

## **INFORME DE SEGUIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA 5G**

### **PARTE I**

## **LOS CASOS DE NEGOCIO DE LA TECNOLOGÍA 5G**

**REF.INF/DTSA/328/23**

14 de marzo de 2023

[www.cnmc.es](http://www.cnmc.es)

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Previsiones de impacto económico de 5G .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Desarrollo de los servicios 5G.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1. Características de los servicios de comunicaciones 5G.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2. Despliegue comercial actual de servicios 5G .....</b>	<b>8</b>
<b>3.3. La transformación digital industrial facilitada por 5G .....</b>	<b>10</b>
<b>4. Casos de uso probados en verticales en España .....</b>	<b>15</b>
<b>4.1. Industria.....</b>	<b>17</b>
<b>4.2. Seguridad y emergencias, salud y educación .....</b>	<b>23</b>
<b>4.3. Entretenimiento, media, eventos .....</b>	<b>25</b>
<b>4.4. Infraestructuras de energía, gas, agua.....</b>	<b>28</b>
<b>4.5. Movilidad y transporte .....</b>	<b>31</b>
<b>4.6. Ciudades inteligentes, turismo y comercio.....</b>	<b>39</b>
<b>4.7. Agricultura.....</b>	<b>42</b>
<b>5. Conclusión .....</b>	<b>45</b>

# INFORME DE SEGUIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA 5G: LOS CASOS DE NEGOCIO DE LA TECNOLOGÍA 5G

(INF/DTSA/328/23)

## CONSEJO. SALA DE SUPERVISIÓN REGULATORIA

### Presidenta

D.<sup>a</sup> Pilar Sánchez Núñez

### Consejeros

D. Josep Maria Salas Prat

D. Carlos Aguilar Paredes

### Secretario

D. Miguel Bordiu García-Ovies

En Madrid, a 14 de marzo de 2024

## 1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías móviles han supuesto un acelerado desarrollo social y económico en todo el mundo, suponiendo en 2022 el 5% del producto interior bruto (PIB) mundial, según la GSMA<sup>1</sup>. Son imprescindibles para los ciudadanos, tanto como herramienta de comunicación interpersonal, como de acceso a multitud de aplicaciones digitales, gracias al amplio despliegue de redes 4G/LTE, que han permitido a los operadores la comercialización de servicios de banda ancha móvil.

En Europa la previsión de crecimiento de conexiones a la red móvil sigue incrementándose, y se espera que aumente aún más con el número de dispositivos IoT (Internet of Things) conectados<sup>2</sup>. Y la alta demanda de servicios

---

<sup>1</sup> Informe GSMA “The Mobile Economy 2023”.

<sup>2</sup> Según el informe de la GSMA “The Mobile Economy Europe – 2022”, se esperan ratios de penetración de conexiones SIM en Europa del 128% en 2025, y se estima que para 2025 habrá 406 millones de dispositivos IoT conectados a una red móvil.

de banda ancha hace que el tráfico de datos móviles haya aumentado en 2022 un 42,5% con respecto al año anterior<sup>3</sup>.

La tecnología 5G, la quinta generación de telefonía móvil, está siendo desplegada por los operadores y ya es posible disfrutar de una mayor velocidad de conexión con respecto a 4G, aunque será necesario esperar algunos años para que la cobertura de las redes 5G se extienda y sus nuevas funcionalidades estén disponibles para el conjunto de la población. El 5G no supone un mero cambio tecnológico que mejore la velocidad de los dispositivos móviles, sino que se perfila como uno de los componentes tecnológicos esenciales en la transformación digital de las empresas y la sociedad, gracias a que aporta conexiones permanentes, ubicuas, de gran capacidad, entre personas y entre máquinas, sin retardos, seguras y fiables.

Sin embargo, el desarrollo de nuevos casos de uso conectados por redes 5G y aplicados a distintos sectores económicos, mayoritariamente industriales, es un desafío, por lo que su implantación comercial está siendo progresiva, al suponer un cambio disruptivo en las relaciones entre los operadores tradicionales de telecomunicaciones y los agentes de los diferentes sectores, abriendo paso a nuevos proveedores de servicios, nuevas formas de colaboración entre los distintos actores y la evolución de los respectivos roles en la cadena de valor.

Este documento expone los casos de negocio facilitados por esta tecnología que se están probando o desplegando comercialmente. Servirá de punto de partida para el análisis de otros aspectos relativos al desarrollo en el mercado de esta tecnología en condiciones de competencia, que pudieran tener implicaciones a nivel regulatorio, en línea con lo previsto en el Plan de Actuaciones de la CNMC<sup>4</sup>.

## **2. PREVISIONES DE IMPACTO ECONÓMICO DE 5G**

La GSMA estimó que en 2021 los operadores móviles contribuyeron a la economía europea con un valor económico de 100.000 millones de euros, es decir, un 0,6% del PIB europeo. De hecho, el valor añadido del ecosistema y la tecnología móvil en la productividad económica es mucho mayor, estimándose su impacto económico total en un 4,5% del PIB. Y para 2025 se espera que la contribución total del sector móvil en la economía europea aumente en 80.000 millones de euros.

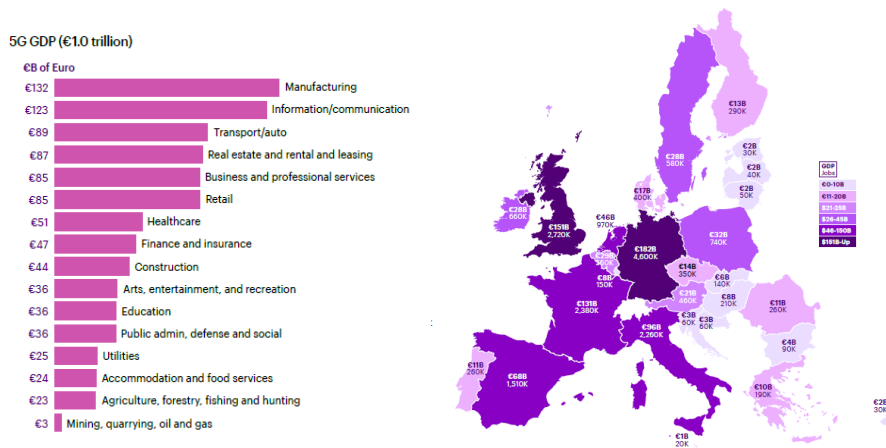
---

<sup>3</sup> Fuente: CNMCDData

<sup>4</sup> Línea de acción número 56 (“Seguimiento de los casos de negocio de la tecnología 5G e identificación de los retos regulatorios que planteen”) del Plan de Actuaciones 2021-2022.

Por su parte, entre 2022 y 2025 la GSMA estima que los operadores invertirán del orden de 122.000 millones de euros, estando el 90% de dicho esfuerzo vinculado al despliegue 5G.

Reputadas firmas internacionales manejaron cifras mucho más elevadas. Accenture, en su análisis de 2021 aplicado a Europa<sup>5</sup>, señaló que la tecnología 5G añadiría hasta 1 billón de euros al PIB europeo en el período comprendido entre 2021 y 2025, pudiendo crear o transformar hasta 20 millones de puestos de trabajo. Analizó el impacto en 16 actividades empresariales, estimándose un mayor impacto en las áreas de fabricación industrial, tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) y transporte/automoción. Además, calculó el impacto del 5G por país, estimándose para España un incremento de 68.000 millones de euros sobre el PIB y de hasta 1,5 millones de puestos de trabajo.



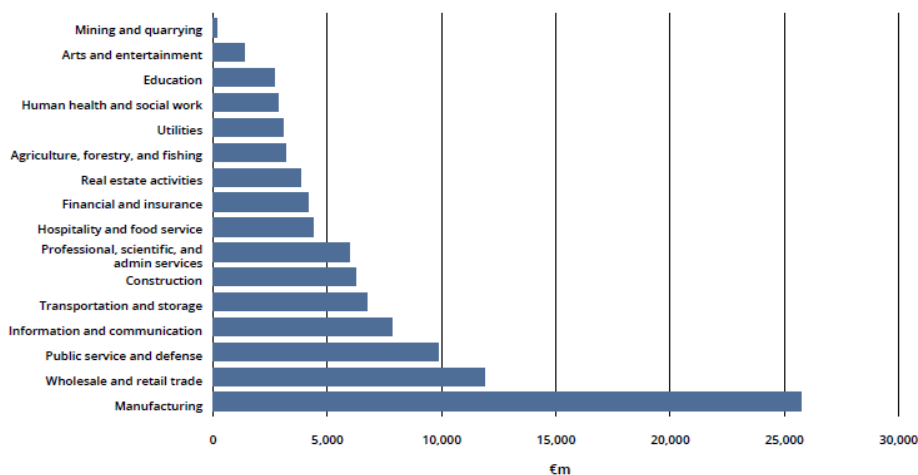
**Ilustración 1 Impacto añadido del 5G al PIB europeo por sectores y países (Accenture)**

Otro estudio publicado en 2021 por Omdia para Orange<sup>6</sup>, analiza el impacto de 5G en cinco países europeos, siendo España uno de ellos. En este análisis se estima que la tecnología 5G facilitará un aumento de las ventas de 100.000 millones de euros para 2030 en España, siendo el sector industrial de la fabricación el que se verá más beneficiado, con un 26% del total.

Además, Omdia estima que 5G resultará en una creación de 322.000 puestos de trabajo (1,6% de la mano de obra) en las distintas industrias, con una mayor proporción en el sector TIC (36%) y el servicio público y de defensa (23%).

<sup>5</sup> Accenture Strategy, “The Impact of 5G on the European Economy”, febrero de 2021.

<sup>6</sup> Omdia 2021 – “5G Impact 2030”



**Ilustración 2 Desglose de las ventas adicionales facilitadas por 5G por tipo de industria en 2030 (Ondia 2021)**

Sin perjuicio de que algunas previsiones puedan ser sorprendentemente optimistas dado el estado actual de despliegue de las redes y servicios 5G, todos los analistas coinciden en que la mayoría de su impacto económico provendrá de la transformación digital de los sectores industriales. Sin embargo, esto no quiere decir que la tecnología 5G sea la única responsable de dichos beneficios económicos, sino que sus mayores capacidades en cuanto a velocidad, latencia y soporte masivo de dispositivos facilitarán el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios, combinando otras tecnologías como la explotación de datos, inteligencia artificial (IA), robótica o realidad virtual.

### **3. DESARROLLO DE LOS SERVICIOS 5G**

#### **3.1. Características de los servicios de comunicaciones 5G**

Las generaciones móviles anteriores a 5G fueron concebidas para prestar servicios de comunicaciones en movilidad enfocados a las personas (voz en 2G, Internet de baja velocidad con 3G y banda ancha móvil con 4G). Sin embargo, 5G ha sido diseñada para satisfacer las necesidades de conectividad específicas de una amplia gama de sectores profesionales e industrias -denominados generalmente “*verticales*”-, tales como la fabricación, la logística, el transporte y la automoción, la energía o la salud.

Las capacidades técnicas de 5G fueron definidas en la Recomendación M.2083-0 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones para soportar 3 perfiles de uso o escenarios de comunicación:

- **Banda ancha móvil mejorada (eMBB<sup>7</sup>):** son comunicaciones con altas velocidades de transmisión de datos, con picos teóricos de descarga de datos de hasta 10 Gbps<sup>8</sup>, muy superiores a 4G. La transmisión de vídeos de ultra alta definición, las aplicaciones de realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR) o el acceso fijo inalámbrico serían ejemplos de este uso.
- **Comunicaciones de gran fiabilidad y baja latencia (URLLC<sup>9</sup>):** permite conexiones de muy baja latencia -por debajo de 10 milisegundos, con el objetivo de llegar a 1 milisegundo-, y aumenta la disponibilidad de la red hasta el 99,999% del tiempo, permitiendo comunicaciones sin cortes con terminales moviéndose hasta velocidades de 500 km/h.

Este perfil de uso es fundamental para aplicaciones industriales de automatización de fábricas, con control remoto en tiempo real de equipos, robots y maquinaria. Y también para las aplicaciones avanzadas de vehículo conectado y autónomo, drones, seguridad y emergencias, con tiempos de respuesta en tiempo real.

- **Comunicaciones masivas de tipo máquina (mMTC<sup>10</sup>):** ofrece conectividad orientada al Internet de las Cosas (IoT<sup>11</sup>), con conexiones simultáneas a un número muy elevado de dispositivos (hasta 1 millón de dispositivos por Km<sup>2</sup>) de bajo coste, con bajo consumo de energía (duración hasta 10 años de las baterías) y baja transmisión de datos (menores de 1 Mbps).

Este escenario está diseñado para el cada vez mayor número de dispositivos IoT de consumo y para los servicios IoT industriales (IIoT<sup>12</sup>), tales como alertas periódicas en sistemas de sensores y teledetección en aplicaciones de ciudades inteligentes (*smart cities*), gestión de flotas, sistemas de monitorización operativa de equipos en fábricas o almacenes (*smart manufacturing*) o sensores de gestión energética inteligente (*smart energy*).

Las altas prestaciones y variedad de servicios simultáneos requeridos en 5G solo son posibles realizando importantes mejoras en la red, tanto a nivel del acceso

---

<sup>7</sup> *Enhanced Mobile Broadband Communications.*

<sup>8</sup> La recomendación UIT-R M.2083-0 indica que bajo ciertas condiciones y casos se podría llegar hasta una velocidad máxima de datos de 20 Gbps. En todos los casos, la velocidad depende del ancho de banda disponible.

<sup>9</sup> *Ultra-Reliable Low-Latency Communications*

<sup>10</sup> *massive Machine-Type Communications*

<sup>11</sup> *Internet of Things*

<sup>12</sup> *Industrial Internet of Things*

radio, como del núcleo de red. Ahora bien, debido al proceso escalonado de estandarización de las funcionalidades 5G, la disponibilidad de estas prestaciones en las redes está supeditada a la correspondencia con el estándar de los equipos desplegados. Existen dos configuraciones principales en las redes 5G: **NSA (Non Stand Alone)** y **SA (Stand Alone)**.

5G NSA fue la primera arquitectura 5G estandarizada por 3GPP<sup>13</sup>, basada en el despliegue de estaciones radio 5G NR<sup>14</sup> controladas por el núcleo de red 4G existente. Esta configuración 5G NSA fue diseñada para desplegar rápidamente los servicios 5G de banda ancha mejorada (eMBB), pero no está optimizada para poder prestar el resto de las características adicionales 5G.

La configuración 5G SA incorpora el nuevo núcleo de red 5G, donde las funciones de red están completamente virtualizadas y diseñadas nativamente como aplicaciones software en la nube. Esto permitirá automatizar su gestión y desplegar servicios y recursos de forma escalable y eficiente, para ofrecer las funcionalidades avanzadas 5G de gran fiabilidad y baja latencia (URLLC), el soporte masivo de dispositivos IoT (mMTC) y la posibilidad de garantizar la prestación de servicios con diferentes calidades de servicio mediante la segmentación de red o *network slicing*<sup>15</sup>, que optimizarán el despliegue comercial de nuevos casos de uso.

### 3.2. Despliegue comercial actual de servicios 5G

De acuerdo con el Observatorio Europeo 5G<sup>16</sup>, desde enero de 2022 los 27 países de la UE ofrecen servicios comerciales 5G en las principales ciudades y zonas urbanas, con una cobertura 5G estimada del 81% de la población de la UE. Por el momento la mayoría de los despliegues se han realizado sobre redes 5G NSA, pero muchos operadores están probando el núcleo de red 5G y ya se han anunciado lanzamientos comerciales de servicios sobre la red 5G SA en varios países europeos<sup>17</sup>.

---

<sup>13</sup> La configuración 5G NSA fue definida en la *release* 15 de 3GPP, en 2018.

<sup>14</sup> *New Radio*

<sup>15</sup> Virtualización múltiple de redes, de manera que una única red física se configura como múltiples redes virtuales con prestaciones diferenciadas.

<sup>16</sup> Último informe publicado de octubre de 2023. <https://5gobservatory.eu/report-19-october-2023/>

<sup>17</sup> Se pueden mencionar los anuncios de Vodafone y O2 Telefónica en Alemania, Telia en Finlandia, Wind Tre en Italia, Three en Austria, Bouygues en Francia y Tele2 en Letonia.



En España el servicio 5G fue lanzado comercialmente por los operadores entre 2019 y 2020, habiéndose ampliado desde entonces progresivamente la cobertura hasta alcanzar un 86,3% de población cubierta con 5G a finales de 2022<sup>18</sup>. Por el momento el tráfico 5G en las redes todavía es muy reducido, representando solo el 2,4% respecto al total del tráfico de banda ancha móvil en 2022, que es mayoritariamente 4G (90%). Como en el resto de países europeos, todos los despliegues iniciales 5G se basaron en la arquitectura 5G NSA, pero en 2023<sup>19</sup> tanto Orange como Telefónica han anunciado la disponibilidad de servicios 5G avanzados sobre red 5G SA (denominado 5G+ a nivel comercial), en determinadas ciudades.

Se observa que todos los operadores ofrecen el servicio 5G principalmente enfocado al **segmento residencial**, al incluir 5G en sus tarifas empaquetadas sin aumentar el precio con respecto a 4G. Así, la comercialización de 5G ha consistido principalmente en incentivar el uso de la nueva tecnología entre la base de clientes que adquieren un smartphone 5G-con un rango de precio todavía de gama alta- para obtener una mayor velocidad y descargar así más rápidamente los contenidos de vídeo, mejorando así la calidad experimentada. Es decir, por el momento se ofrece mayoritariamente un servicio 5G de mejora de velocidad (**eMBB**).

Un ejemplo representativo de servicio 5G de alta velocidad es el servicio **FWA**<sup>20</sup> (acceso fijo inalámbrico), que ya comercializa Vodafone bajo la denominación “Hogar 5G”<sup>21</sup>. Por el momento, es el caso de uso 5G de mayor éxito comercial en Estados Unidos, donde los operadores lo emplean como alternativa al despliegue de banda ancha de alta velocidad. En Europa también se observa su progresiva comercialización a pesar de que el alcance de las redes de fibra es más elevado, especialmente en países como España. Así, además de España, ha habido lanzamientos en otros países europeos<sup>22</sup>, con una fuerte adopción en Italia, Austria y los países nórdicos<sup>23</sup>.

---

<sup>18</sup> Datos del Informe Económico-Sectorial del año 2022.  
<https://www.cnmc.es/sites/default/files/4807231.pdf>

<sup>19</sup> Orange el 13 de febrero de 2023: <https://blog.orange.es/red/orange-red-5g-sa/> y Telefónica el 3 de julio de 2023: <https://www.telefonica.es/es/sala-comunicacion/prensa/movistar-lanza-5g-y-llega-a-700-localidades-con-5g-de-altas-prestaciones/>

<sup>20</sup> *Fixed Wireless Access*

<sup>21</sup> <https://www.vodafone.es/c/particulares/es/productos-y-servicios/internet-y-fijo/internet-5g-en-casa/>

<sup>22</sup> <https://5gobservatory.eu/?s=FWA>

<sup>23</sup> Según el informe “Ericsson Mobility Report – Business Review Edition”, de febrero de 2023.

Sin embargo, la comercialización de los servicios avanzados de altas prestaciones 5G es aún limitada, debido a que requieren del despliegue de la arquitectura de red 5G SA y de una cobertura 5G con suficiente ancho de banda, como la disponible en la banda espectral de 3.400-3.800 MHz, además de requerir un amplio abanico de dispositivos compatibles con 5G SA<sup>24</sup>.

Por ello, hasta ahora, la mayoría de los servicios 5G para el **segmento empresarial** de los operadores nacionales y europeos están enfocados en ofrecer servicios de banda ancha móvil mejorada y servicios de **red privada** en áreas acotadas, como los **entornos industriales, puertos o fábricas**, además de desarrollar el **negocio IoT**, partiendo de los productos que ya existen con 4G, para progresivamente mejorar sus prestaciones sobre la red 5G. A medida que avance el despliegue de la red 5G SA y la capacidad del acceso radio, las funcionalidades avanzadas podrán estar disponibles a escala suficiente para otros sectores verticales que operen en ámbitos geográficos más amplios.

Como ejemplos de productos comerciales 5G disponibles para usos industriales se pueden mencionar los servicios de empresa lanzados por Telefónica a principios del 2022<sup>25</sup>: (i) conexión y gestión de vehículos guiados (AGV) y robots autónomos móviles (AMR) en logística, industria y almacén, (ii) asistencia remota con gafas inteligentes y (iii) uso de drones para inspección y vigilancia. Y como ejemplos recientes de redes privadas, el despliegue de una red privada 5G SA en el Puerto de Barcelona por parte de Orange<sup>26</sup> o la red privada 5G en el aeropuerto de San Sebastián fruto de la alianza entre Aena y Cellnex<sup>27</sup>.

### 3.3. La transformación digital industrial facilitada por 5G

Aunque el segmento residencial es el que más contribuye a los ingresos de las operadoras móviles, todos los agentes participantes del ecosistema 5G consideran que es en el **ámbito empresarial** donde habrá un mayor crecimiento

---

<sup>24</sup> El último “5G Observatory Report” indica que la mayoría de dispositivos 5G del mercado actualmente soportan 5G SA, basándose en la información del Global Certification Forum (GCF) y la Global mobile Suppliers Association (GSA).

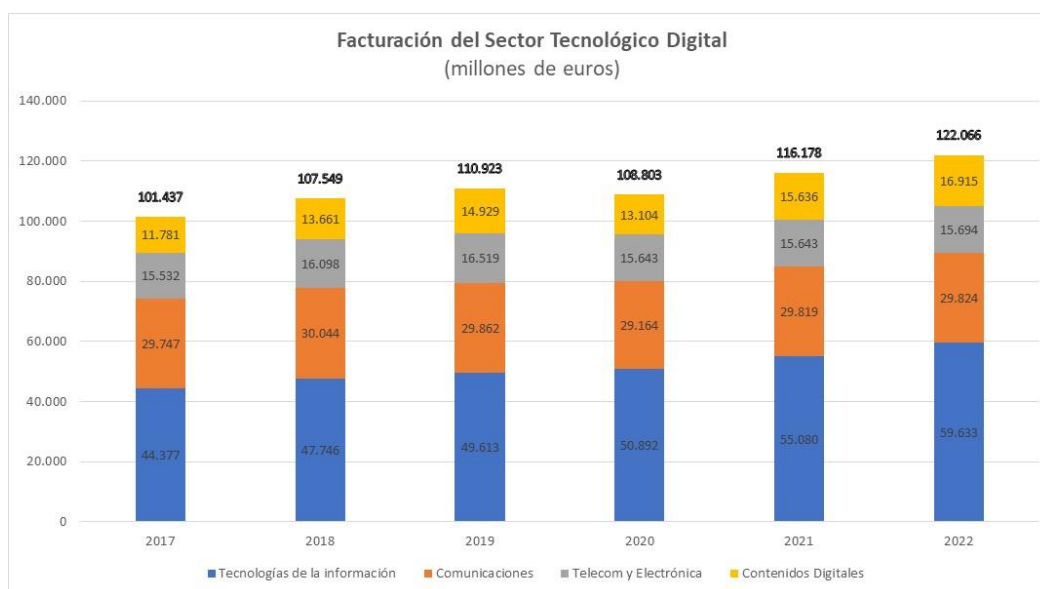
<sup>25</sup> <https://www.telefonicaempresas.es/grandes-empresas/servicios/para-tus-procesos/soluciones-5g-para-empresas/>

<sup>26</sup> <https://www.thenewbarcelonapost.com/orange-implantara-en-el-port-de-barcelona-una-red-5g-pionera-en-europa/>

<sup>27</sup> <https://actualidadaeroespacial.com/aena-y-cellnex-desplegaran-la-tecnologia-5g-en-el-aeropuerto-de-san-sebastian/>

en ingresos en los próximos años a medida que progresa la **transformación digital** de los diferentes sectores industriales.

De acuerdo con AMETIC<sup>28</sup>, la asociación representante de la industria digital en España, en 2022 se mantuvo la recuperación del nivel de crecimiento en la facturación del sector tecnológico digital en el mercado español tras el escenario de contracción económica marcado por la pandemia, llegando a un total de 122.066 millones de euros, lo que supuso un aumento del 5,1% con respecto al año anterior, y un impacto en el PIB del 22,6%. AMETIC enmarca el sector tecnológico en cuatro grandes ámbitos: tecnologías de la información, comunicaciones, Telecom y electrónica, y contenidos digitales.



**Ilustración 3 Barómetro AMETIC**

Este crecimiento en la facturación del sector tecnológico digital no está liderado por las empresas de comunicaciones, donde se encuentran los operadores, sino que viene impulsado por el aumento en la facturación de las empresas de tecnologías de la información (TI), que proveen tanto hardware y software como servicios de digitalización en segmentos variados tales como cloud, hosting, web o proceso de datos, entre otros, además del crecimiento continuado en ingresos del sector de contenidos digitales.

<sup>28</sup> “Barómetro de la Economía Digital AMETIC 2023” <https://ametic.es/publicacion/barometro-de-la-economia-digital-ametic-edicion-2023/>

Visto este contexto, los operadores de telecomunicaciones están ampliando su ámbito de actuación hacia la **digitalización empresarial**, para aumentar su facturación en el segmento TI. Así, los operadores nacionales ya están ofreciendo a pymes y grandes empresas **servicios adyacentes** a su negocio principal de conectividad fija y móvil, tales como herramientas de desarrollo y presencia web, de análisis de big data e inteligencia artificial, ciberseguridad, servicios IoT y servicios cloud, estos últimos basados mayoritariamente en acuerdos con los principales proveedores de nubes públicas.

Esta tendencia se observa en el estudio externo encomendado por BEREC sobre los servicios para empresas en Europa<sup>29</sup>. Dicho estudio confirma que los operadores ofrecen con mayor frecuencia **paquetes de servicios** de comunicaciones combinados con servicios TI y un 50% de las empresas encuestadas ya los utilizan<sup>30</sup>.

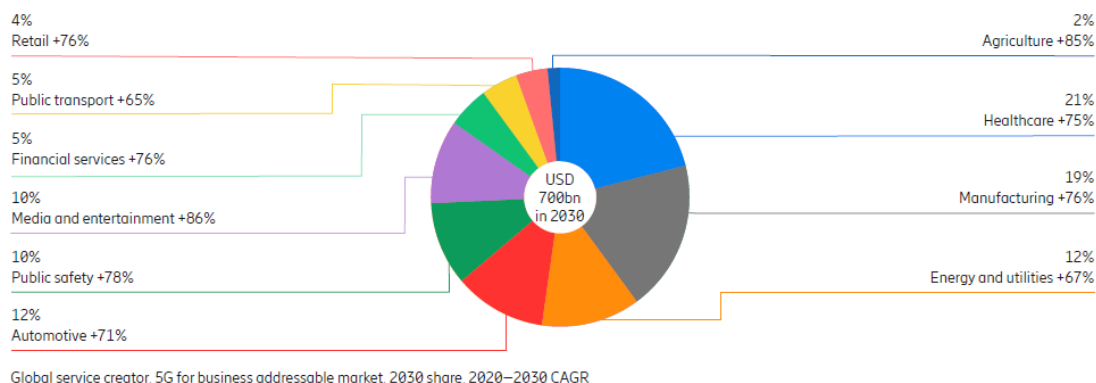
En este marco de digitalización generalizada de las empresas, las capacidades mejoradas de las redes 5G, combinadas con las herramientas y aplicaciones TI, abren un abanico adicional de servicios que pueden ser fuente de ingresos para los proveedores de conectividad. Según Ericsson<sup>31</sup>, en el año 2030 los ingresos impulsados por el uso de 5G en una serie de sectores industriales que muestra la ilustración pueden suponer 1,5 billones de dólares en el mundo, de los cuales los operadores podrían captar unos 0,7 billones.

---

<sup>29</sup> El estudio fue publicado en diciembre de 2022 y ofrece una visión global del mercado de comunicaciones electrónicas para empresas, desde el punto de vista de la demanda y de la oferta, en base a las encuestas realizadas a 1.000 empresas y las entrevistas con operadores de cinco países: Alemania, España, Francia, Italia y Polonia. Disponible en <https://www.berec.europa.eu/en/document-categories/berec/others/external-study-on-communication-services-for-businesses-in-europe-status-quo-and-future-trends>

<sup>30</sup> Son generalmente servicios de seguridad, almacenamiento en la nube, alojamiento de servidores, comunicaciones unificadas y colaborativas (UCC, Unified Communications and Collaboration), tales como videoconferencia y mensajería, o SD-WAN (Software Defined – Wide Area Network: red de área extensa definida por software, permite mediante software controlar y gestionar todos los componentes hardware de la red de una organización).

<sup>31</sup> “5G for business: a 2030 market compass”



**Ilustración 4 Oportunidades para los operadores en el sector B2B habilitadas por 5G y su tasa de crecimiento (Fuente: Ericsson)**

En cualquier caso, las expectativas de aplicación del 5G a las industrias sectoriales son altas. Se esperan, por ejemplo, mejoras en la fabricación avanzada, la automatización industrial y el mantenimiento preventivo, que combina el análisis en tiempo real de los datos recogidos por multitud de sensores, con realidad aumentada y herramientas de IA. También un incremento de la productividad y la seguridad mediante el control de vehículos guiados, drones y robots en entornos de riesgo para operarios, y la supervisión y vigilancia de zonas con difícil acceso.

Dado que los casos de uso deben estar adaptados a los requisitos específicos de cada entorno industrial, desde el principio los diferentes agentes han estado colaborando con empresas especialistas de cada sector vertical, para identificar las propuestas que aporten un mayor valor a los clientes empresariales. Se han puesto en marcha en Europa, y particularmente en España, multitud de experiencias piloto 5G para probar la tecnología, explorar sus limitaciones y mejoras, estimar la rentabilidad de las aplicaciones y comprobar el interés y desarrollo potencial de negocio en los distintos sectores industriales.

La experiencia adquirida en estos pilotos y experiencias precomerciales confirma la intensa necesidad de **colaboración** entre los diferentes agentes (operadores, proveedores de equipos, integradores, desarrolladores, proveedores de servicios en la nube, especialistas en tecnología operacional), incluidos los propios clientes empresariales, para explotar plenamente los méritos de 5G.

El despliegue de redes privadas 4G/5G (redes móviles que se establecen para un único cliente con elementos que se le dedican de forma exclusiva) es el principal caso de negocio orientado a empresas en el que se están focalizando los esfuerzos de todos los integrantes del ecosistema 5G, y las diferentes experiencias están permitiendo a las industrias verticales conocer las

posibilidades y rendimiento de 5G frente a otras tecnologías, y el impacto de incorporar en sus procesos y sistemas las aplicaciones que 5G habilita.

Además, también se prevé una **mayor dinámica competitiva**, especialmente en la provisión de servicios de red privada para el entorno empresarial, con un mayor número de oferentes, debido a la entrada de los grandes proveedores de infraestructura en la nube, y a la transformación en la oferta de servicios de los operadores móviles, y también de los suministradores de equipos y de infraestructuras.

Sin embargo, el nivel de demanda es aún bajo y existe una sensación de ralentización en la disponibilidad de los nuevos servicios para verticales, en parte provocada por las altas expectativas ligadas a la tecnología 5G anunciadas estos últimos años. Las funcionalidades mejoradas en cuanto a latencia y fiabilidad (URLLC) o network slicing requieren la **migración** de la red 5G NSA a la configuración SA y la evolución hacia una arquitectura de red basada en servicios, lo que representa un **desafío** técnico y operativo para los operadores. Así, muchos de los servicios con mayor interés, como el control de maquinaria industrial automatizado y mantenimiento predictivo, o las aplicaciones de asistencia y seguridad en tiempo real, necesitan de conectividad fiable a muy baja latencia y gran ancho de banda que integre el procesamiento de los datos en el borde de la red (edge computing<sup>32</sup>).

Por tanto, se prevé que la disponibilidad de los servicios mejorados 5G a escala comercial se dilate en el tiempo. Los operadores están acompañando sus inversiones de despliegue de red en función del **crecimiento de la demanda** de estos nuevos servicios por parte de las empresas, a la vez que prueban nuevas formas de **rentabilidad de sus infraestructuras** mediante la puesta a disposición de terceros de las capacidades de las redes, como la iniciativa Open Gateway, liderada por GSMA y apoyada en su lanzamiento por 21 operadores móviles globales, entre ellos Telefónica, Vodafone y Orange<sup>33</sup>.

En cualquier caso, los anuncios de redes privadas 5G y el progreso en el despliegue de las redes 5G SA por parte de los operadores, parecen un buen síntoma de que los nuevos servicios y modalidades de negocio que la tecnología 5G habilita se están desarrollando progresivamente.

---

<sup>32</sup> Computación o procesado mediante servidores ubicados en el borde de la red, en lugar de una ubicación centralizada, para procesar los datos lo más cerca posible de donde son generados, reduciendo el tiempo de respuesta.

<sup>33</sup> <https://www.gsma.com/futurenetworks/gsma-open-gateway/>

## 4. CASOS DE USO PROBADOS EN VERTICALES EN ESPAÑA

Desde el primer plan de acción 5G en Europa, la CE incentivó el desarrollo de pilotos de la tecnología 5G en diferentes verticales a través del proyecto de colaboración público-privada 5G PPP<sup>34</sup>. Además, las autoridades nacionales, así como los operadores, fabricantes de equipos y organizaciones sectoriales, han propiciado múltiples iniciativas de colaboración, con una gran participación de empresas especializadas en diferentes tecnologías, integradores, desarrolladores de aplicaciones e industrias de diferentes sectores productivos.

En Europa, el mayor número de experiencias piloto se ha producido en el sector del entretenimiento y medios, seguido del de transporte, automoción e industria.

Según el Observatorio Europeo 5G, España era en marzo de 2021 el país de la Unión Europea donde se habían realizado más pruebas piloto y casos de uso con tecnología 5G, seguido de Alemania e Italia<sup>35</sup>. Aunque parte de los pilotos se han llevado a cabo de forma privada, la mayoría han sido promovidos por la Administración, a través de las convocatorias de pruebas piloto de Red.es<sup>36</sup>.

Las convocatorias de Red.es se han enmarcado en el Plan Nacional 5G y el Plan Nacional de Territorios Inteligentes, ambos impulsados por el Ministerio de Transformación Digital y cofinanciados con el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Con estos pilotos se pretendía promover una demanda temprana que facilitase la experimentación de las nuevas funcionalidades de 5G e incentivar el desarrollo de ecosistemas entre los operadores, proveedores de tecnología y soluciones, y usuarios. Se perseguían tres objetivos:

1. Experimentar con la tecnología 5G, sus parámetros técnicos, el uso de las diferentes bandas de frecuencias (700 MHz, 3,6 GHz y 26 GHz), y las configuraciones de red y de los servicios en función del tipo de despliegue.
2. Experimentar con las técnicas de gestión de red habilitadas en 5G, como la virtualización de la red, el *edge computing* o el *network slicing*.

---

<sup>34</sup> 5G Infrastructure Public Private Partnership. <https://5g-ppp.eu/>

<sup>35</sup> Según la última estadística publicada por el Observatorio Europeo 5G de marzo de 2021, eran 258 los pilotos y pruebas contabilizados en Europa. Desde esta fecha ya no se continúa actualizando dicha información. <https://5gobservatory.eu/5g-trial/major-european-5g-trials-and-pilots/>

<sup>36</sup> Red.es es una Entidad Pública Empresarial, adscrita al Ministerio de Transformación Digital, a través de la Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial.

3. Desarrollar casos de uso con todos los agentes, incluyendo los usuarios, que permitan explotar las mejoras de 5G: eMBB, URLLC y mMTC.

Con un presupuesto total de 81 millones de euros, se llevaron a cabo **dos convocatorias**<sup>37</sup>. En conjunto, se han desplegado **10 pilotos 5G con 125 casos de uso** diferentes, repartidos geográficamente en 8 comunidades autónomas, con la participación de todos los operadores móviles con espectro, además de varios operadores móviles virtuales (cuyos nombres se detallan en la tabla siguiente), en proyectos de cooperación entre empresas (UTE), y muchas entidades colaboradoras. De hecho, es significativo que más de 100 empresas<sup>38</sup> han colaborado en estos pilotos, lo que ha contribuido al crecimiento del ecosistema de conocimiento de la tecnología 5G, y al desarrollo de una gran variedad de casos de uso para muchos sectores de la economía nacional.

En la siguiente tabla se muestra información sobre los 10 pilotos.

Pilotos 5G	Convocatoria	Plazos	Casos de uso	Sectores verticales	Operador	Web
Andalucía	1ª	Abr 2019 - Oct 2021	32	10	Vodafone	<a href="https://www.vodafone.es/c/empresas/grandes-clientes/es/experiencia-de-clientes/tecnologia-5g/#panel-1-1500152973851">https://www.vodafone.es/c/empresas/grandes-clientes/es/experiencia-de-clientes/tecnologia-5g/#panel-1-1500152973851</a>
Galicia	1ª	Abr 2019 - Jul 2021	10	5	Telefónica	<a href="https://www.telefonica.es/es/servicios/casos-de-uso-5g/">https://www.telefonica.es/es/servicios/casos-de-uso-5g/</a>
Andalucía	2ª	Jul 2020 - Jul 2022	23	4	Telefónica	<a href="https://www.telefonica.es/es/casos-de-uso-5g">https://www.telefonica.es/es/casos-de-uso-5g</a>
Castilla-La Mancha	2ª	Jul 2020 - Ene 2023	3	3	Telecom CLM	<a href="https://www.5gclm.es/">https://www.5gclm.es/</a>
Cataluña	2ª	Jul 2020 - Ene 2023	7	7	Cellnex, Masmóvil, Parlem	<a href="https://pilot5gcat.com/">https://pilot5gcat.com/</a>
Extremadura	2ª	Jul 2020 - Ene 2023	5	4	Gamma Solutions	<a href="http://www.gammasg.com/es/proyectos/caceres-5g/">http://www.gammasg.com/es/proyectos/caceres-5g/</a>
Galicia	2ª	Jul 2020 - Abr 2022	13	7	Orange	<a href="https://5gpilotosgalicia.orange.es/index.html#1477487521070">https://5gpilotosgalicia.orange.es/index.html#1477487521070</a>
Madrid	2ª	Jul 2020 - Jul 2022	8	7	Telefónica	<a href="https://www.telefonica.es/es/casos-de-uso-5g">https://www.telefonica.es/es/casos-de-uso-5g</a>
País Vasco	2ª	Jul 2020 - Ene 2023	9	4	Euskaltel, Orange, Masmóvil	<a href="https://5g-euskadi.com/">https://5g-euskadi.com/</a>
Valencia	2ª	Jul 2020 - Ene 2022	15	7	Orange	<a href="https://5gpilotosvalencia.orange.es/">https://5gpilotosvalencia.orange.es/</a>

**Tabla 1 Tabla resumen de Pilotos 5G convocados por Red.es**

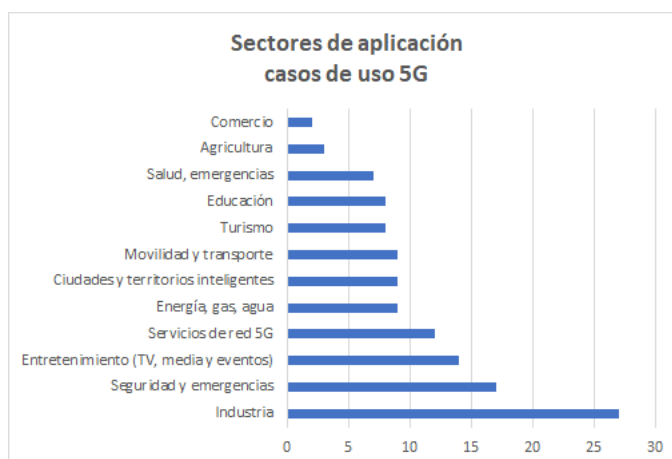
La siguiente figura muestra el desglose del número de casos por cada sector vertical. Se aprecia que la mayoría de los casos se han aplicado al sector industrial (industria 4.0), seguido de aplicaciones para el sector de la seguridad

<sup>37</sup> La primera iniciada el 30 de abril de 2019 con 2 pilotos seleccionados. y la segunda el 30 de julio de 2020 con 8 pilotos adicionales. Véase <https://www.red.es/es/iniciativas/tecnologia-5g>

<sup>38</sup> Operadores y suministradores de equipos han colaborado con múltiples empresas, como desarrolladoras de aplicaciones y software especializado, integradores, clientes empresariales, además de centros de investigación y desarrollo o universidades.



y emergencias públicas y el entretenimiento (TV, medios y eventos). Dentro de la categoría “servicios de red 5G” se incluyen casos de uso probados en diferentes sectores pero que han consistido principalmente en funcionalidades de red como network slicing u Open RAN<sup>39</sup>, así como pruebas realizadas para validar el funcionamiento del servicio de acceso fijo inalámbrico.



**Ilustración 5 Aplicación a verticales de los casos de uso de Pilotos 5G de Red.es**

A continuación, se profundiza en las aplicaciones habilitadas por 5G que pueden ser utilizadas de forma particularizada en cada uno de los sectores verticales probados en los proyectos piloto de Red.es. También se incluyen otras desarrolladas por la iniciativa público-privada **5G Barcelona**<sup>40</sup>, así como diversas colaboraciones impulsadas por proyectos europeos. Estos casos son solo una muestra representativa del amplio abanico de soluciones tecnológicas que se están desarrollando alrededor de 5G.

## 4.1. Industria

La denominada Industria 4.0 o cuarta revolución industrial se basa en la integración de las tecnologías operacionales (del inglés, *Operative Technologies*, OT) utilizadas para el control de equipos industriales, con las tecnologías de la información (del inglés, *Information Technologies*, IT), dando lugar a sistemas

<sup>39</sup> Open RAN (Open Radio Access Network) es una arquitectura que tiene como objetivo sustituir los sistemas relativamente cerrados que admiten hardware de un solo proveedor implantando interfaces más abiertas y modulares. Se basa en la desagregación entre hardware y software gracias a interfaces abiertas y estándares que permiten la interoperabilidad entre equipos RAN de diferentes proveedores.

<sup>40</sup> Impulsada por el Mobile World Capital Barcelona, opera como un hub digital para la validación y adopción de tecnologías 5G en el entorno real de la ciudad de Barcelona. Véase <https://5gbarcelona.org/>

convergentes IT/OT que conectan el plano físico y digital, y habilitan la digitalización de la industria.

Para ello es fundamental integrar la conectividad de múltiples sensores y máquinas (IoT) con las herramientas de big data y cloud para el almacenamiento, computación y tratamiento de los datos generados, requiriéndose un alto nivel de exigencia en seguridad, fiabilidad y procesado de la información con la mínima latencia, para poder automatizar el control de la maquinaria y procesos industriales en tiempo real.

Además, la integración de tecnologías de realidad aumentada y algoritmos de inteligencia artificial, junto al uso de robótica avanzada, pueden proporcionar un salto cualitativo en la mejora productiva de la fabricación y logística industrial.

En este contexto, la tecnología de conectividad inalámbrica 5G permite liberarse de las soluciones de conexión por cableado, poco escalables y faltos de flexibilidad, que son aún mayoritarias en los entornos industriales y aportar soluciones de movilidad en la fábrica. Asimismo, cumple con los requisitos de ancho de banda, fiabilidad, seguridad, baja latencia y soporte multi-dispositivo requeridos en la digitalización avanzada de las fábricas y complejos industriales, permitiendo casos de uso que no se pueden ofrecer en 4G o con redes Wi-Fi.

Ahora bien, las necesidades de los clientes industriales son muy específicas, por lo que el mayor desafío es ofrecer soluciones particularizadas o adaptadas para los usos industriales que aporten suficiente valor. Por ello, es habitual que los operadores colaboren con empresas especializadas en cada tipo de industria.

Los principales casos de uso industriales son muy variados, entre los que se encuentran los siguientes:

- **Monitorización de activos y videovigilancia** en aplicaciones de inspección en tiempo real, con cámaras de alta resolución en zonas de cobertura difícilmente accesibles, combinando el uso de herramientas de análisis de la información para automatizar y optimizar los procesos.
- Control remoto de máquinas y gestión de **vehículos sin conductor y robots autónomos** que se desplazan de forma automática en un almacén o fábrica. Además de la fiabilidad de la conexión permanente, pueden requerir una alta densidad de dispositivos, un ancho de banda elevado en caso de ir equipados con cámaras de video y baja latencia para responder en tiempo real.
- Realidad aumentada para **asistencia remota o aprendizaje**.

- Modelización del entorno e infraestructura industriales y generación de aplicaciones de simulación digital con herramientas de IA y realidad virtual enfocadas al mantenimiento predictivo, es decir, operaciones sobre los denominados generalmente como “**gemelos digitales**”<sup>41</sup>.

Por su parte, muchas aplicaciones se están desarrollando mediante soluciones de conectividad de red privada de ámbito local. Es en entornos industriales, como **fábricas, centros de logística** o **puertos**, donde se están desarrollando la mayoría de los despliegues de redes privadas con funcionalidades 5G.

Los siguientes casos de uso sirven de ejemplo de aplicaciones 5G industriales:

- *Red privada 5G de baja latencia para logística*: El Corte Inglés (Telefónica).
- *Gemelo digital para la gestión eficiente de mercancías en puertos 5G*: Autoridad Portuaria de Huelva (Vodafone).
- *Gestión de flotas. Robótica (AGVs)* Faurecia y Fermax (Orange).
- *Digitalización de terminales logísticas*: ADIF.
- **Red privada 5G de baja latencia para logística**<sup>42</sup>

Telefónica, en colaboración con Ericsson, ha desplegado una red privada 5G en la central logística de Valdemoro de El Corte Inglés, con dos casos de uso vinculados al sector logístico, para optimizar la automatización en la gestión de la paquetería y el control de las máquinas clasificadoras de paquetes.

---

<sup>41</sup> Representaciones virtuales del entorno físico, sincronizadas en tiempo real gracias a la baja latencia que aportan las tecnologías 5G y especialmente el edge computing. Los datos generados en la fábrica o el proceso industrial son recogidos, modelados y analizados en el gemelo digital alojado en el borde de la red, lo que permite tomar decisiones en tiempo real para optimizar el proceso de fabricación. Son también aplicables a otros sectores, como el de las infraestructuras de energía o las ciudades inteligentes.

<sup>42</sup> <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/telefonica-y-el-corte-ingles-desarrollan-la-digitalizacion-de-la-industria-con-la-implantacion-del-5g-en-la-plataforma-logistica-valdemoro/>



El primer caso de uso optimiza las rutas de los portapalets dentro de la nave, de forma que el desplazamiento y la elevación entre la recogida de un paquete y el siguiente sigan siempre la ruta más rápida. La optimización en tiempo real se realiza desde el centro de computación edge del operador (cercano al centro logístico para lograr una baja latencia), siendo las órdenes al portapalets enviadas con la red 5G Stand Alone en la frecuencia de 700 MHz, para conseguir una alta penetración de la cobertura en entornos complejos, con decenas de estanterías de gran altura y mercancías diversas de distinta composición. Esta optimización permite obtener una mejora de tiempos de cerca del 20%.

El segundo caso de uso consiste en la eliminación del cableado físico para las comunicaciones críticas entre las máquinas clasificadoras de paquetería y el software de control. Para ello, se utilizó la banda de 26 GHz, que proporciona mayor ancho de banda y latencia más baja. Esta operación se traduce en un menor coste y una reducción considerable del tiempo necesario para nuevos despliegues de infraestructura y centros logísticos, además de mayor flexibilidad y capacidad de reacción ante cambios repentinos de maquinaria requeridos por el negocio.

- **Gemelo digital para la gestión eficiente de mercancías en puertos 5G**<sup>43</sup>

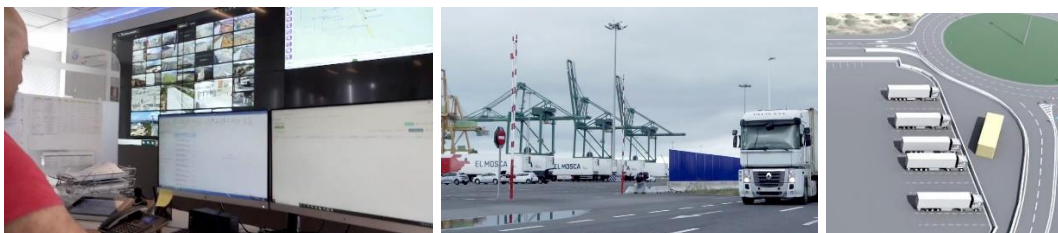
Vodafone ha colaborado con la Autoridad Portuaria de Huelva en la creación de un gemelo digital de su actividad, es decir, una puesta en digital del entorno real del puerto, para poder tomar decisiones operativas previas y en tiempo real.

Gracias a la instalación de cámaras de alta calidad en la infraestructura portuaria, se monitoriza la actividad de la flota de camiones que transportan las mercancías

---

<sup>43</sup> <https://www.vodafone.es/c/empresas/grandes-clientes/es/experiencia-de-clientes/tecnologia-5g/5g-para-gestion-mercancias-industria-portuaria/>

a través de una solución de análisis de datos en movilidad. Y con toda esta información, a través de Realidad Virtual, se genera un gemelo digital de la actividad en el Puerto de Huelva con el que operar en tiempo real.



Gracias a 5G combinada con la Realidad Virtual se ha optimizado la gestión logística y se dispone de un sistema de trazabilidad extremo a extremo mucho más eficiente, efectivo y rápido. Los activos de la cadena logística son identificados en tiempo real a lo largo de la infraestructura portuaria, y en todo momento se conoce la ubicación de camiones, coches o tráileres en movimiento o de los contenedores. La comparación de esta información con los registros del puerto hace posible conocer en cualquier instante qué material se transporta y sus características, mejorando la trazabilidad de las mercancías.

Además de con la Autoridad Portuaria, Vodafone ha colaborado con Huawei para este caso de uso, usando la alta velocidad de la conexión para la actualización del vídeo de alta definición en el entorno virtual del puerto y el reconocimiento automático de imágenes, la ultra baja latencia gracias al edge computing, para una superposición exacta del vídeo sobre el entorno virtual y el network slicing a fin de priorizar en caso de congestión el uso de la red 5G para este sistema de gestión logística.

- **Gestión de flotas. Robótica (AGVs)**<sup>44</sup>

Orange, en colaboración con Robotnik –desarrollador software y hardware de robots-, Intel y el Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia iTEAM, desarrolla un piloto 5G de ámbito industrial que emplea robots de transporte controlados de forma remota para automatizar la logística de última milla y reducir procesos y costes. Este piloto se prueba en dos ubicaciones industriales: la planta de Faurecia (Paterna), con ensayos en entorno de exterior, y la planta de producción de Fermax en Valencia, para entorno de interior.

---

<sup>44</sup> <https://5gpilotosvalencia.orange.es/casos-de-uso/gestion-flotas-robotica>

El piloto hace uso de tres robots RB-VOGUI que se conectan a la red 5G y pueden ser controlados remotamente a través de la misma. Los robots integran las cámaras de Intel para la mejora de la estimación odométrica<sup>45</sup> y para la estimación de la localización. Todo ello favorece la mayor integración, robotización y optimización de la cadena de distribución de carga.



- **Digitalización de terminales logísticas<sup>46</sup>**

Adif AV ha anunciado que invertirá 20,5 M€ en el despliegue de la red 5G para la digitalización de diez terminales logísticas estratégicas, con el fin de impulsar la gestión 'inteligente' del tráfico de mercancías por ferrocarril.

El contrato para la redacción de proyecto constructivo, suministro, obra, instalación, mantenimiento y operación de infraestructura de esta red se ha adjudicado por 20,5 millones de euros a la Unión Temporal de Empresas integrada por Nokia Spain y Tradia Telecom.

Esta infraestructura 5G permitirá la prestación de servicios logísticos avanzados, con una automatización parcial o total, y facilitará la gestión 'inteligente' del tráfico de mercancías, agilizando así los tránsitos y facilitando la intermodalidad.

Asimismo, Adif AV va a invertir 117,3 M€ en el despliegue de la tecnología 5G en líneas de alta velocidad<sup>47</sup>.

---

<sup>45</sup> La odometría es el estudio de la estimación de la posición de vehículos con ruedas durante la navegación. Para realizar esta estimación se usa información sobre la rotación de las ruedas para estimar cambios en la posición a lo largo del tiempo.

<sup>46</sup> <https://www.adifaltavelocidad.es/w/adif-av-invertirá-20-5-m€-en-el-despliegue-de-la-red-5g-para-la-digitalización-de-diez-terminales-logísticas-estratégicas?pageFromPlid=265>

<sup>47</sup> <https://www.adif.es/-/adif-av-invierte-117-3-m€-en-el-despliegue-de-la-tecnología-5g-en-líneas-de-alta-velocida>

## 4.2. Seguridad y emergencias, salud y educación

Muchos de los casos de uso 5G con mayor repercusión para la ciudadanía podrán darse en el sector de **servicios públicos**, por la capacidad de esta tecnología de mejorar la calidad de prestación de los servicios a la ciudadanía. Se engloban aquí tanto los servicios del ámbito de la seguridad pública y respuesta a emergencias, como los asociados al área sanitaria y a la educación.

Las operaciones de seguridad pública y emergencias son especialmente críticas, por lo que requieren comunicaciones de alta disponibilidad, fiabilidad, seguridad y con capacidad para adaptarse a escenarios operativos muy cambiantes e inesperados (catástrofes naturales, atentados, explosiones, colapso de estructuras, accidentes de tráfico, etc.). Tradicionalmente se han basado en sistemas de comunicación grupal de voz y mensajería especializados llamados PMR<sup>48</sup>, como por ejemplo TETRA. Sin embargo, estos usuarios están viendo la necesidad de disponer de servicios de datos de alta velocidad y baja latencia para explotar nuevas aplicaciones que incluyen el envío de vídeo, como **mensajería multimedia, videovigilancia con cámaras y drones, sistemas de reconocimiento facial y biométrico**, o aplicaciones de **control remoto de dispositivos de asistencia** en localizaciones de difícil acceso, manteniendo las características de alta disponibilidad ante situaciones de emergencia, amplia cobertura, rapidez y fiabilidad, así como protección de las comunicaciones que se requieren por estos servicios críticos.

En el ámbito sanitario y de educación, la **atención remota** ha sido uno de los casos de uso que más interés ha suscitado. La optimización de las interacciones entre médicos y pacientes, o el **transporte de equipos con drones** pueden ser ejemplos de aplicaciones. Los avances en robótica, IoT e Inteligencia Artificial pueden ofrecer grandes mejoras en la atención médica conectada, con la **recogida y procesado de datos en tiempo real** de dispositivos, o en **aplicaciones educativas inmersivas** con realidad aumentada o virtual.

Las capacidades de gran ancho de banda (eMBB), baja latencia y fiabilidad (URLLC) de 5G son clave en el desarrollo de estas aplicaciones. Además, la funcionalidad de *network slicing* garantiza la calidad del servicio en entornos saturados. Como casos que ilustran este tipo de aplicaciones se pueden mencionar:

---

<sup>48</sup> Professional Mobile Radio

- *Dron conectado 5G para vigilancia: Guardia Civil (Vodafone).*
- *Gestión de la seguridad ciudadana y emergencias mediante 5G: Guardia Urbana Barcelona (Cellnex)*
- **Dron conectado 5G para vigilancia<sup>49</sup>**

Vodafone ha llevado a cabo un piloto en colaboración con la Guardia Civil, en el que ha participado el proveedor AERTEC SOLUTIONS con su sistema de drones TARSIS. El piloto ha consistido en evaluar el uso de la red 5G para mejorar la comunicación de los UAS<sup>50</sup> –vehículos aéreos no tripulados pilotados por control remoto (drones)- teledirigidos utilizados por la Guardia Civil en las labores de vigilancia en zonas rurales o de difícil acceso.

Se ha demostrado que gracias al 5G se optimizan las misiones de vigilancia y seguridad realizadas por la Guardia Civil, al permitir operar drones en remoto, e incorporar servicios y prestaciones mejoradas en todo el sistema de vigilancia, gracias a la transmisión de vídeo en alta definición desde cámaras instaladas en el dron y el envío de señales de control en tiempo real, que permiten operarlo en remoto desde un centro de control especializado.



Al realizarse la computación en la nube, se ha optimizado el peso y consumo de los dispositivos introducidos en el dron, por lo que se logra una mayor autonomía de vuelo, y un ahorro significativo de energía. Y con una mínima intervención humana, un núcleo de red aislado 5G podrá gestionar un enjambre de drones 5G para monitorizar la misión en varias unidades de control diferentes, y el pilotaje remoto podrá pasarse de forma segura de una unidad a otra, con los beneficios que ello reporta a todo el sistema de vigilancia.

---

<sup>49</sup> <https://www.vodafone.es/c/empresas/grandes-clientes/es/experiencia-de-clientes/tecnologia-5g/dron-conectado/>

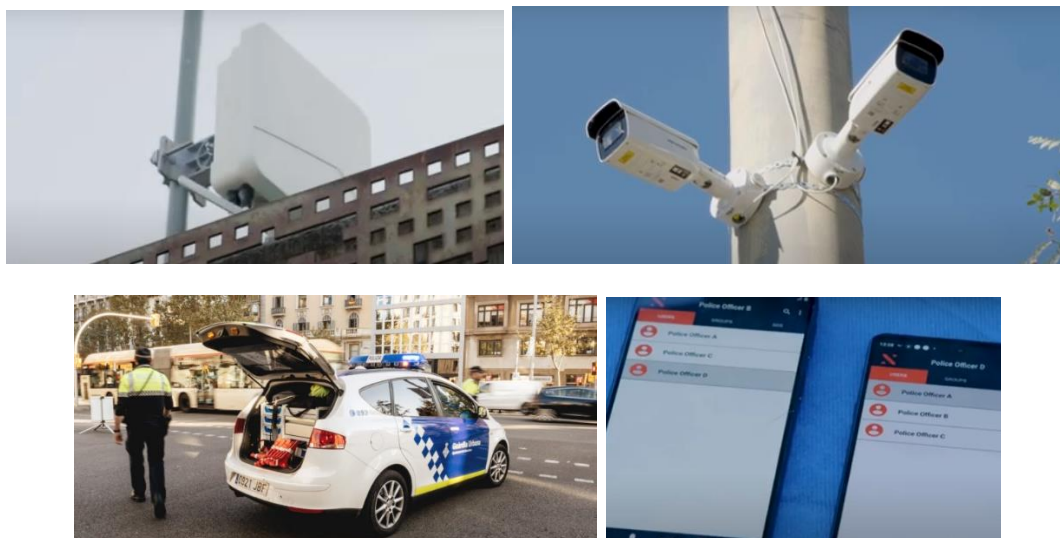
<sup>50</sup> Unmanned Aerial System.



- **Gestión de la seguridad ciudadana y emergencias mediante 5G<sup>51</sup>**

Dentro del piloto 5G Cataluña se ha llevado a cabo la demostración de un caso de uso de redes 5G para la mejora de la gestión de emergencias, tráfico y seguridad ciudadana. El proyecto ha estado liderado por Cellnex Telecom y Nearby Computing sobre tecnología Lenovo, con la colaboración de la Guardia Urbana de Barcelona, el Instituto Municipal de Informática del Ayuntamiento de Barcelona y diversas startups proveedoras de aplicaciones finales.

Con este caso de uso se han probado las redes 5G Standalone (de extremo a extremo) y Open Ran (con estándar abierto) para un complejo tejido de dispositivos y aplicaciones que permiten, gracias a las características 5G de amplio ancho de banda y reducida latencia, mejorar la gestión de emergencias y tráfico y monitorizar la seguridad de los agentes, en el ejercicio de su labor. Las redes 5G pueden ayudar en la prevención de situaciones críticas facilitando la intervención rápida de los equipos de emergencia, dando acceso a múltiples fuentes de información, para optimizar y agilizar la toma de decisiones cuando el factor tiempo y el acceso a toda la información son determinantes.



### 4.3. Entretenimiento, media, eventos

Las empresas de medios y publicidad ven nuevas oportunidades para ofrecer experiencias interactivas de mayor calidad en diferentes tipos de dispositivos, variando desde **contenido inmersivo en realidad virtual** hasta experiencias de

---

<sup>51</sup> <https://pilot5gcat.com/2023/02/03/el-piloto-5g-cataluna-demuestra-la-eficiencia-de-las-redes-5g-para-mejorar-la-gestion-de-emergencias/>

***gaming*** en la nube interactivas entre usuarios. 5G también abre una gama de nuevas plataformas y formatos enriquecidos de contenido publicitario, como prueba virtual de ropa o accesorios.

Los servicios vinculados a la ubicación también son muy interesantes, ya que 5G permite comercializar en tiempo real contenidos premium para los asistentes a grandes festivales y eventos deportivos. Así, permitirá explorar formas más inmersivas de disfrutar de los acontecimientos deportivos y culturales (también desde casa o cualquier lugar como si se estuviera en el estadio o en un teatro o festival), ofreciendo tanto a los espectadores “in situ” como a los profesionales a pie de escenario la opción de enviar o recibir streaming de vídeo de alta calidad en tiempo real. Otra posibilidad es retransmitir una experiencia inmersiva a cualquier espectador que esté en su casa proporcionándole una **vista de 360°**.

Algunos casos probados en pilotos:

- ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. Real Club Deportivo (Telefónica)
- *Festival Cruïlla 5G*: 5G Barcelona (Cellnex, Masmóvil)
- **Producción automática TV de eventos deportivos**<sup>52</sup>

En este piloto Telefónica, con Ericsson, ha desplegado en el Estadio Abanca-Riazor de A Coruña, para el Real Club Deportivo, una red 5G dedicada que incluye cobertura 5G tanto en la banda de 3.5 GHz como en la de 26 GHz, asegurando niveles de ancho de banda de varios Gigabit por segundo y latencias ultrabajas, características esenciales para poder retransmitir de forma fluida múltiples flujos de video de definición ultra-alta y realizar el control robotizado de cámaras y análisis de video en tiempo real. Esta red permite la retransmisión de eventos deportivos, en concreto la realización automática y telecontrol de cámaras de TV, dando cobertura en directo y analítica de video de forma más eficiente.

El sistema gestiona 8 cámaras en directo y en baja latencia a través de la red 5G: 5 cámaras robotizadas para seguimiento de juego en tiempo real, 2 cámaras fijas para análisis de partidos y 1 cámara panorámica.

---

<sup>52</sup> <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/telefonica-real-club-deportivo-cinfo-y-ericsson-dotan-a-abanca-riazor-de-la-mayor-instalacion-de-cobertura-y-casos-de-uso-5g-en-un-estadio-europeo/>



Se ha desplegado un centro de Edge Computing en A Coruña, para alojar la solución de Cinfo de retransmisión y realización automática de TV, que gracias a sus algoritmos de inteligencia artificial es capaz de realizar en tiempo real el análisis de juego, etiquetar las jugadas y orientar y conmutar las cámaras para generar una señal realizada apta para un directo de TV. Todo ello desde la nube de baja latencia que proporciona el Edge Computing y la red 5G.

- **Festival Cruïlla 5G<sup>53</sup>**

El Cruïlla se convirtió en el primer festival 5G de Europa. Gracias a esta iniciativa, los asistentes a su décima edición experimentaron qué se siente al disfrutar en directo de un concierto desde el escenario, al lado de sus artistas preferidos, mediante una experiencia de realidad virtual e inmersiva 360°.



En el proyecto participaron Cellnex Telecom, Acciona, Masmóvil y Qwilt. Se instaló una cámara 360° de Acciona en el escenario principal del festival, que tomó imágenes de conciertos en directo. La cámara estereoscópica transmitió imágenes en 4K durante el streaming a ordenadores de última generación con capacidad para procesar 180 imágenes en alta resolución por segundo. Estos equipos generaron un efecto visual tridimensional, que emuló la experiencia de vivir el concierto subido al escenario junto a los artistas.

---

<sup>53</sup> <https://5gbarcelona.org/es/pilotos/5g-cruilla/>

Una vez procesadas, se transmitieron a unas gafas de realidad virtual 3D situadas en el espacio 5G Cruïlla, del festival. A través de estas gafas el espectador pudo ver en streaming el video 360°. Para ello, Cellnex instaló, además de *small cells* –micro antenas<sup>54</sup>– para recibir y transmitir la señal en la banda de 3,6 GHz de Masmóvil, fibra óptica que conectó con los servidores, routers 5G y un core virtualizado. La transmisión de vídeo se realizó con una latencia -tiempo de respuesta- mínima, debido al procesado de la información llevado a cabo en el centro de datos establecido en el recinto y en el cual se instaló el MEC (Multi-access Edge Computing). El Open Edge Cloud, a cargo de Qwilt, fue la plataforma de entrega de contenidos que aseguró la entrega del streaming a las gafas con la máxima calidad y mínima latencia posibles.

#### 4.4. Infraestructuras de energía, gas, agua

5G también aporta valor a las compañías de suministro de servicios de energía, gas o agua. En energía se están probando casos de uso como la **videovigilancia con drones** de tuberías, plantas e infraestructura, tanto por razones de seguridad como por eficiencia empresarial. La transmisión en tiempo real de video de alta definición de drones, combinado con análisis para detección, puede ayudar a los proveedores de energía a localizar riesgos y defectos, ayudando a prevenir fugas y otros incidentes.

La tecnología **IoT** también es fundamental para estas compañías, puesto que el despliegue de sensores en toda la red permite recopilar datos de forma continua y en tiempo real, haciendo posible la supervisión por medio de **gemelos digitales** de una instalación o red de distribución.

También las redes de suministro de agua utilizan sensores IoT y están incorporando tecnologías avanzadas de análisis de datos para mejorar la gestión de las redes de distribución hídrica y optimizar sus costes (p.ej. determinando los horarios de bombeo óptimos en función del precio horario de la energía). Su requisito principal sigue siendo el bajo consumo por contador y el ahorro de energía, además de la cobertura en entornos de difícil acceso como el subsuelo, por lo que requieren del uso de frecuencias bajas con mejor penetración. Las tecnologías IoT, en particular **NB-IoT**, especialmente apropiada para la transmisión reducida de datos con bajo consumo energético y en lugares de bajo nivel de señal, están incluidas también en 5G, donde se prevé una **optimización de la energía y rendimiento IoT** mejorados.

---

<sup>54</sup> Equipos de acceso a la red móvil red de baja potencia, tamaño reducido y corto alcance, denominados en la normativa “puntos de acceso inalámbrico para pequeñas áreas”.

En estos sectores de distribución de servicios esenciales para la sociedad, los mayores requisitos de seguridad y la capacidad de *network slicing* de 5G permitirán una calidad garantizada del servicio para la gestión de infraestructuras críticas, haciendo posible un control remoto y seguro en tiempo real.

La ultra baja latencia de 5G, posibilita delegar en máquinas la inspección de zonas peligrosas o de difícil acceso, como el uso de drones para inspección de infraestructuras energéticas o los robots en el alcantarillado, por lo que se mejorará el mantenimiento predictivo de los activos.

Como ejemplos de casos de uso probados se pueden mencionar los siguientes:

- *Gestión de infraestructuras eléctricas*: Grupo Red Eléctrica (Orange)
- *Inspección remota de áreas de trabajo delimitadas automáticamente*: Endesa (Proyecto europeo Smart5Grid)
- **Gestión de infraestructuras eléctricas**<sup>55</sup>

El Grupo Redeia –a través de sus empresas Red Eléctrica de España (REE), Elewit e Hispasat- desarrolla cuatro pilotos que analizan el potencial de la tecnología 5G en la gestión y mantenimiento de infraestructuras eléctricas, colaborando con Orange en su desarrollo:



- Inspección de subestaciones y líneas eléctricas con robot y drones (Aracocóptero, de Arbórea Intellbird). Con 5G las aeronaves se monitorizan de manera continua y transmiten en tiempo real los datos de la inspección.
- Redundancia 5G vía satélite. Los satélites actúan como respaldo de la red terrestre 5G, asegurando una conexión de alto rendimiento en cualquier punto geográfico y en cualquier escenario.

---

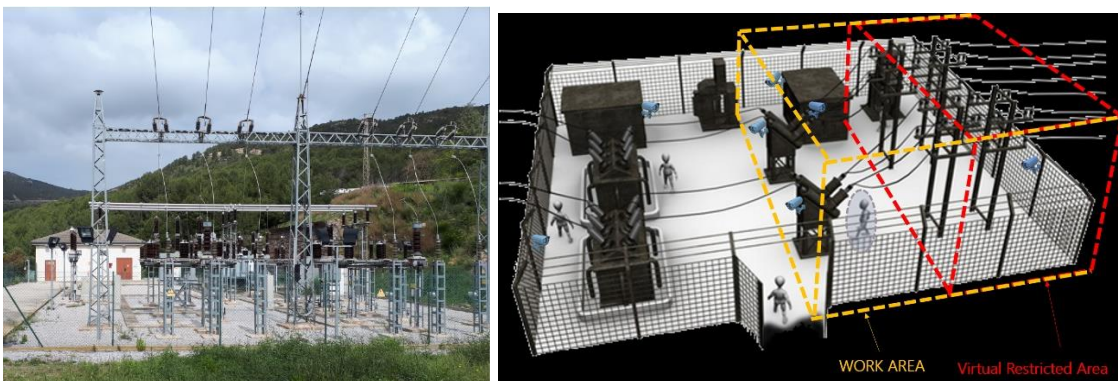
<sup>55</sup> <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2021/12/el-grupo-red-electrica-desarrolla-4-pilotos-de-innovacion-para-analizar-el-potencial-del-5g-en-la-gestion-de-infraestructuras-electricas>

- Inspección visual en remoto de instalaciones eléctricas y detección de posibles anomalías con una red de sensores y sistemas de visión artificial (cámaras fijas y móviles).
- Gemelo digital y protección de área amplia. Este piloto analiza el 5G como alternativa de conectividad para los equipos de protección y control de la red eléctrica de las subestaciones, que exigen requisitos de comunicación muy estrictos (sincronización horaria de alta precisión, baja latencia, alta disponibilidad, ciberseguridad). La comunicación entre equipos a través de 5G facilitaría su posible gestión a distancia por medio de un gemelo digital.
- **Inspección remota de áreas de trabajo delimitadas automáticamente**<sup>56</sup>

En el marco del proyecto europeo Smart5Grid, financiado con fondos del programa Horizonte 2020, que analiza los usos de la tecnología 5G para transformar la operativa de la red de distribución y mejorar su funcionamiento, Endesa ha desarrollado una prueba piloto en la subestación primaria EcoGarraf del macizo del Garraf en Barcelona.

Este piloto ha consistido en perfeccionar los mecanismos de control remoto de zonas de trabajo delimitadas automáticamente, para poder mejorar la seguridad de los trabajadores y evitar accidentes en las subestaciones. Por medio de sensores de geolocalización y con la ayuda de la red 5G, se puede conocer la posición en tiempo real de los operarios autorizados para trabajar en una zona concreta dentro de la instalación eléctrica.

Además de Endesa, han participado como socios tecnológicos i2CAT, como proveedor de red 5G privada y el suministrador de sensores, cámaras y señalización industrial Nosia.



---

<sup>56</sup> <https://smart5grid.eu/use-cases/use-case-2/>

## 4.5. Movilidad y transporte

La movilidad es otro ámbito en el que las tecnologías de la información y 5G pueden proporcionar grandes mejoras. Los sistemas de asistencia avanzada al conductor permitirán aumentar la seguridad vial reduciendo accidentes mortales, mejorar el tráfico minimizando los atascos, ahorrar energía y disminuir la contaminación asociada en las ciudades, con el consiguiente beneficio en sostenibilidad medioambiental.

Las mejoras en la **seguridad de la movilidad y la conducción asistida** se encuentran entre los casos de uso 5G de mayor interés en este ámbito de automoción, movilidad y transporte público. Las aplicaciones de comunicación en tiempo real entre vehículos e infraestructuras viales, junto con el posicionamiento del vehículo y las capacidades de computación local pueden incluir la actualización de rutas en caso de accidentes o congestión, el frenado de emergencia o la prevención de colisiones.

La transmisión de vídeo de alta calidad e información de múltiples sensores localizados en las vías de comunicación aportarán **información actualizada del estado de las infraestructuras de transporte por telemetría** y permitirán la toma de decisiones en tiempo real, aportando datos críticos para la seguridad. También se espera un mayor uso de las redes 5G para el **mantenimiento remoto** de actualizaciones software de los vehículos, así como el **rastreo de flotas** o el **estado de la información de los vehículos**, además de la mejora de los **sistemas de navegación e información al pasajero**.

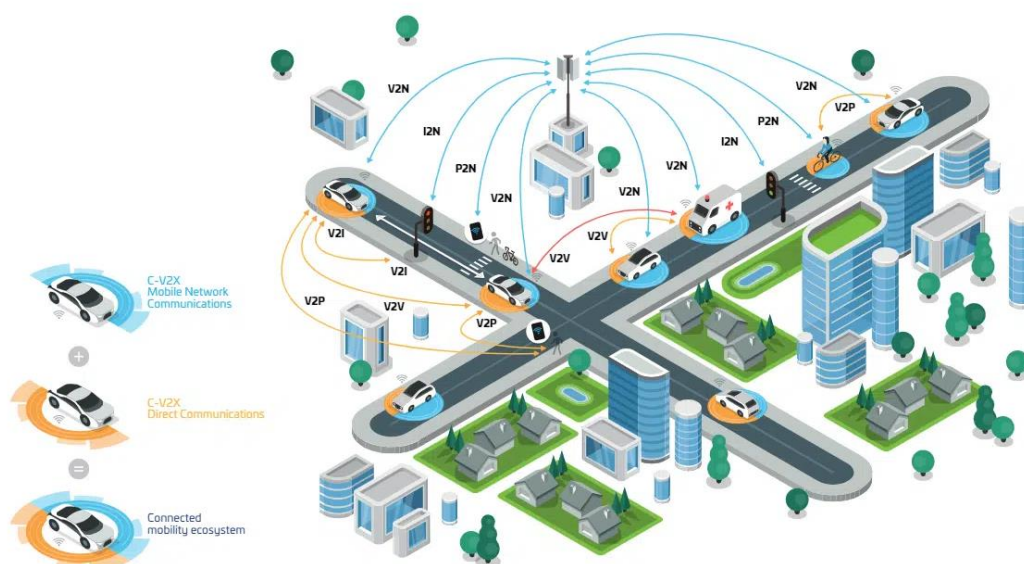
La información recogida por sensores podrá ser compartida al instante con otros vehículos, con la infraestructura viaria y con otros sistemas de tráfico. Para ello, hay dos tecnologías principales de comunicación de los vehículos con cualquier otro sistema de su entorno, denominadas generalmente **comunicaciones V2X** (*Vehicle to Everything*).

La primera utiliza un tipo de comunicaciones inalámbricas de corto alcance<sup>57</sup> para la conexión directa entre dispositivos (sin conexión con una red). Se utiliza para comunicaciones entre los vehículos (V2V, *Vehicle to Vehicle*), con la infraestructura (V2I, *Vehicle to Infrastructure*) y con los peatones, ciclistas y otros usuarios de transporte vulnerables (V2P, *Vehicle to Pedestrian*).

---

<sup>57</sup> Se trata del estándar del IEEE 802.11p, que utiliza espectro destinado a Sistemas de Transporte Inteligentes ITS-G5 en la banda de 5,9 GHz (5,875-5,935 GHz), véase nota de utilización nacional 144 del Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.

La segunda posibilidad, estandarizada por 3GPP, es utilizar LTE o 5G. Permite también la conectividad entre dispositivos sin utilizar la estación base -interfaz PC5 (“sidelink”)-, con los mismos casos de uso V2V, V2I y V2P mencionados en el párrafo anterior. De manera general se denomina C-V2X (*Cellular V2X*) para distinguir que utiliza tecnología móvil en vez de WLAN, y permite además la comunicación de los vehículos con la red móvil (V2N, *Vehicle to Network*), para que reciban información en tiempo real de las condiciones de tráfico y la carretera. Esta tecnología está siendo impulsada por la asociación 5GAA<sup>58</sup>, que incluye tanto a empresas de automoción, tecnología y telecomunicaciones, como operadores, y la mayor parte de pruebas se está realizando en Alemania, donde el ecosistema de la automoción está especialmente desarrollado.



**Ilustración 6 Comunicaciones C-V2X (Fuente: 5GAA)**

También es interesante señalar que la tecnología del vehículo conectado puede aplicarse a otros sectores distintos del de transporte, para mejorar la seguridad en entornos donde haya interacciones de movilidad entre personas, vehículos y máquinas, como puede ser el caso en puertos, aeropuertos o áreas industriales.

Como ejemplos de estas aplicaciones orientadas a la movilidad y transporte, llevadas a cabo en pilotos y pruebas nacionales, se pueden destacar:

- *Asistencia a la conducción en túnel (carreteras inteligentes)* : Túnel de Cereixal (Telefónica)

<sup>58</sup> 5G Automotive Association. <https://5gaa.org/>



- *Mantenimiento de vehículos en movilidad*: DBUS y CAF (Euskaltel, Orange, Masmóvil)
- *Refuerzo de la seguridad en el tráfico industrial y portuario*: APM Terminals (Telefónica)
- **Asistencia a la conducción en túnel (carreteras inteligentes)** <sup>59</sup>

Telefónica, en colaboración con Nokia, Ineco, Stellantis, el Centro Tecnológico de Automoción de Galicia (CTAG) y SICE, ha sensorizado y dotado de cobertura 5G al túnel de Cereixal en la autovía A-6 (Lugo), probando casos de uso de carretera inteligente que se comunica con los vehículos conectados y ofrece así una asistencia a la conducción. El túnel de Cereixal se convierte así en el primero de España conectado con los vehículos.

El túnel inteligente envía información a los conductores de las condiciones meteorológicas a la salida, obras, y una variedad de avisos (vehículo lento, posible congestión, accidente, obstáculo en carretera, presencia de peatón, vehículo en sentido contrario o frenada brusca durante su trayecto por el mismo, entrada de un vehículo de emergencias). Para ello, se utilizan las capacidades específicas de comunicaciones vehiculares C-V2X, sensorización IoT (Internet of Things) y edge computing de la red 5G.



Se han desplegado sensores especializados en el túnel con 9 cámaras DAI (detección automática de incidencias), 2 cámaras térmicas, una que mediante OCR<sup>60</sup> lee las matrículas e identifica así los vehículos, una que mediante OCR detecta mercancías peligrosas, un opacímetro y una estación meteorológica a la salida del túnel. Permiten monitorizar el estado del túnel, generar información y enviarla a los gestores de la infraestructura para que la analicen y, si fuera necesario, emitan alertas y avisos a los vehículos que lo transitan.

Se ha dotado de conectividad C-V2X a los vehículos tanto a través de un sistema específico instalado en ellos, como a través de una app en un smartphone.

---

<sup>59</sup> <https://www.telefonica.es/es/servicios/casos-de-uso-5g/asistencia-en-tunel/>

<sup>60</sup> Reconocimiento Óptico de Caracteres (Optical Character Recognition).

La tecnología 5G es esencial en este piloto, por las ultra bajas latencias que aporta, esenciales en comunicaciones vehiculares críticas. Otra de las capacidades de 5G usada es el ancho de banda de subida (uplink) que habilita casos de uso como la subida concurrente en tiempo real de varios flujos de vídeo.

- **Mantenimiento de vehículos en movilidad**<sup>61</sup>

Este proyecto desarrollado en Donostia, en el marco del piloto 5G Euskadi, con la colaboración de CAF I+D, Ikusi, VicomTech, CEIT y DBUS, evalúa el impacto del uso de edge computing, comunicaciones de gran ancho de banda y bajas latencias para el mantenimiento avanzado de vehículos de transporte de pasajeros.

Se investigan nuevas estrategias de mantenimiento de activos y componentes de los vehículos de transporte de pasajeros y su control, gracias a la tecnología 5G, pudiendo realizarse un mantenimiento preventivo, correctivo, con decisiones tomadas en base a la información recopilada sobre las condiciones del activo, predictivo en función de algoritmos de cálculo sobre la predicción de la evolución de la degradación del activo y prescriptivo.



- **Refuerzo de la seguridad en el tráfico industrial y portuario**<sup>62</sup>

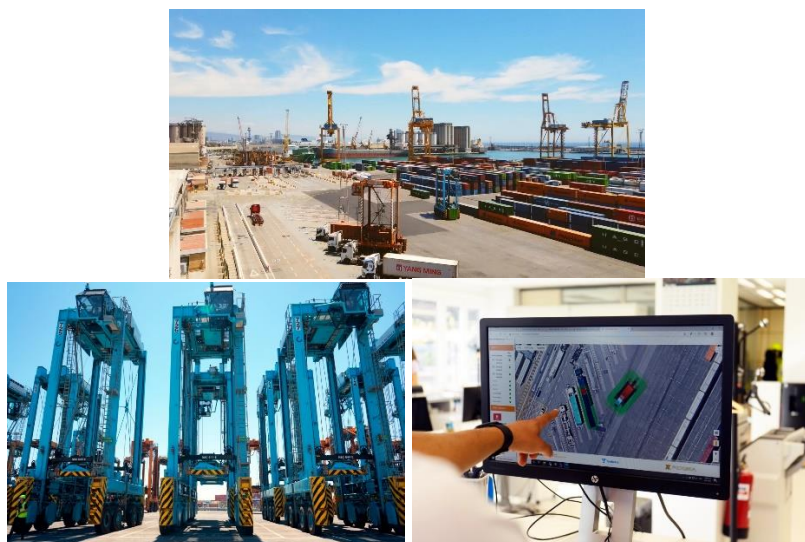
APM Terminals, junto con Telefónica y Mobile World Capital Barcelona, están mejorando la seguridad en los puertos gracias al uso de redes 5G para conectar

<sup>61</sup> <https://5g-euskadi.com/mantenimiento-de-vehiculos-en-movilidad/>

<sup>62</sup> <https://www.telefonica.es/es/servicios/casos-de-uso-5g/gruas-conectadas-5g/>

grúas, vehículos y personas combinando diferentes tecnologías avanzadas de comunicación y localización. El objetivo del proyecto es minimizar el riesgo de colisiones entre la maquinaria móvil y elementos fijos, vehículos y personas en la terminal de contenedores.

Este caso de uso basado en la tecnología C-V2X, la baja latencia de las comunicaciones 5G y el edge computing, aspira a convertir a APM Terminals Barcelona en un espacio más seguro para los trabajadores, gracias a un sistema de coordinación del tráfico portuario y a la implementación de algoritmos avanzados en la prevención de accidentes. A través de un sistema de alarmas se avisará a los conductores de grúas y camiones y al personal de a pie sobre una potencial colisión contra elementos fijos y móviles, además de enviar una notificación instantánea a un centro de control en caso de colisión.



El proyecto implica el despliegue de cobertura 5G de Telefónica en la terminal, la dotación de conectividad 5G a las grúas, camiones y personal a pie, así como de un sistema de aviso acústico ante posibles colisiones. Toda la información se envía de forma segura a una aplicación ubicada geográficamente muy cerca (Edge<sup>63</sup>) para así poder ofrecer inmediatez en las respuestas. Esta aplicación alojada en el Edge tiene la inteligencia para coordinar esta conducción cooperativa entre los distintos actores, lo que se llama sistema inteligente de transporte cooperativo (C-ITS) y además ofrece un cuadro de mando a APM

---

<sup>63</sup> Sistema de computación en el borde de la red.

Terminals que muestra en un mapa las posiciones de cada uno de los actores con precisión a nivel de centímetro.

Los tres impulsores del proyecto, Telefónica, APM Terminals y Mobile World Capital Barcelona, han contado con la colaboración de FICOSA para la integración de la unidad embarcada C-V2X en las grúas, el desarrollo del sistema inteligente de transporte cooperativo que reside en el MEC y la implementación de la solución que permite ofrecer localizaciones precisas, y con la participación de HARMAN para el desarrollo de la aplicación C-V2X sobre smartphones.

- **Corredores de transporte**

Además del necesario avance e integración tecnológica de los sistemas C-V2X, se requiere de una cobertura y calidad de la red que permita la disponibilidad de estas funcionalidades, especialmente en aquellas zonas donde existan problemas de tráfico o seguridad vial. Asimismo, extender estas facilidades fuera de las áreas urbanas requiere la colaboración de la Administración. Destacan en este sentido las iniciativas de ayudas públicas para el despliegue de infraestructuras 5G en los corredores de transporte.

Entre los proyectos de corredores de transporte 5G financiados a nivel europeo se pueden destacar los siguientes, vinculados a fronteras españolas:

- *5GMED*: corredor de transporte entre España y Francia, Figueres-Perpiñán.
- *5G-Mobix*: dos tramos con Portugal, Vigo-Oporto y Évora- Mérida
- *Corredores 5G del programa CEF*.
- **5GMED: movilidad del futuro en el corredor de transporte del Mediterráneo<sup>64</sup>**

En el ferrocarril y la autopista entre Figueras y Perpiñán 5GMED desarrollará y mejorará escenarios de aplicación 5G transfronterizos dentro de servicios avanzados de movilidad cooperativa conectada y automatizada (CCAM) y del sistema de comunicaciones móviles ferroviarias de futuro (FRMCS<sup>65</sup>). Cuenta con una inversión global de 16 millones de euros, el 75% de los cuales son financiados por la Comisión Europea. El proyecto se puso en marcha en

---

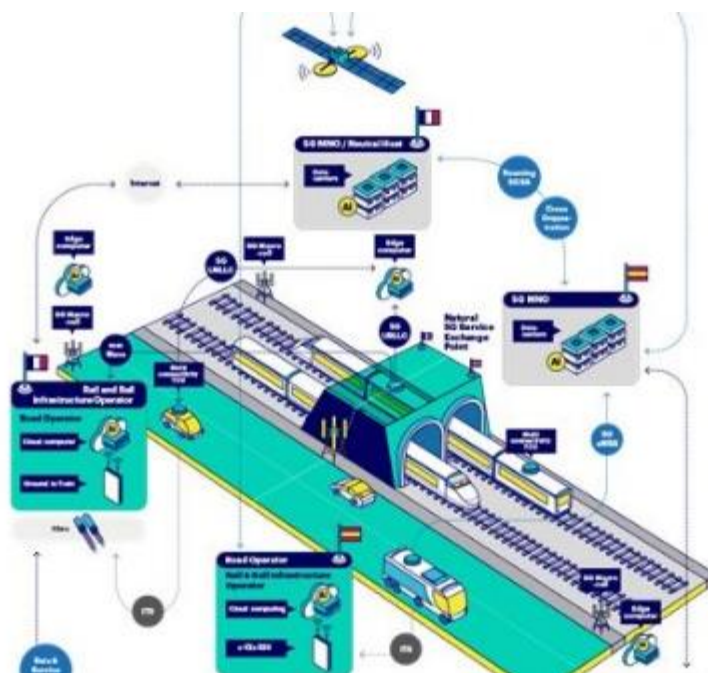
<sup>64</sup> <https://5gmed.eu/>

<sup>65</sup> FRMCS es el futuro sistema de comunicación móvil ferroviario, diseñado por la UIC (Organización Ferroviaria Mundial), en estrecha colaboración con el ecosistema del sector ferroviario, como el sucesor de GSM-R, pero también como un habilitador clave para la digitalización del transporte ferroviario.

septiembre de 2020 y finalizará en agosto de 2024. El consorcio que lo desarrolla está coordinado por Cellnex Telecom e incluye 21 socios de 7 países.

La infraestructura prestará apoyo a cuatro casos de uso: (i) conducción automatizada a distancia, (ii) gestión avanzada del tráfico, (iii) continuidad de servicios comerciales en el ferrocarril durante el cambio transfronterizo y, por último, (iv) infoentretenimiento con realidad aumentada para coches autónomos y ferrocarriles.

Se probarán primero en tres instalaciones de pruebas a pequeña escala y la integración y validación finales se llevarán a cabo en el tramo transfronterizo entre Figueras y Perpiñán, estratégico en la red transeuropea de transporte, ya que soporta el 55% del tráfico por carretera entre la península ibérica y el resto de Europa, así como el 65% del tráfico ferroviario.



- **5G-Mobix: conducción autónoma entre España y Portugal**<sup>66</sup>

El puente internacional Tui-Valença fue el protagonista el 14 de septiembre de 2022 de la primera demostración pública de conducción autónoma 5G a través de la frontera entre España y Portugal.

---

<sup>66</sup> <https://5g-mobix.com/x-border-trials/spain-portugal>

Las pruebas forman parte del proyecto europeo 5G-MOBIX, cuyo objetivo principal es sentar las bases para el despliegue de corredores 5G, brindando informaciones sobre la capacidad y cobertura 5G necesarias para responder a las demandas de los vehículos automatizados conectados.

En el puente internacional Tui-Valença, con el vehículo lanzadera autónomo 100% eléctrico desarrollado por CTAG (Centro Tecnológico de Automoción de Galicia), se presentaron dos casos de uso principales: la adaptación de velocidad, donde la lanzadera autónoma reduce la velocidad o se detiene para evitar a un peatón gracias a la información proporcionada por la infraestructura y la red 5G; y la conducción remota en una situación crítica, donde el vehículo cede el control para que ser conducido remotamente desde el centro de control.



Además de CTAG, forman parte de 5G-Mobix los operadores Telefónica o NOS, y Nokia Spain y Nokia Portugal, responsables de la infraestructura de red, además de la propia Dirección General de Tráfico (DGT), entre otros.

- **Corredores 5G del programa CEF<sup>67</sup>**

Durante el período 2022-2027, el programa Digital «Conectar Europa» (CEF) proporcionará apoyo financiero para el despliegue de corredores 5G a gran escala. En este marco, el 20 de diciembre de 2022 la Comisión Europea adjudicó a Cellnex seis proyectos para impulsar la infraestructura 5G en los corredores de transporte<sup>68</sup>. En concreto, **cuatro proyectos de despliegue de corredores 5G**, siendo dos entre España y Francia (Barcelona – Montpellier/Toulouse y Bilbao – Burdeos) y dos que unen España con Portugal (Salamanca – Porto – Vigo y Mérida – Évora), además de dos estudios de viabilidad.

---

<sup>67</sup> Connecting Europe Facility

<sup>68</sup> <https://www.cellnex.com/es-es/noticias/comision-europea-adjudica-cellnex-seis-proyectos-infraestructura-5g-corredores-transporte/>

El principal objetivo es proporcionar una conectividad 5G de alta calidad e ininterrumpida para los servicios de seguridad vial, y ofrecer conectividad a los usuarios de vehículos y pasajeros en estos corredores. Cellnex desplegará 34 nuevos emplazamientos (incluyendo sistemas de antenas distribuidas –DAS– en túneles), en los que prevé trabajar con los operadores móviles en base a su modelo de neutral host, complementados con una infraestructura de comunicaciones V2X y nodos de edge computing para proporcionar conectividad 5G a lo largo de los más de 1.400 km de estos cuatro corredores transfronterizos.

En su conjunto, estos proyectos supondrán una inversión global de aproximadamente 24 millones de euros, el 50% de los cuales será financiado por la Comisión Europea. Está previsto que finalicen en diciembre de 2025.

#### **4.6. Ciudades inteligentes, turismo y comercio**

Las ciudades y otras administraciones esperan disponer de soluciones de comunicación inteligentes que permitan explotar las capacidades de recopilación y procesamiento de información de todos los **sensores** y elementos conectados en **tiempo real** (semáforos, farolas, contadores de agua y luz, contenedores, papeleras, cámaras, etc.), para desarrollar aplicaciones que mejoren los servicios públicos en las ciudades y la calidad de vida de los ciudadanos, especialmente en ámbitos como la seguridad urbana, la movilidad o la contaminación.

Las capacidades técnicas de 5G y la aplicación de casos de uso en los verticales ya analizados como el de seguridad y emergencias, el transporte y las *utilities* a las ciudades inteligentes ayudarán a solventar los problemas de gestión pública actuales, mejorando el servicio al ciudadano a un menor coste. La transmisión de **vídeo de alta calidad**, el posicionamiento y seguimiento de vehículos y flujos de personas o la recopilación de sensores inteligentes en red son herramientas que permiten la monitorización de la seguridad en las ciudades, así como el estado de los servicios públicos prestados, ayudando a automatizar su gestión.

Asimismo, los sectores del turismo y el comercio pueden utilizar las capacidades de red 5G para ofrecer experiencias más **inmersivas** e interactivas con el visitante o comprador, así como un conocimiento más profundo de sus gustos y hábitos. Las aplicaciones de realidad aumentada, traducción automática en tiempo real, la transferencia de vídeos y fotos de alta calidad a la nube, la puesta a disposición de eventos inmersivos locales o la gestión inteligente del flujo de multitudes son ejemplos que se han probado en diversas experiencias por los operadores y tienen un gran potencial de uso.

Además de las aplicaciones que se han desarrollado en ámbitos urbanos descritas anteriormente (seguridad pública y los servicios de emergencias, las infraestructuras de energía, gas y agua o la gestión del tráfico y el transporte público), se pueden mencionar como ejemplos representativos los siguientes:

- ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. Barcelona (Cellnex)
- *Comunicación 5G entre drones y la Smart City*. Correos (Telefónica)
- *Museo 5G*: Museo Automovilístico y de la Moda de Málaga (Vodafone)
- **Piloto 5G Cataluña: red neutral 5G en playas**<sup>69</sup>

El piloto 5G Cataluña es un ejemplo de aplicaciones orientadas a las denominadas ciudades inteligentes. El proyecto consta de siete casos de uso en los ámbitos de la movilidad urbana, la educación en remoto, el sector industrial, la compra a distancia, la transmisión audiovisual, la gestión de seguridad y emergencias y la construcción de una red neutral multi-operador.

Este último caso de uso consistía en implementar una red neutral multi-operador eficiente y dinámica, en una zona turística que sufre variaciones y picos muy dispares de número de usuarios.

Los operadores necesitan realizar un despliegue de red eficiente y para ello se hace necesario el papel del operador neutro y la compartición de recursos. En este piloto se despliega en una playa una red neutral que permitirá en un futuro compartir recursos entre los distintos operadores. De esta forma, los operadores podrían ofrecer un servicio de mayor calidad y aumentar su cobertura a zonas que hasta ahora permanecían en sombra debido a los costes de despliegue.

La demostración de este nuevo modelo de despliegue de red 5G virtualizada multi-operador se realizó en el paseo marítimo de la Barceloneta, como ejemplo de una zona turística estacional, y en el proyecto participaron Cellnex Telecom, Grupo Masmovil, Lenovo y Nae.



---

<sup>69</sup> <https://pilot5gcat.com/2021/10/01/gestion-de-la-capacidad-de-red-en-entornos-con-distinta-afluencia-de-publico-turismo-en-playas/>



- **Comunicación 5G entre drones y la Smart City<sup>70</sup>**

Telefónica, junto con Correos, ha desarrollado un sistema seguro y fiable de entrega de paquetes en puntos de entrega móvil mediante drones conectados e inteligentes para abordar los desafíos del reparto de última milla en las áreas urbanas. El proyecto piloto consiste en el vuelo de varios drones que se comunican entre sí y con diferentes elementos urbanos conectados, con el objetivo de hacer una correcta entrega de un paquete en un punto de recogida móvil, reaccionando adecuadamente si encuentra en su trayectoria otro dron o si recibe un aviso de una zona de área restringida.

En un futuro, el gran volumen esperable de operaciones de vuelos de drones sólo podrá desarrollarse de forma segura si existe una coordinación en tiempo real, tanto entre drones, como con la infraestructura de la Smart City, lo que se consigue con las comunicaciones directas de C-V2X, dron a dron y dron a infraestructura. Además, al volar en un espacio más reducido en la ciudad, se hace imprescindible tener un posicionamiento centimétrico que permita guiar el dron con total seguridad.



- **Museo 5G<sup>71</sup>**

Vodafone ha desarrollado para el Museo Automovilístico y de la Moda de Málaga una experiencia, basada en tecnología 5G combinada con la realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR), para crear un espacio altamente interactivo con ambientes de cada época, de tal manera que la visita resulte inmersiva.

---

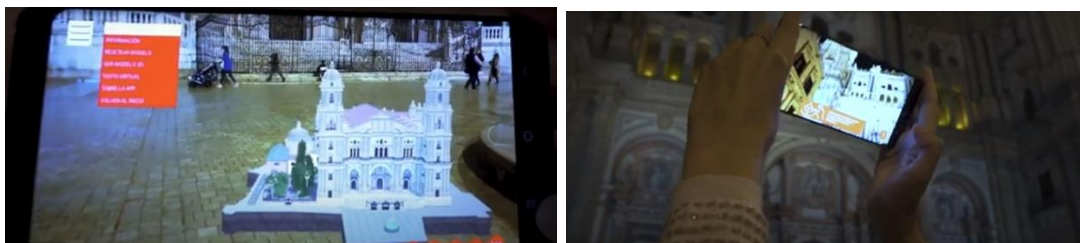
<sup>70</sup> <https://www.telefonica.es/es/servicios/casos-de-uso-5g/drones-urbanos-5g/>

<sup>71</sup> <https://www.vodafone.es/c/empresas/grandes-clientes/es/experiencia-de-clientes/tecnologia-5g/museos/>

Se ha demostrado que gracias a 5G (eMBB y URLLC) y la realidad virtual la visita a un museo cambia radicalmente, ya que se puede disfrutar, acompañados por otros usuarios virtuales e interactuar con ellos, en una experiencia inmersiva y gamificada<sup>72</sup>, lo que mejora su experiencia haciéndola más interactiva y cercana, y abre la posibilidad de llegar a nuevos públicos.

Se ha conseguido una visualización fluida de señales del entorno tridimensional y los vídeos, con una reproducción fluida de entornos virtuales, a alta resolución, sin efectos visuales incómodos y con una sincronización natural y sin retardos entre jugadores, ni entre éstos y el mundo virtual.

Los visitantes se ven inmersos en un juego virtual, interactivo y sensorial, donde deben resolver diferentes preguntas y pruebas.



## 4.7. Agricultura

La búsqueda de la eficiencia productiva, unido al objetivo de sostenibilidad con el medio ambiente, impulsan la aplicación de las tecnologías digitales en la optimización de recursos agrícolas, dando lugar a la denominada agricultura inteligente (*smart agro*).

Así, los principales casos de uso del sector agrícola son los siguientes:

- **Monitorización** en tiempo real de los cultivos, las condiciones ambientales y climáticas, así como la salud, ubicación y condiciones del ganado.
- **Automatización y control remoto** en tiempo real de las operaciones agrícolas, analizando los datos recopilados y aplicando algoritmos para realizar predicciones optimizadas en relación con el cultivo, el ganado, la logística y la maquinaria.

---

<sup>72</sup> Técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo profesional.

- **UAV (Vehículos aéreos no tripulados) o drones** que toman imágenes de los cultivos o realizan tareas de plantación y pulverización para optimizar el crecimiento de los cultivos o bosques.
- Uso de **robots agrícolas**, tales como tractores sin conductor, sembradoras de precisión, cosechadoras automáticas o controladores automatizados de malas hierbas y plagas, para reducir costes de mano de obra e incrementar la producción.

Para explotar las posibilidades de las nuevas tecnologías en la industria agroalimentaria se requiere conectividad en toda la geografía, con unos anchos de banda adecuados. Aunque hay muchos casos en los que la red 4G es suficiente, hay otros -como el control remoto, drones o robots automatizados- que necesitan el rendimiento y la baja latencia habilitados por 5G. También se espera que la integración de las telecomunicaciones terrestre y el satélite permitan disponer de cobertura en el 100% del territorio.

Algunos ejemplos de casos de uso de agricultura inteligente probados sobre redes 5G:

- *Agricultura de precisión 5G en Andalucía: Trops (Vodafone)*
- *Agricultura de precisión IoT en Galicia: Agroamb (Orange)*
- **Agricultura de precisión 5G en Andalucía**<sup>73</sup>

Dentro del Piloto 5G Andalucía, se desarrolla esta prueba de Vodafone y Huawei, que se ha llevado a cabo en la Sociedad Agraria de Transformación Trops, en Vélez - Málaga, donde se ha dotado de inteligencia a las máquinas recolectoras para que sean capaces de decidir en tiempo real si el fruto está listo o no para ser recolectado, racionalizando este proceso bajo altos estándares de calidad en términos de calibre, aspecto y punto de maduración de cada producto.

En este sentido, la red 5G y la tecnología MEC (Multi-access Edge Computing) resultan clave para la consulta, análisis y transmisión de datos, ejecución de algoritmos y comparación de patrones que permiten elegir y recolectar en tiempo real los frutos que están maduros. Además, para poder cubrir de manera temporal zonas de difícil acceso, Vodafone ha utilizado una unidad móvil 5G que

---

<sup>73</sup> <https://www.vodafone.es/c/empresas/grandes-clientes/es/experiencia-de-clientes/tecnologia-5g/agricultura/>

permite crear un área de cobertura 5G en entornos aislados gracias a que dispone de equipos de red radio y core.



Cellnex, como proveedor tecnológico del proyecto, ha facilitado la integración de Inteligencia Artificial en el Edge, para el procesamiento de datos tras la captura de imágenes de la fruta desde unas cámaras ubicadas en el robot recolector, permitiendo así una toma de decisiones eficiente según su estado. También ha implementado el sistema de captura de imágenes mediante infrarrojos y cámara estéreo (3D) y ha llevado a cabo el diseño de la codificación de datos en tiempo real y desarrollo del sistema de aprendizaje automático empleado en el Edge.

Con la dotación de inteligencia y el uso del 5G, la máquina puede tomar imágenes del color y diámetro de la fruta en tiempo real y seleccionar cuáles cumplen los estándares de calidad establecidos. De esta manera, el proceso pasa a ser más eficiente y flexible, conllevando una disminución en los costes y controlando aún más la pérdida de alimentos.

- **Agricultura de precisión IoT en Galicia**<sup>74</sup>

Orange y Qampo - sistema que permite la monitorización y el análisis de parámetros para la agricultura de precisión - están llevando a cabo para Agroamb un piloto para optimizar el rendimiento de explotaciones agrarias mediante la correlación de parámetros agronómicos y medioambientales aportados por sensores conectados mediante IoT 5G, y mapas satelitales.

El proyecto se localiza en un entorno rural con actividad productiva e industrial. La red de núcleo o core se ha implementado en una localización central (no distribuida). La propuesta consiste en desplegar nueva cobertura 5G en el área de Castro de Rey (Lugo), mediante la instalación de un nodo 5G (gNodeB), en la misma ubicación que un nodo LTE (eNodeB) que presta servicio en este área.

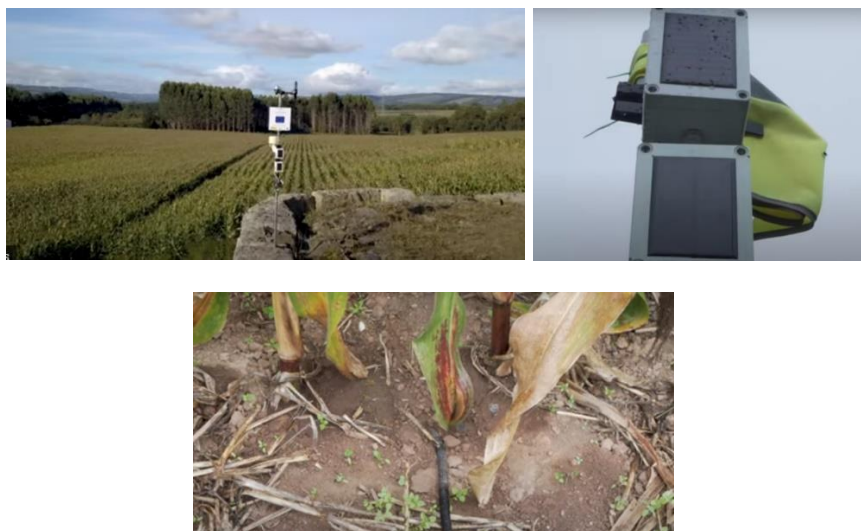
---

<sup>74</sup> <https://5gpilotosgalicia.orange.es/casos-de-uso/agricultura-precision>

Se han sensorizado y digitalizado más de 40 hectáreas, lo que ha permitido tener un control y un seguimiento en tiempo real de la evolución y de las condiciones óptimas de los cultivos plantados.

La tecnología 5G favorece la transmisión de datos a la nube y el análisis de las grandes cantidades de datos recogidos por los sensores en el cultivo de maíz, en tiempo real al mejorar 5G la velocidad y calidad en el tratamiento de la información. Se obtienen datos cada vez más específicos y fiables del estado del cultivo, conociéndose cuál es el momento óptimo de recolección. Además, la tecnología 5G permite reducir hasta un 90% el consumo de batería de los dispositivos, debido a que no deben estar todo el tiempo conectados.

Con este piloto Agroamb ha obtenido información en tiempo real de los recursos asociados a sus cultivos, permitiendo por ejemplo la optimización del empleo de fertilizantes, el buen uso del agua en los sistemas de riego o el acceso a la información de la estación climática.



## 5. CONCLUSIÓN

España destaca entre los países de la Unión Europea por el número de pruebas piloto y casos de uso con tecnología 5G, la mayoría de ellos financiados por las convocatorias de pilotos de Red.es. Abarcan los sectores de industria; seguridad y emergencias, salud y educación; entretenimiento, media, y eventos; infraestructuras de energía, gas y agua; movilidad y transporte; ciudades inteligentes, turismo y comercio, y agricultura.

Comercialmente los operadores ofrecen un servicio 5G de mayor velocidad que respecto a 4G, pero sin explotar aún las funcionalidades de baja latencia y configuración flexible de servicios que serán posibles con la migración de la red 5G NSA a 5G SA, que empieza a estar disponible en las redes de los operadores.

El núcleo de red virtualizado y enfocado en el modelo de aplicaciones en la nube, la infraestructura de computación en el borde de la red y en la nube, así como las funcionalidades de segmentación de la red (*network slicing*) -propias de la arquitectura 5G SA-, serán claves para configurar de forma flexible, automatizada y escalable toda una variedad de servicios de conectividad de alto rendimiento con calidades garantizadas y particularizadas a demanda del cliente, que impulsen la transformación digital de las empresas.

Se espera que las capacidades de las redes 5G habiliten nuevos servicios y modelos de negocio, fomentando la innovación y la entrada de nuevos proveedores y colaboradores en el desarrollo de soluciones, así como de nuevos competidores, lo que sin duda impactará en las dinámicas del ecosistema 5G.

Ahora bien, las empresas verticales están aún en una fase exploratoria del valor que 5G puede aportar a su negocio, probando los servicios avanzados y capacidades que habilita esta tecnología. Ante este bajo impulso de la demanda se observa una mayor tendencia a la colaboración entre los operadores y todos los agentes que intervienen en el ecosistema 5G, para ofrecer soluciones y casos de uso adaptados a las necesidades de cada *vertical*, y con un nivel de coste y escalabilidad suficientes para asegurar que el modelo de negocio sea rentable.

Hasta el momento, la mayoría de los servicios 5G comerciales para empresas ofrecen servicios de red privada en áreas localizadas, como emplazamientos industriales, puertos o fábricas, aumentando progresivamente el nivel de prestaciones y disponibilidad de casos de uso a medida que avanza el despliegue de red 5G SA y aumenta la demanda por parte del mercado.

Por último, también se prevé una mayor dinámica competitiva en el sector empresarial, puesto que los operadores, los suministradores de equipos y de infraestructuras y los grandes proveedores de infraestructura y servicios de computación en la nube también están ofreciendo servicios enfocados a los sectores verticales, especialmente en la provisión de servicios de redes privadas.

Publíquese este Informe en la página web de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia ([www.cnmc.es](http://www.cnmc.es)).