación inalámbrica no se ajustaban a los requisitos de IoT por diversos motivos: las tecnologías como bluetooth y zigBee no están diseñadas para largo alcance y las tecnologías 3G, 4G y 5G que presentan un mayor alcance consumen mucha energía.

Como solución a esta necesidad nace LPWAN, siglas de Low Power Wide Area Network. Su objetivo es dar conectividad a un elevado número de elementos en una zona de cobertura amplia minimizando el consumo de energía. Su idoneidad para IoT radica en que generalmente los dispositivos y sensores de calidad del aire transmiten poco volumen de datos.



Fuente: elaboración propia

Como se aprecia en el gráfico, no es posible que una tecnología inalámbrica pueda cubrir todos los requerimientos IoT. La tecnología LPWAN cubre casi en exclusiva las necesidades de aquellas aplicaciones que requieren transferir de forma inalámbrica pequeñas cantidades de datos, pocas veces al día y a través de largas distancias. Por ejemplo, una estación de calidad del aire monitorizando nueve parámetros (cinco contaminantes, temperatura, humedad, presión atmosférica y ruido) envía 175 MB al mes. Como referencia, una persona media usa 156 MB a la hora cuando chequea sus redes sociales. Así pues, las LPWAN es la solución ideal para conectar dispositivos que requieran de mucho menos ancho de banda en aplicaciones como:

- Smart Cities
- Industria
- Agricultura y ganadería
- Tracking

Actualmente, se pueden encontrar en el mercado diferentes tecnologías LPWAN que cumplen los requisitos que necesita la industria IoT para poder conectar la gran cantidad de dispositivos que están apareciendo:

- **Larga duración de la batería:** la baja señalización permite una duración de las baterías de años.
- **Bajo coste:** los protocolos simplificados y ligeros de LPWAN reducen la complejidad en el diseño hardware sus costes asociados.
- **Cobertura amplia:** el alcance operativo de LPWAN varía desde pocos kilómetros en áreas urbanas hasta más de 10 km en entornos rurales. También permite una efectiva comunicación de datos en ubicaciones interiores y subterráneas.
- **Baja potencia:** optimizados para el consumo de energía, los transceptores LPWAN pueden funcionar con baterías pequeñas y económicas hasta por 20 años.
- **Soporte para un gran número de dispositivos:** dada la baja señalización soportan un gran número de dispositivos.

Por lo general, las redes LPWAN se asocian con redes de sensores y dispositivos distanciados geográficamente, que transmiten pequeños datos de información sobre su estado.

NB-IoT y LTE-M

Dentro de las tecnologías LPWAN más importantes encontramos una división: las redes LPWAN sin licencia (por ejemplo, Sigfox y LoRaWAN) que necesitan mecanismos de protección contra interferencias como un ensanchamiento del espectro; y las redes LPWAN con licencia (por ejemplo, LTE-M y NB-IoT).

A raíz de la primera versión de las especificaciones NB-IoT y LTE-M definidas por el 3GPP en 2016, la cantidad de conexiones y redes en todo el mundo se ha acelerado. Tanto es así que, a finales de marzo de 2018, se lanzaron un total de 43 redes comerciales NB-IoT y LTE-M1.

A medida que las conexiones globales activas de IoT aumentan se espera que las redes crezcan también con el fin de cubrir esta demanda. Se prevé un crecimiento en el número de dispositivos IoT conectados y activos de 8 a 27 billones entre 2018 y 2025. Y se espera que las redes de área amplia de baja potencia (LPWAN) sean un motor clave para este crecimiento

NR (New Radio 5G)

El 3GPP (3rd Generation Partnership Project) reúne un conjunto de organizaciones (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA, TTC) encargadas de definir los estándares de telecomunicaciones. Este proyecto cubre las tecnologías de redes de telecomunicaciones móviles, incluido el 5G. Las especificaciones abarcan todas las áreas del sistema, incluidos el acceso radio, la red de transporte principal y las capacidades de servicio. También incluye estudios para el acceso no radio a la red central y detalles de interoperabilidad con redes no licenciadas como la Wi-Fi.

Uno de los retos del 5G es la posibilidad de soportar un rango amplio de frecuencias y en particular en bandas milimétricas, conocidas como mmWaves. Dado que el acceso radio para LTE y HSPA no ha sido diseñado para ser optimizado en bandas de frecuencias milimétricas, el 3GPP en las Versiones 15 y 16 introdujo una tecnología de acceso NR para el 5G lo suficientemente flexible para soportar no sólo las bandas menores a 6 GHz sino también frecuencias de hasta 100 GHz.

Finalmente, se ha conseguido una tecnología y una red de acceso NR que satisface una gama extensa de casos de uso, clasificados en tres grupos: banda ancha móvil mejorada (eMBB), MTC masivo (mMTC) y comunicaciones de baja latencia ultra confiables (URLLC). Dicha agrupación radica en los requerimientos detectados para cada caso, como pueden ser la capacidad o la latencia

Los servicios MTC o mTC se plantean desde la Versión 17, la cual busca dar soporte a la industria del IoT al dotar de una gran capacidad de conexiones simultáneas (el requerimiento es de 1 millón de equipos por Km2).

Dado que cada equipo IoT envía pequeños paquetes de información a intervalos irregulares con un data rate no importante, las características de transmisión de este tipo de servicios se orientan a incrementar al máximo la capacidad del enlace de subida así como a tratar de mantener la vida útil de las baterías de los equipos y su consumo energético.

El 5G se despliega en las Smart Cities para habilitar tecnologías que exigen una baja latencia, casi nula, como la realidad aumentada, la realidad virtual, los servicios médicos y de emergencias, la videovigilancia o para el uso de drones y coches autónomos.

Tabla 5: Comparativa 5G vs conectividades IoT

	4G/5G	Bluetooth	Wi-Fi	802.15.4 (Zigbee, Thread)	LTE-M	NB-IoT	Sigfox	LoRaWAN
Rango	50-80km	10 m - 1.5 km	15 m - 100 m	30 m - 100 m	1 km - 10 km	1 km - 10 km	3 km - 50 km	2 km - 20 km
Consumo	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Tipo de coste	Recurrente	Una vez	Una vez	Una vez	Recurrente	Recurrente	Recurrente	Una vez
Topología	Estrella, Malla, Difusión	P2P, Estrella, Malla, Difusión	Estrella, Malla	P2P, Estrella, Malla	Estrella	Estrella	Estrella	Estrella

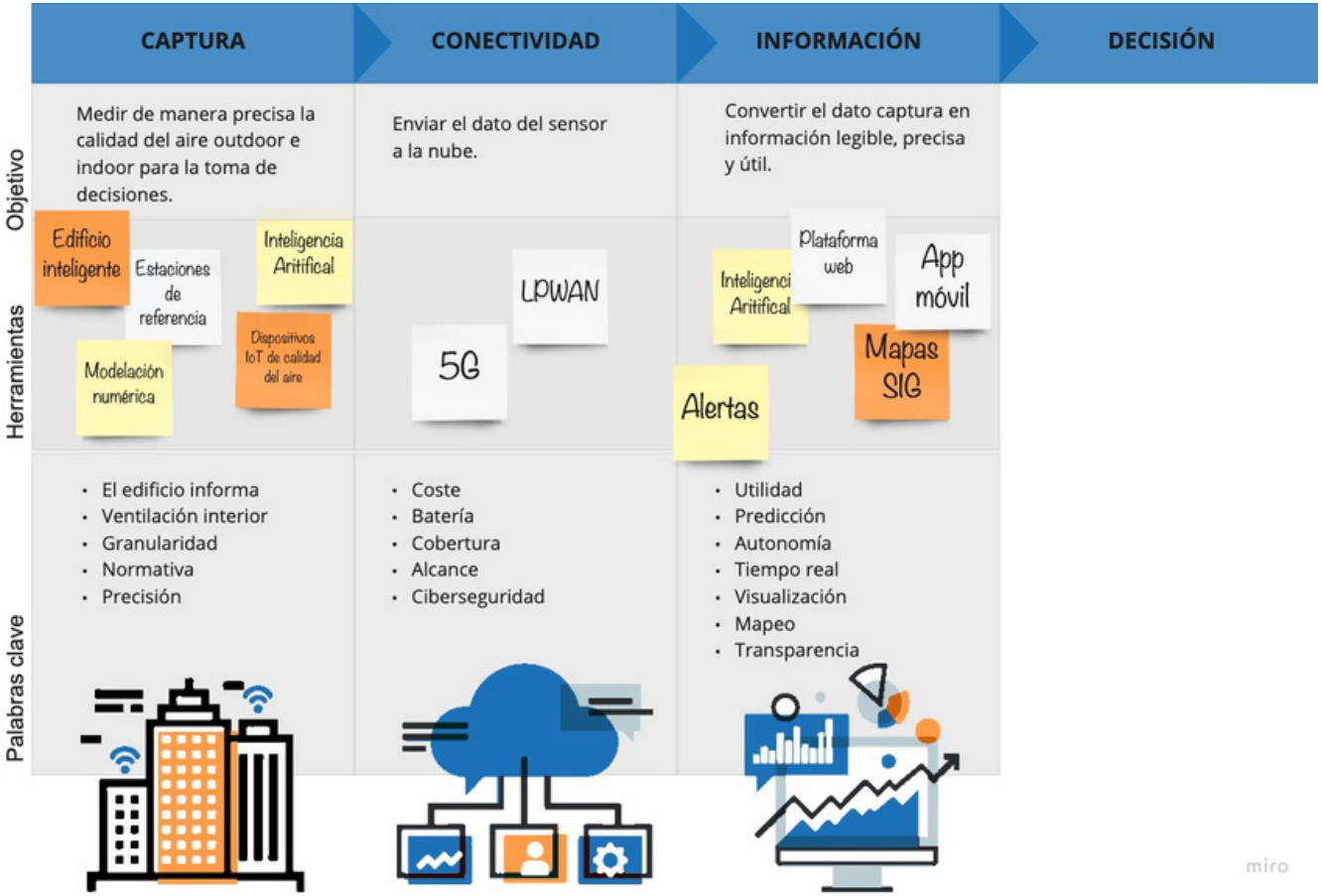
Fuente: elaboración propia

5. Transformar el dato en información

Una vez capturado la medida del parámetro de calidad del aire, con independencia de la técnica utilizada, este se puede usar para:

1. **Informar a la población** del estado actual de la calidad del aire mediante, por ejemplo, paneles informativos o servicios web.
2. **Aplicar de medidas de prevención**, en caso de alerta ciudadana por contaminación atmosférica
3. **Implantar planes de mejora** de la calidad del aire, permitiendo localizar las zonas o sectores a priorizar dentro de la ciudad,
4. **Analizar el impacto** en la salud de la ciudadanía.

Para ello es necesario transformar el dato "bruto" en información útil, transparente y automatizada.



Inteligencia Artificial

La captura de la información y su procesamiento tienen dos vertientes: en tiempo real para el sistema de alertas y/o despliegue de la información en pantallas o plataformas online, y el **procesamiento de los datos para la toma de decisiones** así como la evaluación y mejora del propio algoritmo de predicción de la calidad del aire.

Este procesamiento de datos genera un histórico a partir del cual poder diseñar y definir algoritmos predictivos. Se puede llegar a saber cuál será la calidad del aire dependiendo del momento ya sea por mayor tránsito de vehículos o por causas climatológicas gracias al aprendizaje inteligente. Además, permite detectar diferentes factores que pueden influir en el comportamiento de la calidad del aire, como puede ser un mayor índice de polen.

En la actualidad y gracias a las tecnologías de Inteligencia Artificial (IA), se puede **detectar, informar, predecir y gestionar de manera más eficiente la calidad del aire outdoor e indoor**.

Los algoritmos IA pueden proponer e incluso desencadenar actuaciones a la red IoT de actuadores para revertir la mala calidad del aire (poner límites de velocidad, cortar calles al tráfico, activar la ventilación del edificio, abrir ventanas).

Todo de manera automática.

Sistemas de Información Geográfica

La visualización de los datos de calidad de aire permite obtener una visión integrada.

Los Sistemas de información Geográfica (SIG) son claves para poder dar una **respuesta rápida, efectiva y geolocalizada ante una emergencia**.

Una solución SIG permitirá analizar rápidamente y de un golpe de vista, un área de acción e interés determinado, entender las características demográficas y determinar la infraestructura y activos en riesgo.

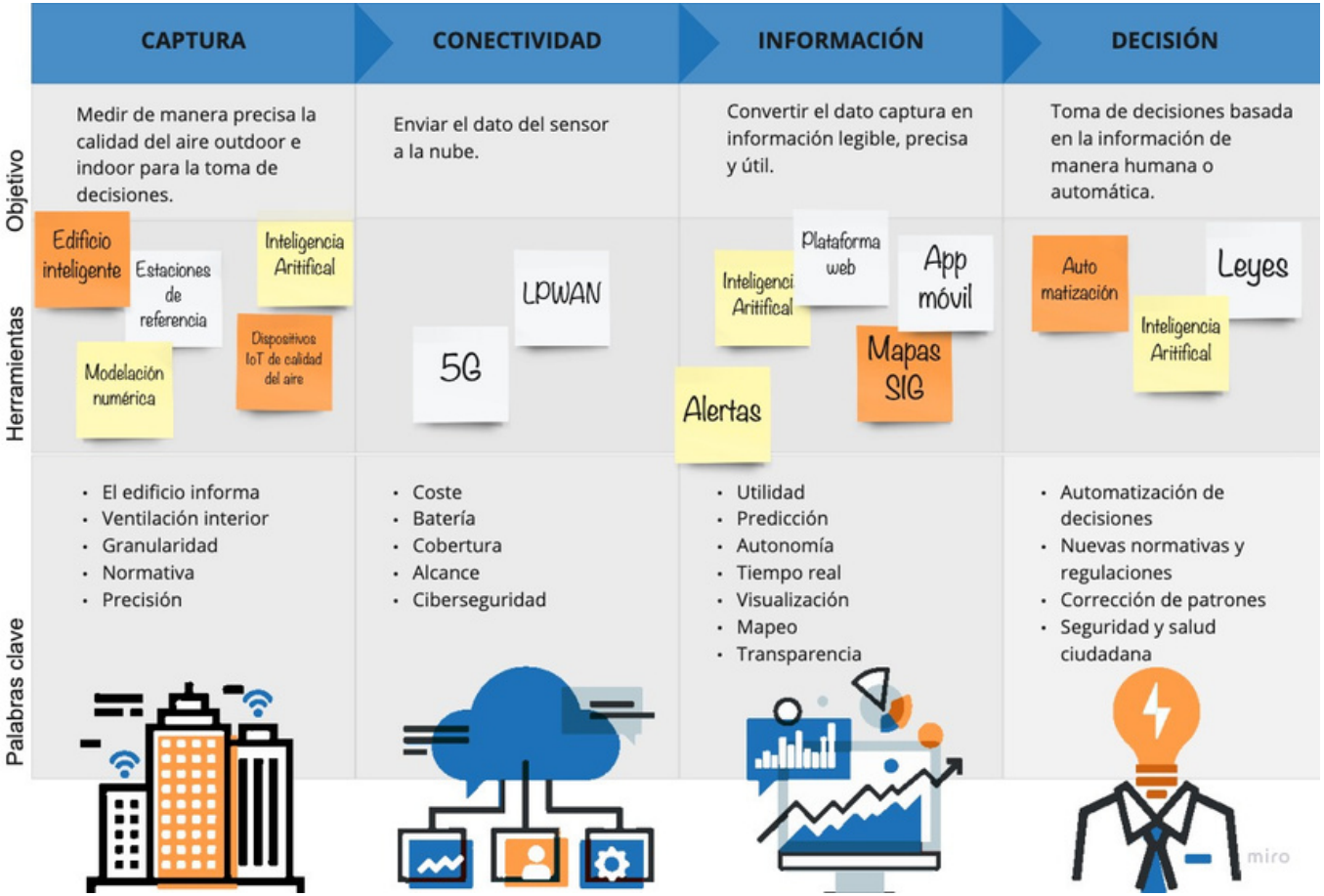
También permiten ver la evolución espacio-temporal de los diferentes parámetros climáticos de la calidad del aire y realizar mapas predictivos tanto de las tendencias como los riesgos asociados a los niveles de calidad del aire.

Las herramientas SIG ofrecen la posibilidad de insertar **cuadros de mandos en tiempo real con componente geográfico,** que permita determinar rápidamente las condiciones cambiantes del aire en un entorno y que sea susceptibles de representar un riesgo para una zona de interés, ayudando a tomar decisiones críticas dentro de una emergencia.

6. Toma de decisiones

La medición de la calidad debe entenderse dentro de un contexto más general, el cual permita diseñar un marco de gestión integrado que incluya las **directrices para que los reguladores, empresas, ciudadanos y administraciones puedan gestionar los diferentes niveles de calidad del aire**, así como las enfermedades y emergencias provocadas por sus bajos niveles.

La primera pregunta que debemos hacernos es ¿para qué medir la calidad del aire? La medición de la calidad del aire debe ser considerada en diferentes momentos o etapas del proceso de gestión, para cumplir diferentes objetivos.



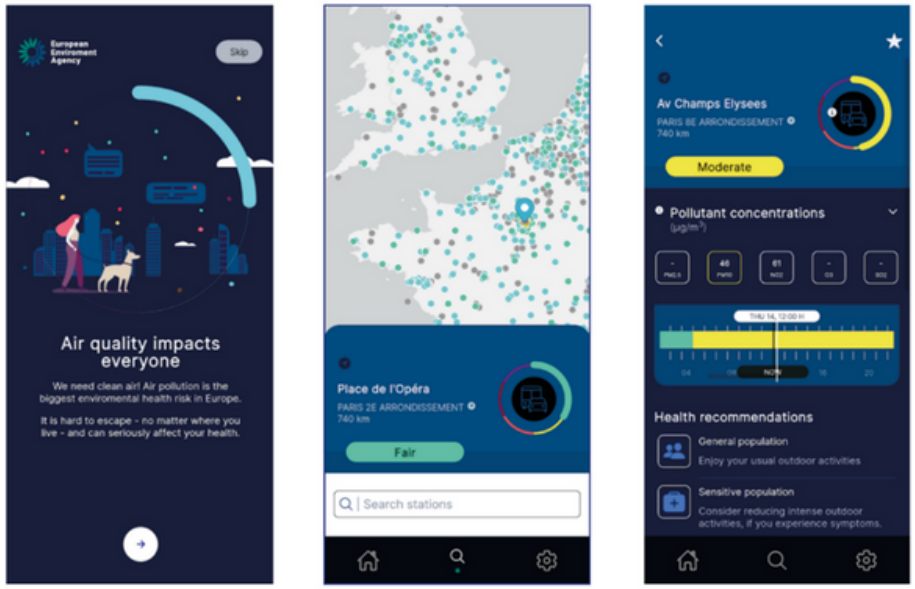
Comprender o analizar la situación actual de la calidad del aire.

Este análisis puede quedarse en identificar los niveles de contaminantes, o bien entrar en el análisis de posibles escenarios. También se puede profundizar en las causas que provocan esos niveles de calidad, o incluso estimar el impacto que estos niveles tienen en la salud de la población.

- Planificar o diseñar políticas. Las medidas y especialmente el análisis realizado en las fases previas de diagnóstico de la situación serán la base para tomar medidas regulatorias.
- Monitorizar. No basta con comprender la situación en un momento determinado, sino que es necesario poder comprender cómo evoluciona la calidad del aire, a través de los diferentes parámetros seleccionados en función de los principales riesgos detectados.
- Controlar. Se trata de asegurar que las medidas de calidad del aire se encuentran dentro de los objetivos marcados, siendo habitual el control de indicadores específicos (KPI).

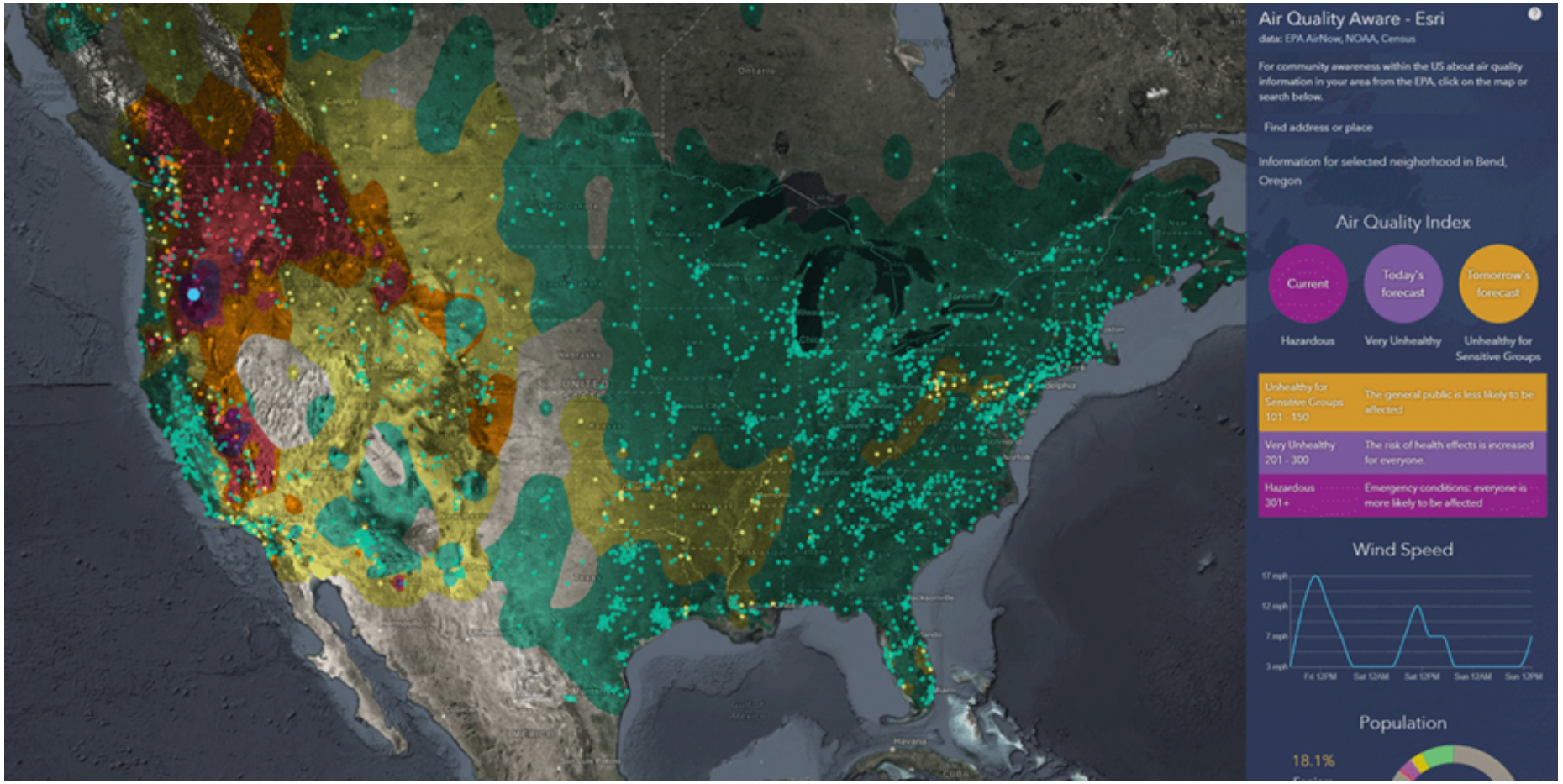
Un ejemplo de aplicación cuya principal función es la comunicación de los niveles de contaminación es la "European Air Quality Index App", publicada por la Comisión Europea y la Agencia Europa de Medio Ambiente. Esta aplicación ofrece información a la ciudadanía sobre la contaminación del aire de modo que pueda tomar decisiones informadas sobre la realización de actividades al aire libre.

Gráfico 3: European Air Quality Index App



Otro ejemplo se puede encontrar en el programa AirNow de la EPA, que ha consolidado la información en una aplicación Air Quality Aware[1] para poner a disposición del público los datos de calidad de aire del territorio de USA. Esta aplicación, presenta información global y un resumen de la zona consultada por el usuario

Gráfico 4: Air Quality Aware



1[1] Air Quality Aware: https://livingatlas.arcgis.com/airquality/

Predecir episodios de contaminación

La combinación de datos de la calidad del aire con datos de la actividad humana y datos meteorológicos permite estimar y predecir los niveles de contaminación para tomar medidas preventivas. Por ejemplo, notificar a conductores con aparcamientos disuasorios para evitar entrar en las Zonas de Bajas Emisiones cuando estas estén muy contaminadas.

Identificar las fuentes de contaminación

El conocimiento de los niveles de calidad del aire debe llevar acciones asociadas para reducir el nivel de contaminación, y para eso es necesario actuar sobre las fuentes. Existe literatura que presenta cómo se han utilizado datos de sensores en satélite (MODIS, Sentinel) para analizar la procedencia de determinados contaminantes a nivel regional o nacional.

Integración de distintas fuentes de datos de calidad del aire

En ocasiones, cuando la red de estaciones de monitorización no tiene la densidad o cobertura geográfica apropiada, es necesaria la integración de datos de diferentes fuentes para asegurar el nivel de calidad de datos. adecuado

Cálculo de estimación óptima de instalaciones contaminantes

A partir de la información sobre los niveles de calidad del aire existentes, y de los niveles estimados que un entorno industrial determinado puede generar, se realiza el análisis de la ubicación para esa instalación que minimice el impacto en los ciudadanos.

Presentar niveles de calidad del aire a ciudadanos

Los datos de calidad del aire obtenidos a través de determinados sensores pasan un proceso de control de calidad y si es necesario se agregan o transforman para ser presentados a los ciudadanos. Es habitual que dicha presentación se realice a través de dispositivos móviles, que utilizan sus capacidades de geolocalización para mejorar la experiencia de usuario y aportar información sobre su entorno.

Generar alertas por niveles peligrosos

En ocasiones los sistemas para presentar la información sobre los niveles de calidad del aire a los ciudadanos no son suficientes, y es necesario analizar la información para determinar ciertos niveles o situaciones peligrosas para generar alertas que lleguen a toda la población.

Análisis del impacto de la contaminación en los ciudadanos

Las administraciones públicas realizan estudios sobre el impacto que determinados niveles de contaminación, reales o hipotéticos, tienen en la salud de los ciudadanos, y posteriormente utilizan esa información para el diseño de políticas en el ámbito medioambiental, de la movilidad, salud, etc.

7. Seguridad y ciberseguridad

La ciberseguridad es una capa **transversal a todo proyecto IoT de calidad del aire**. Así como se toman las medidas de seguridad necesarias para proteger el hardware instalado y evitar el vandalismo o el acceso indebido, se requiere también imponer medidas a cada uno de los puntos de la cadena.

A veces, errores comunes como una configuración predeterminada inadecuada (como incluir contraseñas predeterminadas) o no mantener actualizado el firmware pueden suponer brechas de seguridad perfectamente evitables.

Las soluciones IoT que no están desarrolladas o aseguradas adecuadamente pueden estar amenazadas y con ellas, la seguridad y el bienestar de los ciudadanos.

Tabla 6: “What Is IoT Cybersecurity?”

Condiciones	Descripción
Interrupción del servicio	Manipular un dispositivo IoT para hacer que un servicio esencial (por ejemplo, una represa generadora de energía, el sistema de agua, una base de datos) no esté completamente disponible.
Robo de datos	Obtener acceso indebido a información de identificación personal (PII), como nombres, cuentas de usuario, seguro social, números de identificación nacional de salud, números de teléfono y direcciones de residencia. Cada vez más, tanto las organizaciones como las personas están preocupadas por el uso, y el mal uso, de la información personal.
Manipulación de datos o servicios	Donde el atacante puede realizar cambios arbitrarios en la configuración de un dispositivo, lo que puede provocar la pérdida de vidas, la pérdida de servicio, daños al propio dispositivo o daños a otros dispositivos.
Incumplimiento	No cumplir con los requerimientos promulgados en leyes diseñadas para proteger la privacidad, como el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) de la Unión Europea.

Fuente: Comptia

Es importante determinar qué es lo que se debe proteger e implementar las medidas de seguridad específicas para la protección de ciberataques.

Requisitos para un proyecto IoT infranqueable:

- Armonizar las iniciativas y reglamentos de seguridad IoT.
- Formación a los usuarios sobre ciberseguridad, definiendo las pautas de seguridad desde el inicio del ciclo, en el diseño de hardware y software, hasta el final, cuando los datos se muestran en la plataforma web.
- Lograr la interoperabilidad en todos los sistemas a los que se conectan los dispositivos inteligentes.

8. Conclusiones

El Foro Económico Mundial estimó que el 84% de los proyectos de IoT tienen el potencial de abordar partes de los objetivos de sostenibilidad de la ONU.

Retomando el esquema planteado inicialmente y que ha servido para conducir este whitepaper, el fin de cualquier proyecto IoT de medición de calidad del aire es tomar la decisión más acertada para, primero, revertir el daño y, segundo, prevenir futuros males.

Así pues, para que las administraciones y empresas puedan asegurarse de tomar la decisión correcta, deben estar seguros de que el dato ha sido capturado de manera precisa y sin interferencias, que no ha perdido ningún paquete de información por el camino y que ha sido procesado de manera inteligente.

Hay un hilo conductor que une todas las partes del proceso para mantenerlo intacto y es la seguridad del dato. Se trata de proteger la información de acceso no autorizado, corrupción o robo en todo su ciclo de vida y abarca desde la seguridad física del hardware y los dispositivos de almacenamiento (los sensores, el nodo IoT) hasta los controles administrativos y de acceso (la plataforma en la nube), así como la seguridad lógica de las aplicaciones de software.

En el último eslabón, las políticas y medidas basadas en esos datos, que deben ser públicas y transparentes para una mejor vigilancia y eficacia y, por supuesto, para una fiscalidad por parte de todos los entes implicados del cumplimiento de los KPIs del objetivo número 11 de los ODS.

GRUPO DE TRABAJO DE CALIDAD DEL AIRE: EMPRESAS PARTICIPANTES WHITEPAPER

ELLIOT CLOUD

esri THE SCIENCE OF WHERE

etra

tecnalia Inspiring Business

indra

inetum Positive digital flow

libelium

S&P

Televes

vicomtech MEMBER OF BASQUE RESEARCH & TECHNOLOGY ALLIANCE

DECÁLOGO

Personal formado capaz de gestionar el proyecto

Planificación del proyecto a largo plazo

Toma de **decisiones técnicas en base a los datos**

Automatización de estas decisiones o acciones cuando se requieran

Interoperabilidad entre plataformas y tecnologías IoT

DECÁLOGO

Búsqueda de la granularidad de las estaciones de calidad del aire

Diseño de soluciones sostenibles desde el origen

Especial celo en la seguridad y privacidad de los datos.

El ciudadano debe estar en el centro, informado y concienciado.

Transparencia de los datos y decisiones