

MOOC IOT

Módulo 1: UN MUNDO CONECTADO A TRAVÉS DE INTERNET DE LAS COSAS

1.1 CONCEPTO DE INTERNET DE LAS COSAS

Por Alberto Prieto Espinosa

Profesor Emérito de la Universidad de Granada

1. Introducción

Esta unidad trata de dar una visión general del concepto de Internet de las Cosas (o IoT, siglas de Internet of Things). Para ello partiremos de la descripción de cuatro casos prácticos concretos (Sección 1.2). A continuación, precisaremos los objetivos y contenidos de esta disciplina dando diversas definiciones, ya que no hay una universalmente aceptada, aunque las cinco elegidas se complementan dando una visión integral del concepto (Sección 1.3). La unidad finaliza con unas conclusiones (Sección 1.4) y referencias bibliográficas (Sección 1.5).

2. Concepto de IoT y escenarios

Vamos a analizar el significado de Internet de las Cosas a partir de la descripción de varios escenarios concretos en donde se aplica. En otras palabras, describiremos ejemplos de aplicación que muestran las posibilidades de IoT para después dar una definición completa de este concepto.

ESCENARIO 1. Carril T en autovías de peaje: Sorprende que en una autopista de peaje haya entradas y salidas señalizadas con una T por la que pasan los coches sin pararse y aparentemente sin pagar. ¿Qué ocurre?

- Son carriles especiales que se denominan Vía-T.
- Los conductores que pasan por este carril han contratado un servicio de telepeaje y adquirido un pequeño dispositivo que llevan en su coche.

- Una antena en el puesto Vía-T detecta el paso del vehículo (en realidad del dispositivo) y efectúa automáticamente un cargo del importe del peaje en la cuenta o tarjeta de crédito que el propietario haya asociado a su dispositivo.
- En el momento que la antena ha detectado la información del dispositivo VIA-T, éste emite un pitido para corroborar que la operación se ha realizado correctamente, el semáforo pasa a color verde y se eleva automáticamente la barrera de paso.
- El vehículo no necesita detenerse, pudiendo atravesar la zona de peaje usualmente a una velocidad de entre 20 y 40 km/h.



[1]



[2]



¹ Autoestradas de Galicia. <https://www.autoestradas.com/la-autopista/medios-de-pago/>

² Autoestradas de Galicia. <https://www.autoestradas.com/la-autopista/medios-de-pago/>



[3]

Figura 1. Carriles de acceso rápido en autovías

- Se obtienen las siguientes ventajas:
 - Fácil y seguro.
 - Se ahorra tiempo (no hay que detenerse, menos colas).
 - Descuentos.
 - Menos polución.
 - Reducción de personal para una tarea rutinaria.

El uso de estos dispositivos se ha ampliado a aparcamientos cerrados y a parquímetros de algunas zonas de estacionamiento vigilado de las ciudades; de forma que no es necesario coger ticket ni tener que ir a una caja dónde validarlo y pagar.

ESCENARIO 2. Sistema de alquiler de bicicletas en la ciudad de Granada (octubre de 2017 a 18 de julio de 2018) [4].

La empresa oBike de Singapur instaló en octubre de 2017 en Granada, al igual que en otras ciudades del mundo, un sistema de alquiler de bicicletas utilizando ampliamente el concepto de Internet de las Cosas.

Las principales características de este sistema eran:

- 250 bicicletas de uso compartido
- Permite dejar los vehículos en cualquier espacio público, sin que sea necesario un lugar de estacionamiento preestablecido.

Para utilizar el sistema el usuario instala una aplicación (app) en su móvil, y asocia un monedero que recarga cuando sea necesario. Debe contener un saldo superior a tan sólo 5€ (fianza). Inicialmente se le asignan al usuario 100 puntos.

³ <https://costablancaclub.com/11062018-2/>

⁴ <http://www.ideal.es/granada/funciona-nuevo-sistema-20171025140016-nt.html>

El procedimiento de uso consiste en lo siguiente:

- Se inicia la sesión con el móvil.
- En un mapa aparece la ubicación geográfica de las bicis libres. El usuario elige la más cercana.
- Una vez que llega a ella, la alquila escaneando un código QR existente en cada uno de los vehículos. La bici se desbloquea automáticamente.
- El usuario se mueve libremente por la ciudad.
- Una vez finalizado su uso, la bici se deposita en cualquier espacio público cercano y se procede a bloquearla, escaneando de nuevo el código QR.

La asignación de puntos a cada usuario pretende incentivar las buenas prácticas de utilización del sistema; en beneficio de otros usuarios y de la empresa que gestiona el sistema. Así, si la bici se deja en lugares adecuados, o el ciclista difunde su uso, o informa de bicis en mal estado, etc. se añaden puntos. Por el contrario, si se hacen malas prácticas: se quitan puntos. El precio de alquiler está en función del número de puntos: con 100 puntos o más el coste es de 0,50 € la media hora. El costo es cargado al monedero del móvil.

Estas bicicletas tienen una serie de dispositivos que permiten interactuar con otros, remota o localmente; como es:

- Tecnología de etiquetas QR para identificar la bicicleta, desde el móvil
- Geolocalización, para ver desde internet en tiempo real la ubicación de la bicicleta.
- Conexión bluetooth para desbloqueo del candado.
- Diversos sensores para detectar el estado de los distintos elementos de la bicicleta.



Figura 2 Características de las bicicletas públicas instalada en Granada. Fuente: [5].

⁵ <https://www.facebook.com/oBikeES/>

Este sistema se utiliza en Madrid y otras ciudades europeas; y en Granada, al igual que en otros lugares del mundo, fracasó, en este caso en menos de un año debido a la falta de cultura cívica y vandalismo de algunos de sus vecinos. En efecto, se robaban distintos elementos de las bicicletas (sillín, manillar, ruedas, etc.) e incluso se sustraían bicicletas completas que a veces se veían en algunos balcones de las casas.



Figura 3. El servicio de alquiler público de bicicletas de Granada a los pocos meses de su inauguración fracasó.

En todas las disciplinas conviene analizar tanto los casos de éxito como los de fracaso, con objeto de sacar enseñanzas de ambos. Para que un modelo de negocio tenga éxito, no sólo debe cumplir unos requisitos tecnológicos determinados, sino que además el contexto dónde se aplica debe ser tenido muy en cuenta

⁶ <https://www.o.bike/es/video/>

⁷ <https://www.o.bike/es/>



1. Internet de las Cosas facilita la interconexión de multitud de cosas (objetos) de muy distinta naturaleza. Fuente []



(b)

Figura 5. (a) Enchufe inteligente WiFi Amazon Smart Plug y Echo Dot (de 3.ª generación). (b) Echo Dot de 4.ª generación. [8]

ESCENARIO 3. Asistentes virtuales.

Dentro del contexto de IoT también se han comercializado **asistentes virtuales** en forma de lo que podríamos denominar “altavoces inteligentes controlados por voz”. Uno de los más conocidos es el Echo y la persona (en realidad **avatar**) con la que se intercambia información se denomina **Alexa**. Es comercializado por Amazon a partir de 2014.

Para iniciar una sesión con el asistente virtual basta con decir “Alexa”, y el sistema se sitúa en modo de escucha a la espera de recibir órdenes con la voz. El Echo Dot las reconocerá y da su respuesta a través del altavoz o controlando los objetos conectados inalámbricamente a él.

Básicamente hay dos tipos de funciones:

⁸ ayuntamiento%20de%20granada

1. Accesos automáticos a Internet que permiten hacer muchos tipos de preguntas o peticiones, como las que se indican en la Tabla 1.1, y ante las que responde o ejecuta la acción requerida [9].
2. Monitorización y control automático de objetos convencionales compatibles (bombillas inteligentes, cámaras de vigilancia, termostatos, cerraduras, etc.). Para ello el Echo Plus tiene integrado un concentrador domótico (*hub smart home*). Por ejemplo, hay disponibles enchufes inteligentes que hacen posible conectar o desconectar, por medio de órdenes de voz interpretables por el concentrador, cualquier dispositivo eléctrico: encender o apagar el calentador de agua, las luces del nacimiento de navidad, etc.

Uno de los mayores potenciales del Echo Home son las habilidades (**skills**) de Alexa, que son funciones o aplicaciones desarrollados por otras empresas y que añaden constantemente nuevas órdenes de voz y la ejecución de las mismas. A nivel mundial hay miles de ellas. También numerosos fabricantes de productos muy diversos (electrodomésticos, automóviles, electrónica de consumo, computadores, etc.) están incluyendo en sus objetos inteligentes compatibilidad con el Echo. El módulo dedicado a domótica se describirán más detalles.

El funcionamiento de Alexa es similar al de otros asistentes como el Google Assistant, el Siri (Apple) y el Cortana (Microsoft).

Tabla 1. Ejemplo de funciones que realiza Alexa relacionas con navegación a través de Internet

- | | |
|--|--|
| • “Alexa, ¿cuántas calorías tiene una cerveza?” | • “Alexa, quiero escuchar la emisora Onda Cero”. |
| • “Alexa, ¿cuántos grados Fahrenheit son 21 grados centígrados?” | • “Alexa, ponme la sinfonía quinta de Beethoven” |
| • “Alexa, ¿cuántos años tiene Madonna?”. | • “Alexa, canta a mi hermana cumpleaños feliz” |
| • “Alexa, ¿cuántos días quedan para Navidades?”. | • “Alexa, pon música ambiental tranquila” |
| • “Alexa, ¿qué hora es en Nueva York?”. | • “Alexa, ponme un reguetón” |
| • “Alexa, ¿cómo se dice en francés ‘buenos días’?” | • “Alexa, dime la receta de la tortilla de patatas” |
| • “Alexa, ¿cuánto es 32 x 48?”. | • “Alexa, pídenos una pizza” |
| • “Alexa, dime la tabla de multiplicar del 9”. | • “Alexa, despiértame mañana a las 7:30.” |
| • “Alexa, ¿qué día es hoy?” | • Llama por teléfono a Juan López (si está sincronizado con el teléfono móvil inteligente) |
| • “Alexa, ¿en qué situación están mis pedidos a Amazon?” | |
| • “Alexa, cuéntame un chiste” | |
| • “Alexa, ¿recítame una poesía?” | |
| • “Alexa, ¿qué tiempo va a hacer en Almuñécar?” | |

También se pueden establecer alarmas, recordatorios o iniciar cronómetros DOMOTICA

ESCENARIO 4. Trabajo en el futuro.

Llego al trabajo, y el sistema de Internet de las Cosas realiza las siguientes funciones, con una infraestructura prácticamente invisible:

- Me identifica con mi tarjeta inteligente, dándome acceso al edificio.

⁹ https://www.amazon.es//15823644031?ref_=pe_26592121_603342181

- Al llegar al puesto, mi computador está ya encendido con mis preferencias (abierto el email, etc.).
- Unos sensores toman valores de temperatura, humedad, luz y ruido de mi despacho y automáticamente adaptan la climatización y alumbrado a mis preferencias.
- A través de biosensores (vestibulares o de mi teléfono inteligente) se detecta mi nivel de estrés y suena una música o incluso cambia la disposición de los muebles.
- A través de sensores exteriores, se mide la polución, tiempo, etc.
- En función del tráfico me recomiendan una hora de salida de la oficina.
- Si vuelvo a casa en autobús, el sistema me indica el momento en que debo abandonar mi trabajo. Esta función la realiza teniendo en cuenta el tráfico, la situación del autobús de la línea que me lleva a casa con respecto a la parada que habitualmente utilizo, y lo que normalmente tardo en llegar a ésta desde mi despacho,

Existen infinidad de situaciones en que se utiliza Internet de las cosas y que veremos más adelante, en la Unidad 1.3.

3. ¿Qué es Internet de las cosas?

En los escenarios que acabamos de analizar tenemos objetos o cosas que “hablan” entre ellos:

- El coche con el puesto de peaje.
- El puesto de peaje con la central de datos.
- El puesto de peaje con el sistema de subida/bajada de barrera y el semáforo de paso.
- Las bicicletas con móviles.
- Las bicicletas con una central.
- Asistente virtual (Echo) con un enchufe inteligente.
- El móvil con la central, etc.

Este es el fundamento de “Internet de las Cosas”, *Internet of Things*, o, abreviadamente, IoT.

No hay una definición estándar de Internet de las Cosas, aceptada de forma global, de forma que se pueden encontrar diferentes definiciones []; así en la bibliografía aparecen varias más o menos completas; unas hacen hincapié en alguna característica peculiar y otras en otras propiedades. Entre estas definiciones podemos encontrar las siguientes:

Definición 1: IoT es la interconexión de “dispositivos físicos, vehículos, edificios, y sistemas embebidos con dispositivos electrónicos, software, sensores, actuadores y conexión a la red, permitiendo el intercambio de información entre ellos” [10].

Definición 2: IoT permite a la gente y a las cosas estar conectados todo el tiempo, en cualquier lugar, con cualquier cosa y persona utilizando cualquier red y cualquier servicio [11].

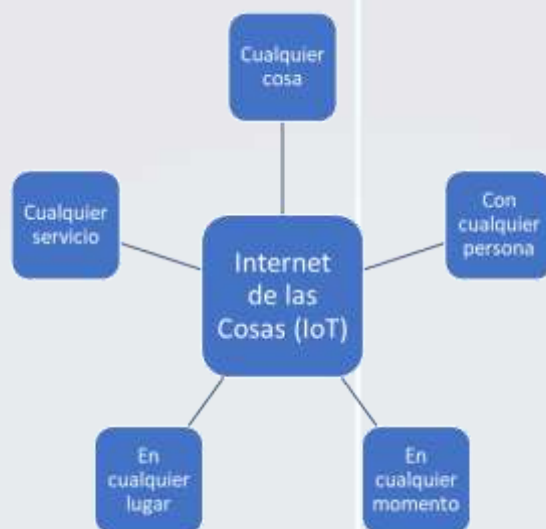


Figura 6. Gracias a IoT es posible que las personas y los objetos estén conectados intercambiando datos y órdenes todo el tiempo, en cualquier lugar, con cualquier cosa y persona utilizando cualquier red y cualquier servicio.

Definición 3: IoT es la convergencia de distintos tipos de tecnologías hardware y software, que hace posible la interconexión entre sí objetos heterogéneos, confiriéndoles de mayor inteligencia, dando lugar a nuevos servicios y oportunidades de negocio [12].

Definición 4: “Internet de las cosas (IoT) es la interconexión de dispositivos físicos, vehículos, edificios y otros elementos, integrados con componentes electrónicos, software, sensores, actuadores y conectividad de red que permiten que esos objetos recopilen e intercambien datos” [13].

Definición 5: “Internet de las Cosas (IoT) es una infraestructura mundial para la sociedad de la información que propicia la prestación de servicios avanzados mediante la interconexión de objetos (físicos y virtuales) gracias a la interoperabilidad de tecnologías de la información y la comunicación presentes y futuras” [1]. Los objetos físicos y virtuales se configuran con identidades, atributos físicos y personalidades virtuales propias y hacen uso de interfaces inteligentes [14].

¹⁰ <https://www.nougir.com/index.php/blog-3/item/13-que-es-iot-o-internet-de-las-cosas-y-sus-aplicaciones>

¹¹ https://www.amazon.es/l/15823644031?ref_=pe_26592121_603342181

¹² <https://informationmatters.net/internet-of-things-definitions/>

¹³ Internet of Things Global Standards Initiative". ITU. Retrieved 26 June 2015

¹⁴ M. Damas, F. Gómez, S. Moreno, C. Bailón, A. Olivares (2017). La asignatura “Internet de las Cosas” en el master DATCOM de la UGR. Enseñanza y Aprendizaje de Ingeniería de Computadores. Número 7, pp. 93-109

SIGNIFICADO SUBYACENTE Y ACLARACIONES:

La finalidad de una red social es conectar personas con algún interés común: podemos hablar de Internet de las personas. El siguiente paso tiene lugar cuando los objetos cotidianos se conectan entre sí y a Internet. Es Internet de las cosas.

Hay que hacer notar una cuestión relevante, en realidad cuando hablamos de Internet de las Cosas hacemos referencia a integrar en distintos entes que nos rodean habilidades que previamente únicamente tenían los computadores, tabletas, etc. No sólo entes de nuestros hogares (domótica) sino también objetos de edificios, vehículos de transporte, calles, ciudades (inteligentes), de plantas industriales, y utilizados en la práctica médica, etc. Como se verá a lo largo de este curso, en Internet de las Cosas, las “cosas” (“*things*”), no son siempre cosas.

Conviene tener en cuenta que un conjunto de objetos inteligentes intercomunicados entre sí localmente, por Bluetooth o RFID NFC, por ejemplo, no constituyen por sí solo un sistema de Internet de las Cosas. Lo sustancial, además del cambio en la naturaleza o habilidades de las cosas que las hace “inteligentes” es el intercambio de datos a través de Internet, saliendo de los hogares o entidades. La terminología Internet de las Cosas debe interpretarse como alegoría de que los entes se vuelven inteligentes, perciben el mundo que los rodea y disponen de la pericia de comunicarse entre sí, con otros sistemas y con los humanos a través de Internet.

4. Conclusiones

Internet de las Cosas más que una tecnología propia es una confluencia de tecnologías relacionadas con la electrónica, informática, ciencia de datos, etc. La idea fundamental es interconectar cosas (objetos) de forma que puedan intercomunicarse por medio de redes de datos entre ellos o con una plataforma central y transferir datos y órdenes. Los objetos de IoT tienen inteligencia, en el sentido de que pueden, sin intervención directa humana, captar datos por medio de sensores, intercambiarlos con otros objetos, almacenarlos y procesarlos local o remotamente, agregar datos de distinta naturaleza y extraer conocimiento de ellos y tomar decisiones de actuación.

Para ahondar en el concepto de Internet de las Cosas en las próximas unidades de este módulo analizaremos las siguientes cuestiones:

- Unidad 1.2. Confluencia de tecnologías en Internet de las Cosas
- Unidad 1.3. Ámbitos y áreas de aplicación y beneficios que se obtienen.
- Unidad 1.4. Evolución, perspectivas de futuro y retos para solucionar los inconvenientes de IoT.

A lo largo de la exposición de las cuatro unidades que configuran el módulo se pondrá claramente de manifiesto que el concepto de IoT fue fraguándose poco a poco a partir de las ideas y predicciones

revolucionarias en su día, de algunos visionarios, y que a pesar de que las aplicaciones actuales son muy amplias, existen muchas más posibilidades que pueden aflorar de nuestra ilimitada imaginación.

5. Bibliografía

- [1] Autoestradas de Galicia. <https://www.autoestradas.com/la-autopista/medios-de-pago/>
- [2] <https://costablancaclub.com/11062018-2/>
- [3] <http://www.ideal.es/granada/funciona-nuevo-sistema-20171025140016-nt.html>
- [4] <https://www.facebook.com/oBikeES/>
- [5] <https://www.o.bike/es/video/>
- [6] <https://www.o.bike/es/>
- [7] <https://es.2021discountsale.ru/category?name=bicicletas%20del%20>
- [8] [ayuntamiento%20de%20granada](https://es.2021discountsale.ru/category?name=bicicletas%20del%20)
- [9] <https://ciclosfera.com/a/granada-obike>
- [10] https://www.eldiario.es/andalucia/granada/fracaso-bicis-alquiler-granada_1_2760123.html
- [11] <https://www.nougir.com/index.php/blog-3/item/13-que-es-iot-o-internet-de-las-cosas-y-sus-aplicaciones>
- [12] https://www.amazon.es/l/15823644031?ref=pe_26592121_603342181
- [13] <https://informationmatters.net/internet-of-things-definitions/>
- [14] Internet of Things Global Standards Initiative". ITU. Retrieved 26 June 2015
- [15] P. Guillemin and P. Friess "Internet of things strategic research road map," The Cluster of European Research Projects, Tech. Rep., September 2009 <https://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>
- [16] 13 M. Damas, F. Gómez, S. Moreno, C. Bailón, A. Olivares (2017). La asignatura "Internet de las Cosas" en el master DATCOM de la UGR. Enseñanza y Aprendizaje de Ingeniería de Computadores. Número 7, pp. 93-109
- [17] Internet of things. Wikipedia (edición inglesa). https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things.
- [18] Recommendation ITU -T Y.2060: Overview of the Internet of things: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I>
- [19] Vermesan, O., Eisenhauer, M., Sundmaeker, H., Guillemin, P., Serrano, M., Tragos, E. Z., ... & Bahr, R. (2017). Internet of things cognitive transformation technology research trends and applications. Cognitive Hyperconnected Digital Transformation: Internet of Things Intelligence Evolution.
- [20] Oluyisola, O.E., Sgarbossa, F., Strandhagen, J.O.: Smart production planning and control: concept, use-cases and sustainability implications. Sustainability 12, 3791 (2020).

1.2 INTERNET DE LAS COSAS COMO INFLUENCIA DE TECNOLOGÍA

Por Alberto Prieto Espinosa

Profesor Emérito de la Universidad de Granada

1. Introducción

Peter Senge dijo “La innovación depende de la integración de tecnologías” [15] y, como veremos en esta unidad, un ejemplo claro de esta afirmación es Internet de las Cosas.



Figura 1. Portada del libro de Peter Senge

En efecto, IoT puede considerarse como una aplicación en la que confluyen las técnicas, disciplinas o conceptos siguientes:

- Sistemas inteligentes e inteligencia artificial.
- Sistema embebido o empotrado.
- Computación ubicua.
- Ciencia de datos.
- Computación en la nube (*cloud computing*).
- Domótica.
- Tecnología comunicación máquina a máquina (M2M)

¹⁵ Senge, P. M. (1997). The fifth discipline. *Measuring Business Excellence*.

En esta segunda unidad se describen los conceptos básicos de las técnicas anteriores y cómo contribuyen en el desarrollo e implementación de infraestructuras de Internet de las Cosas.

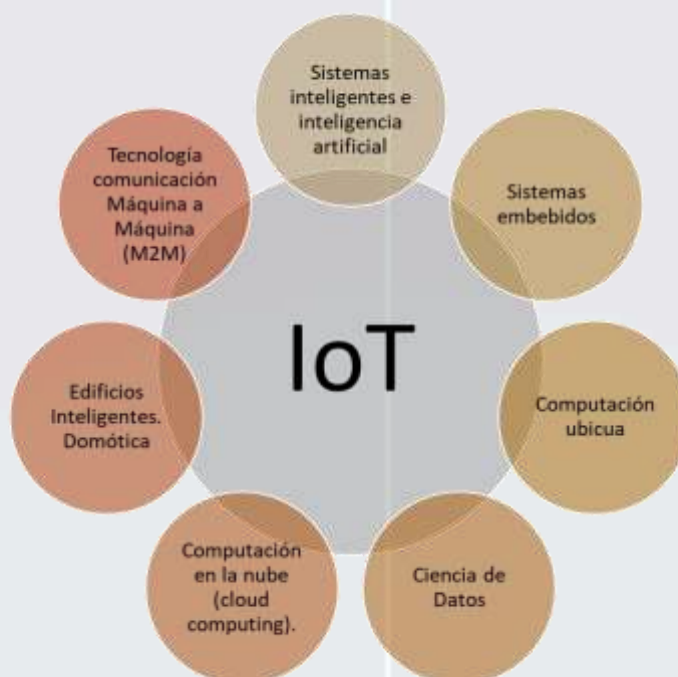


Figura 2. Internet de las Cosas como confluencia de tecnologías.

2. Sistemas inteligentes e inteligencia artificial

Un **sistema inteligente** es un dispositivo o programa que realiza tareas de procesamiento de la información que asociamos a funciones cognitivas propias de la mente humana, con facultades tales como aprendizaje, reconocimiento de formas, resolución de problemas, etc.

A lo largo de la historia de la humanidad el concepto de inteligencia ha ido evolucionando considerablemente.

Así, por ejemplo, hasta prácticamente el siglo XVII saber multiplicar o dividir era considerada una tarea que requería de gran inteligencia y que sólo era realizada por personas de una gran cultura. Precisamente Neper (1550- 1617) introdujo el concepto de logaritmo para realizar multiplicaciones y divisiones por medio de sumas y restas (que eran operaciones más conocidas).

En la segunda mitad del siglo XX se decía que una tarea era inteligente cuando no se podría resolver con máquinas; y se ponía como ejemplo paradigmático el juego del ajedrez. En este sentido conviene indicar que una acepción del término “inteligencia” definido por la RAE es “sustancia puramente espiritual”. Se decía que jugar al ajedrez era una actividad netamente inteligente ya que ningún computador lo podría hacer como los humanos. Este razonamiento dejó de tener validez cuando en

1997 el computador IBM Deep Blue ganó al campeón del mundo Gary Kasparov [] en el que muchos consideraron el “duelo más espectacular de la historia del ajedrez”. Obviamente tareas como multiplicar, dividir o jugar al ajedrez, por el hecho de ser realizadas muy eficientemente por máquinas, no deben dejar de ser consideradas como inteligentes.

En la actualidad los computadores, y lo que denominamos sistemas inteligentes, en general, hacen tareas superiores que concebimos como inteligencia, tales como aprender, percibir (por medio de sensores), razonar y resolver problemas. La RAE define la Inteligencia Artificial como la “disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico”.



Figura 3. 11 de mayo de 1997, Gary Kasparov, campeón mundial de ajedrez, es derrotado por el supercomputador de IBM Deep Blue.
Fuente: ¹⁶].

Una definición más actual de Inteligencia Artificial indica que es «la capacidad de un sistema para interpretar correctamente datos externos, para aprender de dichos datos y emplear esos conocimientos para lograr tareas y metas concretas a través de la adaptación flexible” [¹⁷]. Conviene aclarar que la inteligencia artificial no sólo se refiere a programas (software), como erróneamente hace la RAE, sino también a los sistemas físicos (procesadores, sensores, actuadores, etc.) en los que se ejecutan dichos programas. Así, un robot, o un sistema de conducción autónomo, etc. muestran “inteligencia” asociada a la ejecución de software en un hardware específico.

¹⁶ <https://medium.com/enrique-dans/coming-to-terms-with-the-changing-role-of-machines-74598b57cb3>

¹⁷ Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, 62(1), 15-25.



Figura 4. Internet de las Cosas no sólo considera la comunicación objeto-objeto, sino también la de objeto-persona y persona-objeto. Fuente: ¹⁸

Poco a poco se está generalizando el término de “inteligencia artificial”, de forma que en los medios de comunicación prácticamente a cualquier programa de ordenador, sea cual sea su función: realizar una contabilidad, confeccionar la nómina de una empresa, un editor de imágenes, un videojuego, sistema de conducción autónomo, etc., se le tilda de “una inteligencia artificial”. Se está sustituyendo poco a poco el término “informática” por el de “inteligencia artificial”.

En el contexto de Internet de las Cosas y como indica Vazhnov, A. en su libro ¹⁹ cuando se utiliza el término “inteligencia artificial” o “sistema inteligente” se hace referencia simplemente a dispositivos capaces de ejecutar programas que puedan analizar los datos que captan de sensores y realizar acciones en función de esto según ciertas reglas establecidas por los programadores. Como ejemplo podemos citar el termostato “inteligente” de Nest Labs, empresa que fue adquirida en 2014 por Google.

El termostato de Next aprende de los hábitos de los usuarios con el objetivo de reducir el consumo energético. Además de tener varios sensores de temperatura, también los tiene de humedad, de proximidad, de movimiento y de luz ambiente. Estos sensores sirven para hacer una gran variedad de tareas útiles con objeto de mejorar el confort del usuario con ahorro energético. Así, por ejemplo, el sensor de movimiento sirve para detectar cuando los habitantes se van de la casa o a dormir con objeto de activar la modalidad de ahorro energético y, automáticamente, bajar la temperatura de forma adecuada en la habitación cuando queda vacía durante un determinado tiempo. Con el sensor de proximidad se puede detectar si una persona se está acercando y encender la pantalla de control de climatización. Cuando se aleja, disminuye el brillo de la pantalla.

En definitiva, el procesador y los programas del termostato aprenden o abstraen de forma “inteligente” los patrones del usuario. Al instalar por primera vez el termostato debe ajustarse la temperatura de forma manual. No obstante, a partir de una docena de ajustes, aprende, por ejemplo, que la persona sube la temperatura hasta 22 grados cuando está en casa despierto y que opta por 20 grados cuando se va a dormir. De igual forma, si el fin de semana preferimos una temperatura un poco mayor y por las

¹⁸ <https://pixabay.com/es/photos/tecnolog%c3%ada-desarrollador-toque-dedo-3389904/>

¹⁹ Vazhnov, A. (2016). La Red de Todo: Internet de las Cosas y el Futuro de la Economía Conectada. Smashwords Edition

mañanas más frescas, el termostato también lo aprenderá. Según va pasando el tiempo el termostato ajustará automáticamente la temperatura debido a que ya ha abstraído un patrón de preferencias y lo aplica (lo “aprendió” y lo “recuerda”).

A diferencia de los termostatos más avanzados que había antes en el mercado, con el Nest no hay absolutamente nada que programar por el usuario. Simplemente sube y baja la temperatura como y cuando quiera y el dispositivo aprende solo. En esto, el revolucionario termostato sigue un principio clave de diseño de la tecnología inteligente: las computadoras no deben preguntar al humano algo que puedan averiguar por sí mismas.

3. Sistemas embebidos

Un sistema embebido (empotrado o embarcado) es un hardware (con su software asociado) diseñado específicamente para llevar a cabo una o varias funciones concretas, y que incluye los elementos básicos de cualquier computador (entrada, salida, procesador y memoria), aunque externamente este sistema pase desapercibido. Una lavadora automática de ropa incluye internamente un sistema embebido, pero externamente no apreciamos que contenga un computador o sistema electrónico que monitoriza y controla todas sus funciones: el sistema embebido está oculto.

Los ordenadores convencionales, como un computador personal o de sobremesa, están diseñados para poder ejecutar programas de aplicación muy diversos (crear y editar documentos, realizar una contabilidad, cálculo científico, editar fotografías, etc.) con el mismo hardware y sin más que cambiar el programa (la aplicación) a ejecutar. Un sistema embebido, sin embargo, es un computador de uso específico ya que está diseñado para realizar tareas concretas, por lo general en tiempo real.

Los sistemas embebidos controlan productos de electrónica de consumo o electrodomésticos u objetos tales como: televisores, videos, lavadoras, alarmas, apertura automática de la barrera de un parking, teléfonos inalámbricos, etc. Incluso un computador personal (PC) tiene sistemas embebidos en el monitor, impresora, y periféricos en general, adicionales al procesador del propio computador. Un automóvil puede tener hasta un centenar de sistemas embebidos que controlan el funcionamiento de la transmisión, tracción, ignición, dirección asistida, frenos antibloqueo (ABS), navegador, climatización, etc.

La denominación de “embebido” es motivada porque externamente no hay ninguna apariencia de que exista un computador: éste se encuentra incrustado o integrado en el sistema.

La mayoría de los sistemas embebidos se utilizan para funciones de control, y con frecuencia se diseñan con objeto de interactúa continuamente con el entorno para monitorizar (vigilar) o controlar algún proceso del que captan información por medio de un conjunto de sensores.

Muchos sistemas embebidos son sistemas de tiempo real; es decir, deben responder, dentro de un intervalo preestablecido de tiempo, a eventos (sucesos) externos por medio de la ejecución de la tarea asociada con cada evento. Por ejemplo, en el sistema embebido de una lavadora de ropa hay un sensor de temperatura del agua, cuando ésta alcanza una determinada temperatura (evento) el

sistema empotrado debe reaccionar dentro de un tiempo preestablecido dando la orden de desconexión de la resistencia de calentamiento del agua.

Los sistemas embebidos se caracterizan por la necesidad de dispositivos de E/S especiales. Cuando se opta por diseñar el sistema embebidos partiendo de una placa con microcomputador también es necesario comprar o diseñar placas de E/S adicionales para cumplir con los requisitos de la aplicación concreta.

Como se ha comentado anteriormente el sistema embebido contiene todos los elementos constitutivos de un computador y tienen las siguientes peculiaridades:

- **Procesador.** El procesador o CPU (*Central Processing Unit*) es el elemento que posibilita la realización de cómputo del sistema. Son los circuitos integrados que efectúan las operaciones aritméticas de los algoritmos (Unidad Aritmética, ALU) junto con los circuitos que controlan el funcionamiento de todo el sistema (ALU, memoria y E/S) y que constituyen la Unidad de Control (CU). Debido a la miniaturización de los circuitos, los procesadores actuales se integran completamente en un circuito integrado (chip) o en parte de él. Los procesadores integrados en un chip, debido a su reducido tamaño, se denominan **microprocesadores**. También hay circuitos integrados con una arquitectura específica ideada para monitorización y control de procesos, que además del procesador incluyen memoria, temporizadores, gestión de E/S para datos tanto analógicos como digitales y canales para conexión a redes de comunicaciones o a otros dispositivos (conexiones que se denominan buses de campo). Este tipo de circuitos se denominan **microcontroladores**. Otros circuitos integrados de gran interés usado en IoT son los **procesadores digitales de señales** (DSP, Digital Processing Unit) que implementan electrónicamente algoritmos básicos del ámbito de procesamiento de señales.
- **Memoria.** Almacena, además de datos, las instrucciones que componen los programas y que cuando se ejecutan controlan el funcionamiento del sistema. Muchos de estos programas se encuentran en una parte permanente de la memoria que mantiene la información incluso cuando se desconecta el sistema. En la memoria también se guardan los datos, unos son permanentes y otros corresponden a valores captados de las entradas (sensores) pendientes de ser procesados, o a resultados parciales o finales pendientes de darse al exterior (órdenes para los actuadores, o información para el usuario a dar a través de la pantalla de salida).
- **Dispositivos de Entrada/Salida (E/S).** Aparte de poder utilizar dispositivos de E/S tradicionales (pantalla táctil, teclado, pantalla gráfica, etc.) suelen disponer de dispositivos más especializados, como los siguientes:
 - **Sensores.** Son dispositivos de entrada que detectan señales físicas y las transforman en señales eléctricas. Existen sensores que captan sonido, vibración, desplazamientos, proximidad de personas u objetos, velocidad, aceleración, flujo de un fluido, presión, etc.
 - **Actuadores:** Son dispositivos que transforman una señal eléctrica en una acción como conectar o desconectar eléctricamente un sistema (relé), producir un movimiento lineal o angular de un elemento (motor), generar una señal acústica (altavoz), abrir o cerrar una electroválvula (grifo que se abre o cierra de acuerdo con una señal eléctrica), etc.

- **Comunicaciones.** Son fundamentales en los sistemas embebidos ya que permiten la interconexión con otros dispositivos cercanos (a través de cables, como buses de campo) o lejanos (inalámbricamente). Para lograr la mayor conectividad posible entre dispositivos de distinto tipo y fabricantes los puertos de comunicación que se suelen incluir pertenecen a algún estándar (RS-232, RS-485, SPI, I²C, CAN, USB, IP, Wi-Fi, GSM, GPRS, DSRC, etc.).
- **Fuente de alimentación.** Los distintos circuitos del sistema embebido necesitan energía eléctrica para funcionar, y ésta se da en forma de tensión eléctrica continua (DC) o alterna (AC). La fuente de alimentación (o módulo de energía) tiene como objetivo generar los diferentes niveles de tensión que requieren los distintos elementos del sistema. En el diseño de algunos sistemas embebidos es fundamental que el consumo de energía sea reducido sobre todo cuando se alimentan con baterías, ya que cuando se gastan el sistema deja de funcionar y deben reemplazarse a tiempo.



Figura 5. Placa de desarrollo Arduino Leonardo para conexión de dispositivos IoT. La placa contiene un microcontrolador ATmega32U4, 20 terminales para entradas/salidas digitales y una conexión USB para comunicación con otros equipos informáticos. Fuente: 20

Los procesadores sólo pueden ejecutar directamente programas escritos en lenguaje máquina. Éste es extremadamente rudimentario y complejo de utilizar (entre otras cosas porque las instrucciones se dan con ceros y unos {0,1}, son “códigos máquina”), por lo que se han ideado otros lenguajes de programación más sencillos y que tienen en cuenta el tipo de algoritmos a programar. Para ejecutar un programa en uno de estos últimos lenguajes es necesario utilizar otro programa que se denomina traductor, que, como su nombre indica, traduce el programa realizado por el especialista en informática a lenguaje máquina. Una vez realizado el proceso de traducción, ya el procesador puede ejecutar directamente el programa en código máquina. Los sistemas embebidos (como cualquier otro sistema digital) puede programarse directamente en el lenguaje ensamblador (que es como el lenguaje máquina, pero que utiliza símbolos alfanuméricos en lugar de tan sólo ceros y unos) del

²⁰ <https://store.arduino.cc/products/arduino-leonardo-with-headers>

microcontrolador o microprocesador incorporado sobre el mismo, o también, utilizando lenguajes como C o C++.

Un factor determinante del desarrollo explosivo de IoT ha sido el abaratamiento espectacular de los componentes electrónicos y del desarrollo de los sistemas embebidos, que pueden fabricarse en series de millones de unidades.

Para facilitar el desarrollo de prototipos de sistemas embebidos aplicables a muy distintos contextos, diferentes empresas han comercializado aplicaciones, tarjetas con los circuitos básicos que configuran el sistema embebido, etc. Entre estas plataformas de desarrollo se encuentran, por ejemplo: Arduino, Mbed, Raspberry Pi, y BeagleBone.

4. Computación ubicua

La computación ubicua supone la integración de muy diversos sistemas de procesamiento de la información distribuidos espacialmente y sin percibirlos como tales. Están por todas partes, sin notarlos. Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua (RAE), "ubicuo" significa que está presente a un mismo tiempo en todas partes.

Como indica Andrei Vazhnoven en su libro "La Red del Todo" [], Mark Weiser, de laboratorios PARCC en el año 1988 utilizó por primera vez el término "computación ubicua" (*ubiquitous computing*) [], al describir un escenario futuro con computadores y sensores invisiblemente integrados en todo nuestro alrededor facilitándonos nuestra vida cotidiana. Lámparas que se ajustan automáticamente a la luz ambiental para dar la iluminación adecuada, despertadores que preparan café para que esté recién hecho en el momento que nos despiertan, ventanas que sutilmente nos dan el estado del tiempo sin necesidad de asomarnos, sensores y actuadores que detectan la habitación en que nos encontramos y regulan automáticamente la temperatura ambiente y el volumen de la música a nuestra satisfacción Weiser no sólo era un visionario teórico ya que a finales de la década de los 1980 había desarrollado en su laboratorio diversos prototipos experimentales. Acerca de la visión de la tecnología que estaba tratando de construir, expreso lo siguiente en su artículo "La Computadora del siglo XXI []", citado más de 1.800 veces por distintos investigadores:

"Las tecnologías más importantes son las que no se perciben. Son las que se entrelazan con el tejido de nuestra vida cotidiana hasta que ya no son distinguibles de ella."

En la actualidad hemos llegado a esta situación y ello ha sido posible integrando pequeños computadores, sensores y actuadores en absolutamente todo: interruptores, ventanas, persianas, frigoríficos, televisores, termostatos, relojes, zapatos, ropa. Cuando Weiser lo propuso parecía una ficción extravagante pero hoy es una realidad.

Hoy estamos inmersos en un mundo con diversas tecnologías imperceptibles o invisibles como la distribución de agua o la electricidad. Gracias a la electricidad disponemos de motores eléctricos, extraordinariamente baratos, eficientes y miniaturizados en comparación con los del siglo XIX que

sustituyeron a las máquinas de vapor. Como recalca Vazhnoven en su libro, hay motores por todas las partes. *“Hay uno en la aspiradora, otro en el secador de pelo, los motorcitos que mueven las batidoras y licuadoras y los que giran el plato que ponemos en microondas... Además, cualquier automóvil tiene más de 20 motores - el que arranca el coche, él que limpia el parabrisas, él que sube y baja las ventanillas, varios motores en el acondicionador de aire y muchos más. Los motores eléctricos se entrelazaron tanto en nuestras vidas que ya hace años nos pasan desapercibidos. Nadie piensa, “Voy a activar un motor para subir la ventanilla o para secarme el pelo, simplemente sube la ventanilla o se seca el pelo”. “La electricidad nos es imperceptible”.*

Weiser decía que es inevitable que termine pasando lo mismo con los computadores, que algún día iban a pasar desapercibidos en nuestras vidas dejándonos con un mundo donde todas las cosas a nuestro alrededor sean inteligentes y conectadas. Obviamente vislumbró Internet de las Cosas, que es un caso claro del concepto de Computación Ubicua.

5. Ciencia de datos

Antes de definir la disciplina de Ciencia de Datos es conveniente establecer claramente lo que se entiende por los siguientes conceptos [21]:

- **Dato**
 - Es un símbolo o conjunto de símbolos (alfabéticos, numéricos, gráficos, etc.) utilizado para representar o describir un valor numérico, un hecho, un objeto o una idea.
 - Puede describir variables cuantitativas o cualitativas, correspondientes a hechos empíricos, sucesos y entidades.
- **Información**
 - Una información es un conjunto de datos organizados de forma adecuada para ser objeto de tratamiento.
 - Una información se puede transmitir o comunicar en forma de mensaje.
 - Un mensaje o una información, en general, a diferencia de los datos o de las percepciones sensoriales, tiene una estructura útil que permiten cambiar el estado de conocimiento de un individuo y modificar las sucesivas interacciones del que la posee con su entorno.

Los datos e información los utilizamos principalmente bajo las formas de:

- Textos.
- Sonidos.
- Imágenes.
- Valores numéricos.

²¹ Vazhnov, A. (2016). *La Red de Todo: Internet de las Cosas y el Futuro de la Economía Conectada*. Smashwords Edition.

- **Conocimiento**

- Es el significado extraído de una información.
- Facultad del ser humano para comprender por medio de la razón la naturaleza, cualidades y relaciones de las cosas.
- Entendimiento, inteligencia, razón natural (RAE, acepción 2).

- **Toma de decisiones**

- Proceso mediante el cual se realiza una elección entre diferentes opciones o formas posibles para resolver diferentes situaciones en la vida, en diferentes contextos.
- Consiste, básicamente, en elegir una opción entre las disponibles, a los efectos de resolver un problema actual o potencial

Los cuatro conceptos descritos (datos, información, conocimiento, y decisiones) tienen distintos volúmenes de ocupación en nuestros sistemas digitales y su valor está más o menos oculto. Así, los datos son más voluminosos, y su valor está implícito; mientras que el conocimiento y las decisiones ocupan menos espacio, y tienen un valor explícito directamente utilizable por los usuarios. (ver Figura 2.6).

En cierta medida cada nivel representa la sinopsis, resumen o destilación del nivel inmediatamente inferior.



Figura 6. La Informática (hardware y software) permite extraer de los datos brutos información y conocimiento y realizar tomas de decisiones, todo ello sin intervención humana directa. Estas funciones se realizan de acuerdo con programas realizados por humanos.

Nuestro universo se desenvuelve alrededor de los datos; así encontramos a estos en muy distintos contextos, como los siguientes:

Ciencia

- Bases de datos de astronomía, genómica, datos medioambientales, datos de transporte ...

Ciencias Sociales y Humanidades

- Libros digitalizados, documentos históricos, datos sociales ...

Empresas y Comercio

- Ventas de corporaciones, transacciones de mercados, censos, tráfico de aerolíneas ...

Entretenimiento y Ocio

- Imágenes en internet, películas, archivos MP3, videojuegos ...

Medicina

- Datos de pacientes, datos de escáner, radiografías ...

Industria, Energía ...

- Sensores ...

Internet de las cosas (IoT)

- Determinadas aplicaciones tienen miles e incluso pueden llegar a tener millones de sensores captando datos permanentemente.

Disponemos de cantidades ingentes de datos (big data) almacenados, pero son infrautilizados. Sin lugar a duda podemos afirmar que “somos ricos en datos, pero pobres en conocimiento”. Por ejemplo, dentro del contexto de IoT en una Ciudad Inteligente se generan continuamente datos ambientales que se procesan mínimamente.

El progreso y la innovación ya no se ven obstaculizados por la capacidad de recopilar y almacenar datos, sino por la capacidad de gestionar, analizar, sintetizar, visualizar, y descubrir el conocimiento implícito en los datos recopilados de manera oportuna y en una forma escalable (es decir, que la complejidad de extracción del conocimiento no crezca exponencialmente con el número de datos a procesar).

Pero ¿qué podemos hacer con los datos? Desde un punto de vista científico-tecnológico con los datos se pueden efectuar tres tipos de operaciones: básicas, descriptivas y predictivas, como se describe a continuación.

Operaciones básicas o rutinarias del día a día, que en la actualidad se realizan habitualmente siempre que accedemos a información digital

- Introducir, almacenar y controlar los datos.
- Bases de datos convencionales:
 - Crear, borrar, modificar registros de información.
 - Consultas.
- Transacciones:
 - Comprar un billete o entrada, pagar con tarjeta de crédito, etc.

Operaciones descriptivas que tratan de explicar los datos existentes.

- Agrupar (*clustering*); es decir, detectar datos que tienen valores o características similares y segmentarlos en grupos o clases representativas.

- Identificar reglas de asociación, esto es, encontrar relaciones interesantes entre variables (relacionar unas compras con otras), o descubrir secuencias de patrones (ADN, sistemas de recomendación, etc.).
- Sintetizar, que supone resumir conjuntos o bases de datos masivos para facilitar la toma de decisiones, por ejemplo, generando informes multidimensionales, utilizando herramientas de visualización, etc., que sinteticen la información relevante y sus relaciones.

Operaciones predictivas con las que se hacen previsiones que faciliten la toma de decisiones.

- Clasificar o segmentar (tipologías de clientes, preferencias de los usuarios, etc.)
- Estimar relaciones entre parámetros (análisis de regresión).
- Detectar desviaciones o anomalías (detección de acciones fraudulentas, detección de accidentes).
- Identificar series temporales (pronósticos sobre nuevos datos o tendencias)

En relación con los datos en los últimos años han surgido conceptos nuevos, como los siguientes.

Minería de Datos: Es el proceso de extracción de patrones de información implícitos, no triviales, desconocidos y potencialmente útiles, a partir de grandes cantidades de datos:

- Existe una cantidad ingente de datos (mina)
- Se pretende extraer (minar) conocimiento (la mena) de esos datos, distinguiéndolo de la información irrelevante (la ganga).

Big Data: Concepto que se refiere a datos cuyo volumen, diversidad y complejidad requieren nuevas arquitecturas hardware, técnicas, algoritmos y análisis para gestionar y extraer valor y conocimiento implícitos (oculto) en ellos.

Usualmente se caracteriza por las 5 V:

- Volumen, pueden llegar a almacenarse y procesarse cantidades ingente de datos,
- Velocidad de generación de nuevos datos elevada y de naturaleza dinámica,
- Variedad, ya que se consideran tipologías y formatos muy diversos con calidades diferentes,
- Veracidad, siendo uno de los objetivos detectar la fiabilidad de los datos, y
- Valor, ya que a partir de los datos se pretende mejorar la comprensión y toma de decisiones siendo de gran utilidad para la humanidad.

Ciencia de Datos: La concienciación de la relevancia de los datos ha provocado que en los últimos años haya surgido esta nueva disciplina, que, en lugar de circunscribirse a dominios de conocimiento o aplicaciones concretas, se focaliza en los datos en sí. Podemos definir la Ciencia de Datos como la disciplina que se centra en la extracción de conocimiento a partir de los datos.



Figura 7. En la Ciencia de Datos convergen la Estadística Matemática con la Informática aplicadas y con el dominio de conocimiento concreto al que se esté aplicando (sociología, industria, bibliometría, salud, etc.).

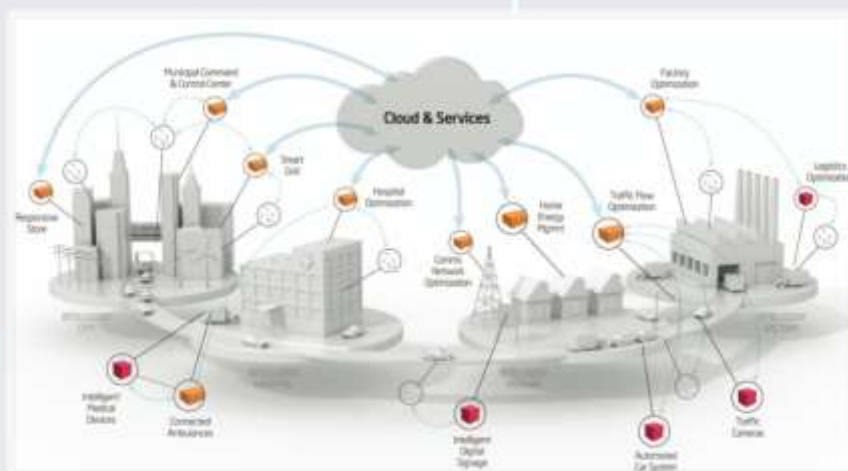
6. Computación en la nube

Uno de los intereses de Internet de las Cosas es aprovechar en lo posible las cantidades ingentes de datos que se producen, con mucha frecuencia de forma continua. Estos datos, procedentes la mayoría de ellos de la monitorización de sensores, principalmente se usan para controlar procesos, activar actuadores, reaccionar ante estímulos, detectar anomalías, etc. y estas funciones se pueden realizar con procesadores o microcontroladores ubicados localmente, próximos a los objetos o cosas a controlar. No obstante, como se ha comentado anteriormente, de esos datos se puede extraer mucho más conocimiento que ayude en la toma de decisiones y en mejorar la planificación del funcionamiento de los dispositivos de IoT. También en muchos casos, como en el de Ciudades Inteligentes, la información se extrae de enormes cantidades de sensores y debe ser analizada en su conjunto, lo que no es posible efectuar con procesadores locales. En estos casos se recurre a la tecnología de “computación en la nube”.

La Computación en la Nube permite que una organización pueda disponer de recursos informáticos prácticamente ilimitados sin necesidad de adquirir equipamiento informático (hardware), ni de locales especialmente acondicionados (climatización) para albergarlo, ni personal informático especializado en la gestión y mantenimiento de esos equipos. Si un organismo necesita utilizar equipamiento informático complejo (grandes computadores e incluso supercomputadores) sencillamente puede alquilar su uso a una empresa especializada en prestar servicio de computación en la nube. Estas empresas especializadas cobran según el uso que el cliente hace de sus recursos: tiempo de ejecución en sus procesadores, volumen de datos almacenado, número de transacciones, etc. En definitiva, las empresas contratantes disponen de recursos informáticos virtuales a través de Internet abonando según el consumo real que realicen.

Podemos concluir que **Computación en la nube** (*cloud computing*) se refiere a la utilización de sistemas informáticos a través de una red (usualmente Internet), sin que el usuario tenga conocimientos ni responsabilidad sobre la gestión de los recursos que se usan.

Ejemplos de proveedores de computación en la nube son Google, Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Heroku, OpenStack, OpenShift, IBM Cloud, etc.



Fuente: <http://www.cnet.es>

Figura 8. La computación en la nube permite almacenar y procesar datos remotamente procedentes de múltiples sensores de muy diversa naturaleza. Fuente: ²²

7. Domótica

La **domótica** es un concepto previo a IoT y puede considerarse como la IoT de los hogares. Consiste en la integración de equipos electromecánicos, electrónicos, informáticos y de redes de comunicación en recintos cerrados para la gestión inteligente de la energía, seguridad y bienestar.

Un sistema domótico es un ámbito de aplicación de IoT ya que se caracteriza por captar información procedente de unos sensores o entradas, procesarla y emitir órdenes a actuadores o salidas. El sistema contiene una red local de comunicaciones entre los sensores y actuadores del hogar, pero también puede acceder a redes de datos exteriores.

La domótica contribuye a mejorar la calidad de vida del usuario de las siguientes formas [²³] (Figura 9):

- **Contribuyendo al ahorro energético:** gestiona inteligentemente la iluminación, climatización, agua caliente sanitaria, el riego, los electrodomésticos, etc., aprovechando mejor los recursos naturales, utilizando las tarifas horarias de menor coste, y reduciendo

²² <https://www.cnet.es/smart-cities/>

²³ <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>

así, la factura energética. Además, mediante la monitorización de consumos, se obtiene la información necesaria para modificar los hábitos y aumentar el ahorro y la eficiencia.

- **Facilitando la accesibilidad:** ayuda a las personas con discapacidades a utilizar los elementos del hogar, ajustándose a sus necesidades. También puede incluir servicios de teleasistencia para aquellos que lo necesiten.
- **Apoyando la seguridad** mediante la vigilancia automática de personas, animales y bienes, así como detectando incidencias y averías. Puede incluir detección de intrusos, incendios, fugas de gas, inundaciones de agua, fallos del suministro eléctrico, etc., y realizar automáticamente acciones como cierre automático de todas las entradas y salidas, emisión y transmisión de alarmas personales, activación del sistema antincendios, etc.



Figura 9. Principales objetivos de la Domótica.

- **Fomentando una vida más cómoda y saludable** a los habitantes del hogar gracias a la gestión de dispositivos y actividades domésticas. La domótica permite local o remotamente (a través del teléfono móvil, por ejemplo) realizar acciones como abrir, cerrar, apagar, encender, regular... los electrodomésticos, la climatización, ventilación, iluminación natural y artificial, persianas, toldos, puertas, cortinas, riego, suministro de agua, gas, electricidad. Además, la domótica puede complementar la asistencia sanitaria, consultoría sobre alimentación y dieta, telecontrol y alarmas de salud, medicina monitorizada, cuidado médico, etc. También hace posible el mantenimiento de equipos a distancia (telemantenimiento).
- **Utilizando métodos de comunicación de datos** convencionales para la supervisión y control remoto de la vivienda a través de dispositivos como el teléfono móvil, la tableta digital, o el computador personal. De esta forma se pueden recibir en cualquier parte que este el usuario avisos de anomalías e información del funcionamiento de equipos e instalaciones. La instalación domótica permite la transmisión de voz y datos, incluyendo textos, imágenes, sonidos (multimedia) con redes locales (LAN) y compartiendo acceso a Internet; recursos e intercambio entre todos los dispositivos, acceso a nuevos servicios de telefonía IP, televisión digital, por cable, diagnóstico remoto, videoconferencias, teleasistencia, etc.



Figura 10. Una gran parte de los servicios de la domótica pueden monitorizarse y controlarse desde los teléfonos móviles inteligentes. Fuente: ²⁴

²⁴ <https://pixabay.com/es/photos/inteligente-casa-sistema-hombre-3872063/>

8. Tecnología comunicación máquina a máquina (M2M)

La tecnología de **comunicación máquina a máquina** (*"machine to machine"* o, abreviadamente, M2M) permite que dos o más dispositivos mecánicos de forma autónoma intercambien información entre sí, esto es, se comuniquen y envíen datos. IoT añade la posibilidad de que los datos interrelacionados se pueden llevar de forma inalámbrica a un computador centralizado o a una plataforma en la nube para ser analizados en mayor profundidad y relacionarlos con otros muchos dispositivos M2M

Los sistemas M2M están constituidos por los siguientes elementos:

- **Máquinas interconectadas.** Pueden ser de muy distinta naturaleza como, por ejemplo, las máquinas expendedoras de un aeropuerto, los motores de una planta industrial, los robots de una planta de una fábrica de automóviles, las estaciones meteorológicas de un país, los paneles informativos de una autopista, los contadores de agua de un municipio, etc.
- **Módulos M2M.** Cada máquina contiene un dispositivo M2M que es un sistema embebido: microcontrolador, con capacidad de procesamiento y memoria local, gestión de comunicaciones con protocolos de comunicación con la máquina y con la red, etc. (Figura 11).
- **Servidor.** Es un computador que centraliza la información de las máquinas que gestiona. En él se obtiene una visión general de la planta o situación de todas las máquinas de la empresa y se realizan análisis de datos generales que ayudan a tomar decisiones a los técnicos y directivos de la organización. El servidor puede, por ejemplo, supervisar la ubicación de la totalidad de la flota de camiones de una empresa, la situación (inventario, mantenimiento, etc.) de todas las máquinas expendedoras gestionadas por la compañía (como en aeropuertos y estaciones de ferrocarril o de autobuses de una determinada localidad), etc.
- **Red de comunicaciones.** Las máquinas de una planta de una fábrica pueden estar comunicadas entre sí, con las de otras salas de la misma fábrica o externamente con un servidor central. Para distancias relativamente cortas estas comunicaciones de datos pueden realizarse con cable (PLC, Ethernet, RTC, RDSI, ADSL, buses de campo) o inalámbricamente (GSM /UMTS HSDPA, Wifi, Bluetooth, RFID, Zigbee, UWB) y para distancias grandes de forma inalámbrica utilizando redes de área metropolitana o incluso redes de área amplia como Internet. Tanto los dispositivos M2M como el servidor central deben gestionar los distintos protocolos de comunicación para intercambio de información.



Fuente: ²⁵



Figura 11. Cadena de montaje de vehículos robotizada. Los brazos robotizados se comunican unos con otros (M2M) directamente o a través de una central, coordinándose en las tareas que realizan.

²⁵ <https://www.diariodecuyo.com.ar/economia/Segun-la-UIA-la-industrial-cayo-76-en-septiembre-20161116-0080.html>

9. Conclusiones

Después de la descripción realizada, queda puesta de manifiesto la confluencia de distintas tecnologías en el concepto de Internet de las Cosas. Entre estas tecnologías hemos analizado los fundamentos de las que se indican en la Figura 2.12.

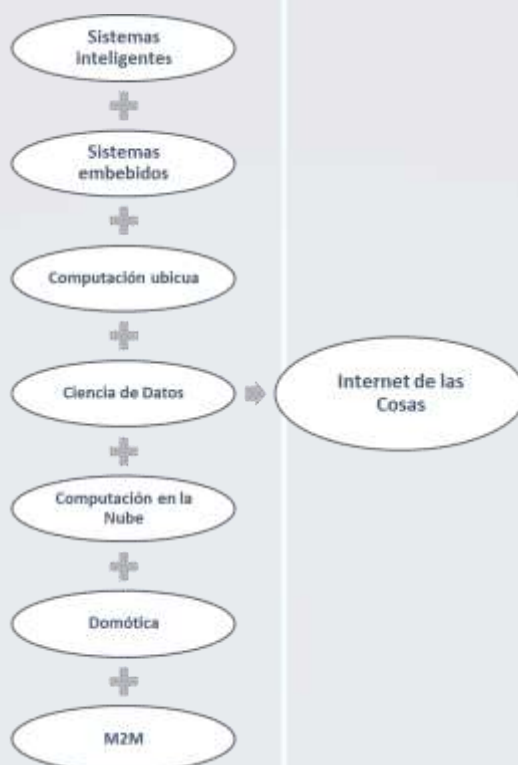


Figura 12. Internet de las Cosas más que una tecnología propia es una confluencia de tecnologías.

El substrato de todas estas tecnologías se encuentra en la electricidad, electrónica, la informática y las redes de comunicación de datos, en sus distintas facetas de hardware y de software.

10. Bibliografía

- Senge, P. M. (1997). The fifth discipline. Measuring Business Excellence.
- <http://www.ajedrezdeataque.com/04%20Articulos/00%20Otros%20articulos/Computadoras/Computadoras.htm>
- <https://medium.com/enrique-dans/coming-to-terms-with-the-changing-role-of-machines-74598b57cb3>
- Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. Business Horizons, 62(1), 15-25.
- <https://pixabay.com/es/photos/tecnolog%c3%ada-desarrollador-toque-dedo-3389904/>
- Vazhnov, A. (2016). La Red de Todo: Internet de las Cosas y el Futuro de la Economía Conectada. Smashwords Edition.
- <https://store.arduino.cc/products/arduino-leonardo-with-headers>
- Vazhnov, A. (2016). La Red de Todo: Internet de las Cosas y el Futuro de la Economía Conectada. Smashwords Edition.
- Weiser, M. (1994, March). Ubiquitous computing. In ACM Conference on Computer Science (Vol. 418, No. 10.1145, pp. 197530-197680).
- Weiser, M. (1991). The Computer for the 21 st Century. Scientific american, 265(3), 94-105. 11
- Alberto Prieto. ¿Qué es la Ciencia de Datos, Minería de Datos y Big Data?.
- <https://youtu.be/UiO0WYCgkTI> . 2018 12 <https://www.cnet.se/smart-cities/>
- <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>
- <https://pixabay.com/es/photos/inteligente-casa-sistema-hombre-3872063/>
- <https://www.diariodecuyo.com.ar/economia/Segun-la-UIA-la-industrial-cayo-76-en-septiembre-20161116-0080.html>
- <https://www.masterlogistica.es/produccion-en-serie-que-es-y-como-se-aplica/>

1.3 APLICACIONES Y BENEFICIOS DE INTERNET DE LAS COSAS

Por Alberto Prieto Espinosa

Profesor Emérito de la Universidad de Granada

1. Introducción

El concepto de IoT se aplica a un gran número de áreas económicas, procesos y actividades, mejorando la calidad de vida de los usuarios, reduciendo la necesidad de mano de obra para tareas rutinarias, y suministrando nuevas formas de servicio y valor añadido a los usuarios finales.

El éxito de IoT se puede estimar indicando que, según la consultora Gartner y organizaciones relevantes como General Electric, Cisco y Ericsson, ya en 2020 había más de 20.000 millones de objetos conectados en muy distintos tipos de aplicaciones. Como dijo en 1999 Neil Gross, refiriéndose a la presente centuria [26]: "En el próximo siglo, el planeta Tierra se pondrá una piel electrónica. Utilizará Internet como andamio para apoyar y transmitir sus sensaciones".

En esta unidad calificamos como **inteligentes** ("smart") a los servicios y aplicaciones en los que la adquisición de datos, la comunicación entre objetos, el procesamiento y la toma de decisiones se realizan sin intervención humana.

Para mejor entender el amplio abanico de posibilidades de IoT podemos considerar los siguientes *estratos*:

1. **Tareas esenciales o básicas.** Según hemos visto en las anteriores secciones, Internet de las Cosas es una disciplina o modelo que ofrece infraestructuras robustas y probadas para realizar las siguientes **tareas básicas**: 1) adquisición de datos, 2) memorización, 3) procesamiento de datos, y 4) control sobre objetos o dispositivos de muy distinta naturaleza. Estas funciones se realizan utilizando cosas, sensores, procesadores, redes de datos y actuadores. Las aplicaciones de las tareas básicas, adecuadamente combinadas, son ilimitadas de forma que los potenciales ámbitos de aplicación de IoT vienen determinados por la inteligencia e imaginación humana, surgiendo permanentemente nuevas ideas para su uso en nuevos contextos y situaciones.
2. **Servicios horizontales.** Son aplicaciones completas y autónomas de IoT aplicables en muy diversos contextos. Entre otras se pueden incluir: control energético inteligente, seguridad inteligente (extintores de incendios inteligentes, alertas inteligentes, etc.).

²⁶ Gross, N. (1999) "The Earth will don an electronic skin" www.businessweek.com, Online, 30 August 1999 (20 May 2011)

3. **Áreas de aplicación verticales.** Por último, podemos identificar áreas de aplicación verticales, encontrándose entre las más representativas las que se indican en la Figura 3.1.



Figura 1. Principales áreas de aplicación de IoT

Hay que destacar que estas áreas no son exclusivas una de otra, sino que se solapan; así, por ejemplo, el concepto de edificios inteligentes o incluso el de ciudades inteligentes puede incluirse en el más general de IoT Industrial. A continuación, describiremos brevemente las áreas anteriormente enumeradas.

2. Hogar y edificios inteligentes

La domótica es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que 1) hace posible la gestión eficiente del uso de la energía, 2) aporta seguridad y confort, y 3) posibilita la comunicación entre el usuario y el sistema [27].

La domótica, que podríamos también denominar “hogares inteligentes”, es considerada como una disciplina precursora y pionera dentro del ámbito de IoT, y ya en 2017, según la empresa IHS Markit [28], constituía el área de aplicación dominante en cuanto al número de dispositivos conectados (ver Figura 2), con una previsión anual de crecimiento para los próximos años del 19,6 %.

En los hogares inteligentes encontramos monitorización y control de:

- Calefacción,
- iluminación,
- climatización,

²⁷ <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>

²⁸ IHS: The Internet of Things: a movement, not a market Start revolutionizing the competitive landscape. IHS Markit (2017). <https://ihsmarkit.com/Info/1017/internet-of-things.html>

- localización de llaves,
- riego de plantas,
- vigilancia de accesos,
- seguridad (alarma de fuego, supervisión de los puntos de entrada al edificio, etc.),
- electrodomésticos (frigorífico, horno, etc.), y
- dispositivos de entretenimiento (diversión y ocio): TV, música ambiental, etc.

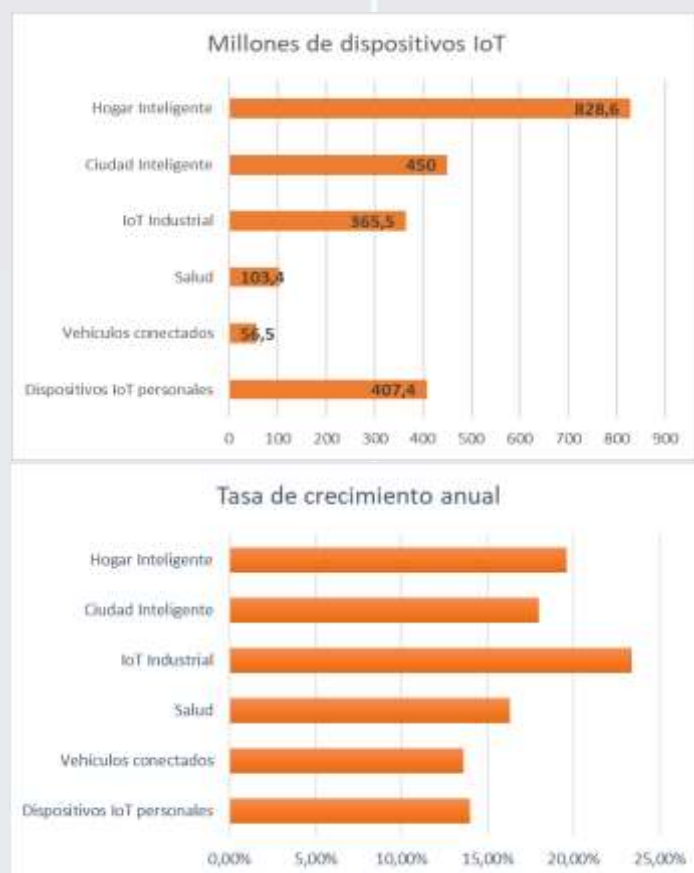


Figura 2. Número total de dispositivos (en millones) y tasa anual de crecimiento por áreas de aplicación. (Gráfico realizado con los datos obtenidos)

Edificios inteligentes

Por otra parte, y según se indica en [29], a lo largo del tiempo, los edificios y centros residenciales se han vuelto más complejos y dinámicos con múltiples sistemas y dispositivos que soportan una serie de actividades y procesos. La complejidad a menudo conduce a ineficiencias en la gestión de dichos entornos. Los entornos de edificios inteligentes existen desde hace muchos años, y un ejemplo de esto

²⁹ Cvitić, I., Peraković, D., Periša, M., Krstić, M., & Gupta, B. (2021, May). Analysis of IoT Concept Applications: Smart Home Perspective. In International Conference on Future Access Enablers of Ubiquitous and Intelligent Infrastructures Proceedings (Vol. 382, pp. 167-180). Springer Nature.

pueden verse en la iluminación activada por detectores de movimiento de proximidad y en los sistemas de control de calefacción, refrigeración y ventilación programables. Así mismo, los dispositivos que monitorizan los puntos de entrada en el edificio permiten actuar con rapidez ante amenazas potenciales mejorarán la seguridad del edificio.

La Figura 3 muestra ejemplos de sensores y funciones básicas de control de un edificio inteligente utilizando el concepto de IoT. La aplicación múltiple de varios sensores para monitorizar muy diversos parámetros (movimiento, presión del aire, iluminación, temperatura, flujo de agua) en diferentes escenarios permitir la afloración y recolección autónoma de datos relevantes, su transmisión, análisis y ejecución de acciones de control en base a la información obtenida.

La gran cantidad de datos reales obtenidos sobre el funcionamiento de un edificio permite a las comunidades y administradores identificar dificultades e ineficiencias rápidamente, corregir el mantenimiento, mejorar los procesos, ahorrar recursos y adaptarse a los diferentes requisitos de las partes interesadas [³⁰, ³¹, ³²].

Obviamente, el concepto de edificio inteligente no sólo se aplica a viviendas residenciales, sino también a otro tipo de construcciones: edificios de oficinas, industrias, etc.

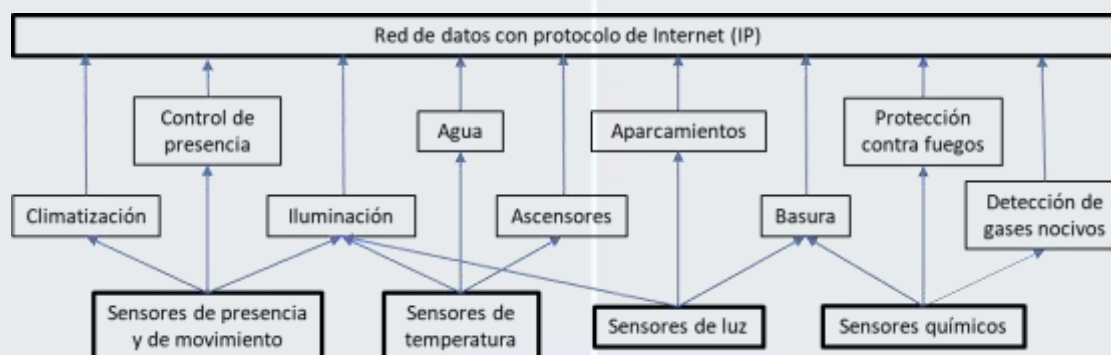


Figura 3. Sensores y funciones en el contexto de edificios inteligentes (Más detalles pueden verse en [³³])

³⁰ Microsoft: Transforming buildings with the Internet of Things (2016)

³¹ Electric, S.: Get Connected: smart buildings and the Internet of Things, USA (2019)

³² Plageras, A.P., Psannis, K.E., Stergiou, C., Wang, H., Gupta, B.B.: Efficient IoT-based sensor BIG data collection–processing and analysis in smart buildings. Future Gener. Comput. Syst. 82, 349–357 (2018)

³³ Kejriwal, S., Mahajan, S.: Smart buildings: how IoT technology aims to add value for real estate companies [Internet]. Deloitte University Press (2016). <http://www2.deloitte.com/us/en/pages/technology-media-and-telecommunications/topics/the-internet-of-things.html>

3. Medioambiente inteligente

El medio ambiente hace referencia a la sostenibilidad y la habitabilidad de las ciudades y entornos donde desarrollamos nuestra actividad, en definitiva, la de todo el planeta. El objetivo del concepto de **medio ambiente inteligente** es la introducción de innovaciones tecnológicas que ayuden en la toma de decisiones para minimizar la contaminación y la generación de residuos, a la vez que gestionar de manera responsable recursos naturales como el agua, y apostando por las energías renovables de fuentes no fósiles.



Figura 4. Estación detectora de contaminación ambiental. Fuente: [34].

Es esencial monitorizar, por ejemplo, la calidad del aire, las emisiones de CO₂, los porcentajes de partículas de gases de efecto invernadero y obtener conocimiento preciso de lo que ocurre en cada momento (figuras 4 y 5). IoT proporciona los recursos necesarios (sensores, procesamiento, ciencia de datos, etc.) para la ayuda en la toma de decisiones y correlacionar información muy diversa. Así, por ejemplo, permite conocer con rigor la influencia de la movilidad de las personas en la calidad del aire.

³⁴ <https://www.mittelstand-heute.com/artikel/microsoft-ki-verbessert-luftqualitaet>



Figura 5. Panel informativo de polución ambiental en la ciudad de Grnaada (España). Fuente ³⁵

³⁵ Guillermo Ortega, 30/07/2019. "Cada granadino aspira al día 1.500 bacterias contaminadas y susceptibles de ser nocivas" Granada Digital. <https://www.granadadigital.es/cada-granadino-aspira-al-dia-1-500-bacterias-contaminadas-y-susceptibles-de-ser-nocivas/>

4. Medicina y salud. internet de las cosas médicas (iomt). Atención sociosanitaria

En el ámbito de la salud se está aplicando Internet de las Cosas mediante la introducción de inteligencia en dispositivos médicos (“cosas”) tradicionales. De esta forma se puede extraer y recopilar información de dichos dispositivos que es analizada automáticamente para ayuda en la toma de decisiones por los profesionales de la salud y prestar un mejor servicio a los pacientes. En este contexto ha surgido el término **Internet de las Cosas Médicas** (IoMT, Internet of Medical Things).

En los últimos años, y en parte debido a la pandemia de la COVID-19, los mayores recursos para la investigación en el ámbito de la salud se han dedicado a incluir dispositivos conectados que permitan la monitorización remota de los pacientes; reduciendo los problemas de contagio inherentes a la proximidad física entre médico y enfermo. Estos dispositivos proporcionan a los médicos medidas brutas o preprocesadas sobre, por ejemplo, la frecuencia cardíaca, la temperatura o las funciones pulmonares, que permitan tomar decisiones de triaje de manera casi inmediata y sin necesidad de desplazamientos innecesarios por parte de los pacientes.

Entre los beneficios que se puede obtener con la IoMT, además de facilitar la gestión y recopilación de datos para poder detectar, prevenir o acortar la duración de enfermedades de una manera más personalizada, y del ahorro de recursos económicos, se encuentra el almacenamiento en la nube de la ingente cantidad de datos producidos por todos los sensores a nivel global lo que permite a los científicos, utilizando técnicas de Ciencia de Datos [36] extraer conocimiento que ayude reducir errores en los diagnósticos, y establecer protocolos más eficiente para el tratamiento de distintas enfermedades; en definitiva, que se puedan salvar vidas.

Algunas aplicaciones concretas y utilidades reales de IoMT con las siguientes:

- **Medida inteligente de parámetros biológicos básicos.** Se describe a continuación un caso de comunicación entre dos objetos: reloj y teléfono inteligente (Figura 3.6). A través de medidas que se hacen por el reloj y por el propio teléfono, existen aplicaciones que permiten obtener valores aproximados de oxígeno en sangre, electrocardiogramas (ECG), alertas de frecuencia cardíaca alta o baja, alerta de fibrilación auricular, aviso de ritmo cardíaco irregular, etc. También obtienen datos sobre movilidad andando, corriendo, en bicicleta o nadando (distancias recorridas, latidos por minuto y calorías consumidas, etc.).

³⁶ Prieto, A. ¿Qué es la Ciencia de Datos, Minería de Datos y Big Data? <https://youtu.be/UiO0WYCgkTI> . 7 jun 2018. Duración: 27:11,



Figura 6. Conexión entre dos dispositivos inteligentes reloj y teléfono móvil para intercambio y sincronización de datos biológicos. Fuente ³⁷

- **Audífonos digitales.** El sonido está compuesto de señales sinusoidales de distintas frecuencias y el oído es capaz de oír en un rango promedio de frecuencias que van de los 20Hz a 20.000Hz. Cada persona tiene un rango específico de audición. El rango de frecuencias se suele dividir en bandas de frecuencia. La división más sencilla es banda de frecuencias bajas (dentro de la cual se perciben los graves), bandas de frecuencias medias y banda de frecuencias altas (agudos). Cada persona tiene una respuesta en frecuencia (niveles de percepción en función de la frecuencia) distinta, de forma tal que somos menos sensible a unas que a otras e incluso no percibirlas (sordera). Cuando una persona utiliza un audífono es necesario ajustar distintos parámetros a ella. Así, por ejemplo, debe ajustarse individualmente la amplificación para cada una de las bandas de frecuencia de forma que todas se oigan por igual o a gusto del usuario del audífono. Otros parámetros ajustables están relacionados con la cancelación del ruido de fondo, eliminación de pitidos o zumbidos, y regulación de distorsión [³⁸]. IoT está ofreciendo la posibilidad de realizar estos ajustes de forma remota o a través del teléfono inteligente del usuario que puede realizar ajustes menores o programar el audífono de acuerdo con sus deseos en cada momento (Figura 7). Con estas aplicaciones es posible también captar datos de interés para mejorar la calidad de la audición. Ver por ejemplo las aplicaciones ReSound Smart [³⁹].

³⁷ Ana Muñoz Frutos "Claves y consejos para comprar un smartwatch Computer Hoy, 13/2/2016. <https://computerhoy.com/noticias/hardware/claves-consejos-comprar-smartwatch-39089>

³⁸ <https://distribution.audio-technica.eu/es/guia-practica-para-elegir-auriculares/>

³⁹ <https://www.resound.com/es-es/hearing-aids/apps>



Figura 7. Los parámetros básicos de un audífono actual pueden controlarse a través del teléfono móvil inteligente. Fuente ⁴⁰

- **Diagnostico inteligente contra algunos tipos de cáncer.** Algunos cánceres se caracterizan por la presencia de ictericia, y está afecta al nivel de bilirrubina en la zona blanca de los ojos. Este nivel puede detectarse por medio de un autorretrato (*selfie*) que puede analizarse con una aplicación de procesamiento de imágenes incluida en el teléfono inteligente.
- **Monitorización inteligente de glucosa.** Las personas que padecen diabetes, por medio de dispositivos IoT pueden medir con periodicidad sus niveles de glucosa en sangre y así recibir en su móvil o en el de algún familiar alarmas de bajadas de azúcar.
- **Control inteligente de la toma de medicinas.** IoT permite fabricar pastillas inteligentes que emiten una señal cuando llegan al estómago. Esta señal es captada por una aplicación del teléfono inteligente que registra el instante (hora, minutos y segundos) en que se la tragó, así se puede realizar una monitorización del cumplimiento de las prescripciones médicas.
- **Respiradores inteligentes.** Son máquinas con un sistema digital embebido (IoT), dónde se ejecuta un programa para, con los datos obtenidos, analizar y optimizar las terapias respiratorias, haciendo posible una prescripción y atención médica más personalizada.
- **Protocolos médicos.** Como ya se ha comentado anteriormente, utilizando la ingente cantidad de datos en la nube y técnicas de Ciencia de Datos, los científicos pueden inferir patrones que permiten mejorar los protocolos médicos e incluso prever enfermedades.
- **Operaciones a distancia.** Este tipo de intervenciones es un ejemplo notable de IoT, donde se producen las comunicaciones máquina-máquina, hombre-máquina, máquina- hombre. Se utilizan brazos robotizados y se requieren líneas de comunicación de datos seguras y a las velocidades adecuadas para la transmisión de datos en tiempo real de imágenes en

⁴⁰ <https://www.gaes.es/audifonos/tecnologia-audifonos-digitales>

movimiento. Con Internet es posible la realización de operaciones en cualquier parte del mundo desde cualquier sitio.

Las aplicaciones de Internet de las Cosas Médicas (IoMT) descritas anteriormente, hace unas pocas décadas parecían de ciencia ficción, pero hoy son una realidad, y muestra el amplio campo de posibilidades de IoT en el ámbito sanitario, haciendo que la calidad de la prevención y curación de enfermedades mejore considerablemente.

5. IoT en las actividades empresariales

Internet de las Cosas puede considerarse como un conglomerado de tecnologías que facilita considerablemente la implementación del concepto de Inteligencia Empresarial [41, 42].

La Inteligencia Empresarial, Inteligencia de Negocios, Inteligencia Comercial o BI (de las siglas en inglés de Business Intelligence) puede definirse como el conjunto de estrategias, aplicaciones, datos, productos, y tecnologías orientadas a la gestión y extracción de conocimiento sobre el medio, a través del análisis de los datos existentes en una organización o empresa.

Los objetivos fundamentales de la Inteligencia Empresarial son los siguientes:

- **Accesibilidad a la información.** Para tomar decisiones bien fundadas hay que partir de los datos. En la BI debe garantizarse a los responsables de la empresa el acceso a los datos, sea de donde sea su procedencia. IoT proporciona el acceso automático a los **objetos** de la empresa: equipamiento informático, utensilios, mobiliario, vehículos, mercancías, etc. Todos estos objetos pueden llevar embebidos sensores especializados y microcontroladores (dispositivos inteligentes) o simplemente microchips o etiquetas inteligentes que permitan su geolocalización en tiempo real.
- **Facilitar la toma de decisiones.** Como en IoT, en la BI los datos deben ser procesados para extraer información y conocimiento de ellos y, en definitiva, ayudar en la toma de decisiones.
- **Procesamiento local o remoto.** El procesamiento de datos puede realizarse localmente, pero cuando se dispone de cantidades ingentes de datos (Big Data) se hace de forma remota, en la nube, por ejemplo, utilizando los procedimientos de IoT esto es, extrayendo conocimiento con algoritmos de Ciencia de Datos.

⁴¹ <https://innovayaccion.com/blog/aplicando-el-internet-de-las-cosas-a-las-empresas-2>

⁴² <https://www.vs-sistemas.com/Blog/Actualidad/arquitectura-empresarial-con-capas-para-iot>

- **Interfaces de usuario amigables.** Las aplicaciones deben realizarse teniendo en cuenta los perfiles de los usuarios finales, para independizar la complejidad tecnológica de los procesos de las capacidades o conocimientos técnicos de las personas que van a utilizar las aplicaciones.

Uno de los campos de sumo interés de la Inteligencia Empresarial, es el **Marketing inteligente o Marketing de las Cosas**. El Marketing de las Cosas se centra en los consumidores a los que se considera bajo distintos puntos de vista (emocional, racional y cultural). Se trata de identificar de forma automática y utilizando técnicas de Ciencia de Datos las necesidades, preocupaciones deseos y sueños personales de cada consumidor para desarrollar estrategias tácticas en cada uno de los niveles o etapas de relación comercial con ellos y con otros potenciales clientes.

Como ejemplo, en comercios individuales la tecnología IoT facilita notablemente la toma de decisiones de marketing inteligentes y rápidas. Se pueden diseñar escaparates actualizables automáticamente según el interés de los consumidores, y con la capacidad de organizar promociones inteligentes, anticiparse a tendencias de mercado, etc., situándose así ventajosamente frente a los competidores.

Una aplicación de IoT de Actividades Empresariales en el mundo real lo tenemos en el Grupo Inditex (que comprende a los establecimientos Zara, Massimo Dutti, Pull&Bear y Berskha) donde están integrando en cada prenda un microchip con etiqueta RFID de forma que cada artículo adquiere una identidad propia. Las etiquetas RFID pueden ser leídas a distancia mediante ondas de radio por múltiples lectores. Este dispositivo inteligente adherido a la prenda permite realizar una trazabilidad completa de los objetos desde que se fabrican y pasan a los almacenes de distribución, de estos a las tiendas, y dentro de las tiendas a las estanterías, y de las estanterías a las cajas de pago. Con esta aplicación es posible efectuar automáticamente procesos como los siguientes:

1. **Inventario.** Realizan el inventario de prendas de una tienda de 200 m² en unos 2 o 3 minutos. Con el inventario realizado con ayuda de los sensores, la tecnología IoT hace posible el pedido de suministros antes de que se agoten. Esto permite organizar mejor los espacios para los artículos en stock y liberará a los dependientes para concentrarse en otras tareas menos rutinarias.
2. **Localización inmediata** de la estantería dónde se encuentra un producto concreto, dentro de la tienda o, en su caso, si se ha agotado.
3. **Cuadre de caja.** Comprobación de que el volumen económico de prendas vendidas se corresponde con la recaudación de las cajas de pago.
4. **Visión centralizada** del nivel de aceptación de los distintos productos en el conjunto de establecimientos de ventas o por países, regiones, etc., de los inventarios en almacenes, de una estimación de tiempos dedicados a transporte de mercancías, de previsiones para fabricación de productos para reponer en las tiendas, etc.

Podemos concluir afirmando que la IoT Empresarial hace posible la integración coherente de todos los datos relacionados con los objetos de la empresa, sin apenas intervención humana. Estos datos pueden ser transformados en información y conocimiento a compartir por muy diversas aplicaciones estratégicas empresariales como son informes para ejecutivos, planificación logística, organización de cadenas de suministros y gestión eficiente de las relaciones con los clientes actuales y potenciales.

6. Ciudades inteligentes

Ciudad Inteligente (Smart City) [⁴³] “es la visión integrada de una ciudad que aplica las TIC para la mejora de la calidad de vida y la accesibilidad de sus habitantes y asegura un desarrollo sostenible económico, social y ambiental en mejora permanente” (Figura 8).



Figura 8. Concepto de Ciudad Inteligente. Fuente: <https://pixabay.com/es/photos/ciudad-inteligente-moderno-futuro-4317139/>

La Ciudad Inteligente (*Smart City*) es una forma de afrontar integradamente y con ayuda de las TIC los problemas relacionados con:

- El desarrollo sostenible (cambio climático, etc.).
- Mejora en la calidad de vida y de trabajo de los ciudadanos (seguridad ciudadana, etc.).
- Mayor eficacia de los recursos disponibles (energéticos, económicos, etc.).
- Participación ciudadana activa (nuevos modelos de gobierno, etc.).

⁴³ Grupo Técnico de Normalización 178 de AENOR



Figura 9. Principales aspectos que se tratan de optimizar en las ciudades inteligentes

Los servicios más destacados de una Ciudad Inteligente se enumeran y describen en la Tabla 1. Según ⁴⁴ y

⁴⁵.

Tabla 1. Servicios asociados a una Ciudad Inteligente

| Inteligente camientos | <ul style="list-style-type: none"> • Monitorización y gestión de paneles informativos sobre las plazas disponibles y ocupadas de los parkings de la ciudad |
|--------------------------------------|---|
| de residuos | <ul style="list-style-type: none"> • Monitorización automática del nivel de ocupación de los contenedores y papeleras en las vías públicas para establecer las rutas de recogida. • Establecimiento de rutas de recogida de basura |
| ación de edificios miento público | <ul style="list-style-type: none"> • Detección de grietas, vibraciones, estabilidad de estructuras, humedad en materiales, posición (caídas o inclinación) |
| Inteligente de tráfico | <ul style="list-style-type: none"> • Establecimiento de rutas optimizadas para vehículos y peatones • Semáforos y controles inteligentes de tráfico con aplicación dinámica y en tiempo real de señalizaciones de peligros o riesgos dependiendo de las condiciones atmosféricas, eventos extraordinarios o imprevistos (accidentes, congestión de tráfico, etc.) |

⁴⁴ Prieto, A. ¿Qué es una Ciudad Inteligente? YouTube 2018. <https://youtu.be/0GVGcro2pzi>

⁴⁵ Vermesan, B.O., Friess, P., Woysch, G., Guillemin, P., Gusmeroli, S., Sundmaeker, H., et al.: Europe's IoT Strategic Research Agenda (2012)

| | |
|--|--|
| Inteligente de alumbrado | <ul style="list-style-type: none"> • Activación las luces de las calles de acuerdo con necesidades reales y optimizando el consumo energético. |
| Gestión medioambiental | <ul style="list-style-type: none"> • Elaboración automática de mapas de ruido ambiental en tiempo real. • Gestión de parques, jardines y espacios públicos (estado de terrenos y gestión de regadío, etc.). • Monitorización e información en paneles de los índices de polución de distintas zonas de la ciudad. |
| Eficiencia energética en espacios y edificios públicos | <ul style="list-style-type: none"> • Utilización de medidores remotos de corriente, analizadores de red eléctrica, etc. para detectar el consumo. Se utilizan actuadores (relés) para control de climatización. |
| Gestión de suministros centralizados | <ul style="list-style-type: none"> • Monitorización de averías y avisos en servicios de agua, electricidad, gas, etc. |
| Gestión de seguridad pública | <ul style="list-style-type: none"> • Utilización de la captura de datos procedentes de distintos orígenes (videovigilancia, sensores, información ciudadana) para detectar accidentes, delitos y otras incidencias contra la seguridad. • Detección remota de intrusos en instalaciones estratégicas: depósitos de gas, centrales eléctricas, depósitos de agua. • Detectores de presencia, cámaras, etc. |
| Ocio y turismo | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones para móviles sobre ubicación de monumentos y sitios de interés. • Balizas de información con etiquetas de códigos de puntos de respuesta rápida (QR). |

Se busca la eficacia (logro de los objetivos marcados) y la eficiencia (al menor coste posible) a través del uso intensivo de tecnologías (sensores, procesadores, bases de datos, redes digitales, etc.).

La noción de Ciudad Inteligente hace referencia a un contexto donde todos los recursos de la ciudad están virtualmente conectados y gestionado a distancia ^[46]. El concepto de IoT contribuye con capacidades, como la de monitorizar y administrar dispositivos de forma remota, analizar y tomar decisiones en base a la información recibida de diferentes flujos de datos en tiempo real. Como resultado, la aplicación del concepto de IoT contribuye al cambio de las ciudades optimizando sus infraestructuras, creando servicios públicos más eficientes, mejorando servicios de transporte reduciendo la congestión de las carreteras e incrementando la seguridad de los ciudadanos.

⁴⁶ Lin, J., Yu, W., Zhang, N., Yang, X., Zhang, H., Zhao, W.: A Survey on Internet of Things: architecture, enabling technologies, security and privacy, and applications. IEEE Internet Things J. 4(5), 1125–1142 (2017)

7. Internet industrial de las cosas

Internet Industrial de las Cosas (IIoT, *Industrial Internet of Things*) hace referencia a maquinaria conectada a Internet junto a plataformas informáticas de análisis que memorizan, procesan y analizan los datos que se producen. Los dispositivos IIoT incluyen desde minúsculos sensores de parámetros ambientales hasta sofisticados robots industriales. Aunque el término «industrial» suele hacer referencia a almacenes, astilleros y fábricas, las tecnologías IIoT son aplicables a sectores industriales de muy distinta naturaleza.

El IIoT facilita interconectar maquinaria y dispositivos en procedimientos logísticos e industriales con vistas a mejorar la eficiencia y el rendimiento de sus procesos. Así permite a las empresas [47]:

- Detectar con mayor agilidad las ineficiencias y reducir los errores al máximo.
- Maximizar la eficiencia en los procesos industriales de las empresas.
- Ahorrar en costes logísticos: asociados al tiempo y otros costes.

El Consorcio de Internet Industrial (*Industry IoT Consortium*, o IIC) [48] es una entidad formada por más de 200 empresas dedicadas a potenciar el uso del Internet de las Cosas en el sector industrial, e indica que el mayor provecho se obtendrá en los siguientes quince campos:

1. Almacenamiento inteligente.
2. Mantenimiento remoto y predictivo de máquinas.
3. Control inteligente de carga, bienes y transporte.
4. Logística conectada.
5. Monitorización de los distintos procesos logísticos.
6. Servicios ofrecidos en ciudades inteligentes.
7. Sector agrario inteligente (agricultura y monitorización del ganado).
8. Dispositivos de seguridad industrial.
9. Reducción del consumo energético.
10. Climatización industrial (ventilación, calefacción y aire acondicionado).
11. Seguimiento de equipos de fabricación.
12. Monitorización de activos y logística inteligente.
13. Medición inteligente de ozono, gas y temperatura en entornos industriales.
14. Control de la salud y seguridad de los operarios.
15. Gestión y administración del rendimiento de las existencias almacenadas.

⁴⁷ <https://www.mecalux.es/blog/iiot-internet-de-las-cosas-industrial>

⁴⁸ Industry IoT Consortium. <https://www.iiconsortium.org/>

Obsérvese que las áreas de aplicación que estamos considerando a lo largo de este capítulo se solapan, de forma que en el contexto de la IIoT se incluyen, por ejemplo, las Ciudades Inteligentes.

Otro concepto ligado al sector industrial es el de **Industria 4.0**, que se centra en la automatización y la digitalización para la mejora de procesos y el mantenimiento de la competitividad en un entorno tan complejo como es el industrial. La IIoT, sin embargo, se fundamenta en la utilización de dispositivos inteligentes interconectados, monitorización de procesos, análisis local y remoto de datos a través de Internet, mantenimiento predictivo y seguridad operativa (tanto para empleados como mercancías). Industria 4.0 e IIoT son conceptos distintos, pero comparten el objetivo último de mejorar la competitividad global de las industrias. En cierta medida IIoT puede considerarse como una categoría dentro de Industria 4.0.

Algunas facetas o aplicaciones de la industria en las que se están aplicando conceptos de IoT son las siguientes:

- **Mantenimiento.** Las máquinas con dispositivos inteligentes embebidos pueden auto supervisarse y prever problemas potenciales, lo que implicará menor tiempo de inactividad y mayor eficacia global lo que redundará en la productividad de la industria. El dispositivo inteligente de cada máquina, como en cualquier otra aplicación de IoT, recopila y transmite datos que son almacenados en una base de datos y procesados de forma que se pueden establecer pautas de comparación para los eventos a medida que ocurren. El conocimiento extraído de los datos permite eliminar el mantenimiento innecesario y aumenta la probabilidad de evitar fallos, alertando a los empleados de cualquier riesgo de avería previamente a que se produzca.
- **Producción y suministro de energía eléctrica.** Debido al permanente incremento en el consumo de energía eléctrica en prácticamente la totalidad de las actividades humanas y a la preocupación por las implicaciones medioambientales, uno de los problemas fundamentales de nuestra sociedad es la mejora de la eficiencia integral de las redes de distribución de electricidad ^[49]. Los servicios de IoT tienen su aplicación en la generación, transmisión, distribución y consumo de energía eléctrica. La integración de servicios avanzados basados en el concepto de IoT aumenta la eficiencia de la red energética tradicional al proporcionar un mayor nivel de automatización, predicción fiable de la carga de la red eléctrica y un funcionamiento más seguro de los dispositivos eléctricos, lo que se traduce en una mayor calidad del servicio de suministro de energía y una mayor satisfacción del cliente. La introducción de IIoT en este ámbito podrá contribuir a proporcionar mayor estabilidad en el nivel de tensión suministrado, menores pérdidas

⁴⁹ 16. Lobaccaro, G., Carlucci, S., Löfström, E.: A review of systems and technologies for smart homes and smart grids. *Energies* 9(5), 1–33 (2016)

energéticas en las líneas de suministro y menores costos operativos en términos de igualar la demanda de energía con la oferta ^[50].

En resumen, la IIoT permite a las industrias monitorizar procesos, obtener mayores rendimientos en sus maquinarias, mejorar la interconexión entre personas y máquinas, optimizar los consumos energéticos, dar seguridad en las tareas que supongan un riesgo para operarios y mercancías. También la IIoT está logrando innovar muchas tareas operativas y presentando modelos industriales novedosos.

8. IoT en el transporte

Uno de los ámbitos donde más se utilizan objetos inteligentes, incluso antes de haberse asentado el concepto de IoT, es el del transporte y más concretamente en los vehículos.

En efecto, dentro de un vehículo moderno tenemos una gran cantidad de sistemas inteligentes (sensores, microcontroladores, comunicaciones y actuadores) para funciones tales como: control de encendido electrónico que regula el instante en que saltan las chispas de las bujías para provocar las explosiones en los cilindros, sistema antiderrapes (*Electronic Stability Control* o ESC) que facilita al conductor estabilizar la trayectoria del automóvil, sistema antibloqueo de frenos (ABS), sistema de contracción de los cinturones de seguridad (cada cinturón cuenta con un pretensor propio, si los sensores del vehículo detectan un choque, el dispositivo inteligente hace que detone una pequeña carga pirotécnica que provoca que el cinturón se retraiga y se pegue firmemente contra el cuerpo), bolsas de aire (airbag), control de climatización, navegador, etc. Hay vehículos que disponen de **carputers**, que son computadores embebidos (de uso específico) diseñados y programados para actuar en el contexto de un automóvil. Disponen de conexiones de datos tales como Bluetooth, USB, and WiFi y pueden centralizar y coordinar las acciones de los demás elementos inteligentes del automóvil. Incluyen además funciones de autodiagnóstico, regulan la cantidad de aire y de combustible que entra en el carburador, almacenan información sobre las revisiones de mantenimiento realizadas avisando de la fecha de cuando hay que hacer la próxima, se conectan a la nube para obtener información sobre el tráfico y marcar en el navegador las rutas congestionadas, etc.

Aparte de los objetos inteligentes citados, para que los vehículos puedan intercambiar información entre sí y con la plataforma de las rutas por la que circulan se les integra dos unidades IoT: la OBU (On-Board Unit) y la RSU (Road-Side Unit).

La aplicación de IoT al transporte es de gran utilidad ya que hace posible ^[51]:

⁵⁰ Khan, I., Mahmood, A., Javaid, N., Razzaq, S., Khan, R.D., Ilahi, M.: Home Energy Management Systems in Future Smart Grids [Internet] (2013). <http://arxiv.org/abs/1306.1137>.

Accessed 2019 Nov 25

⁵¹ CarSyn. <https://blog.carsync.com/blog/internet-de-las-cosas-transporte>

Ayuda a la conducción

- Aumento de la seguridad, optimización de los tiempos de viaje, estacionamientos inteligentes, reduciendo el tiempo de búsqueda de plazas de aparcamiento libres. Cobros electrónicos de peajes, facilitando así la entrada en autopistas de peaje por carriles rápidos
- Vigilancia inteligente de infracciones; integrando, por ejemplo, las funciones de tacógrafos para monitorización digital de los periodos de trabajo de los conductores, monitorizando del tiempo de permanencia en una plaza de aparcamiento. Etc.

Seguridad y medio ambiente.

- Reducción del consumo de combustible.
- En el caso de que un conductor realice una maniobra peligrosa o esté un tiempo excesivo al volante, se producirá una alerta, que puede también notificarse a la plataforma remota.
- Avisos sobre mantenimiento del vehículo, anticipándose a emergencias.
- Tarifas de congestión, en zonas de peaje se cobra según lo congestionada que este la vía, tratando así de reducir los embotellamientos.
- Facilita la recuperación de vehículos después de robos, al estar geolocalizados.
- Detección, alarma y respuesta rápida ante accidentes.

Datos a gran escala (Big Data)

Como en otras aplicaciones de Internet de las Cosas, su aplicación en el transporte permite recopilar en la nube datos de los vehículos a través de los sensores instalados, de esta manera se puede extraer conocimiento a gran escala de las cantidades ingentes de datos generados. También se pueden recopilar de forma centralizada información sobre los comportamientos de los conductores y los vehículos de donde se puede extraer información que redunde en beneficios económicos y en la regulación del tráfico.

Las empresas dedicadas al transporte de mercancías pueden obtener beneficios añadidos a los anteriormente descritos en cuanto a logística y manejo de flota de vehículos, incluyendo planificación inteligente y optimización de trayectos para flotas y transportistas. Entre otras funciones se pueden obtener las siguientes:

- **Recopilación de datos.** Captados por los sensores se obtiene información precisa sobre el rendimiento del vehículo y del comportamiento del conductor. El análisis de estos datos proporciona a los directivos de la empresa una información fiable y precisa para poder tomar decisiones acertadas que repercutirán en la eficiencia para el conjunto de la flota de vehículos y, en definitiva, en importantes ganancias.
- **Monitorización de ubicaciones y establecimiento de rutas en tiempo real.** Los dispositivos IoT ubicados en los vehículos y su conexión a la nube hace posible monitorizar en tiempo real su situación y estado, proporcionando una información fiable a las personas responsables de decisiones sobre el establecimiento de rutas seguras y rápidas.

- **Logística en el transporte de mercancías.** Los dispositivos de IoT añaden inteligencia a los objetos y, con los sensores adecuados, hacen posible conocer en tiempo real diversos parámetros de una mercancía tales como su ubicación, peso, dimensiones y unidades del mismo producto, etc. Con esta información es posible: a) seguimiento de los paquetes, b) informar a los clientes de cuándo exactamente llegará su entrega, c) optimizar las rutas y los tiempos de tránsito, así como elegir los vehículos adecuados para transportarlos, d) detectar fallos en el mantenimiento de los productos, e) disminuir la pérdida de mercancías, y f) prevenir riesgos laborales.

Distintos fabricantes de camiones y vehículos pesados como Mercedes Benz, Scania y Volvo integran inteligencia en sus vehículos de transporte de mercancías. Ya en octubre de 2019 Volvo anunció haber superado el millón de vehículos conectados suministrados a nivel mundial. IoT proporciona al transporte y a la logística de potentes y probadas herramientas para conocer plenamente y en tiempo real la situación y estado de las flotas mejorando la calidad del transporte, así como la distribución y entrega de mercancías [52].



Figura 10. Seguimiento inteligente de un vehículo a través del teléfono móvil. Fuente: [53].

Como resumen, podemos afirmar que la IoT del transporte ayuda a ahorrar tiempo y dinero y a reducir el número de accidentes.

⁵² https://revistainnovacion.com/nota/10759/el_transporte_se_vuelve_inteligente_cuales_son_sus_beneficios_y_sus_riesgos/

⁵³ <https://www.beetrack.com/es/blog/rastreo-inteligente-monitoreo>

9. Sector agrario inteligente

La IoT es también de aplicación en las actividades relacionadas con la agricultura y ganadería.

Desde hace tiempo se dispone de terrenos e invernaderos en los que con dispositivos IoT, de forma local o centralizada se monitoriza el estado del suelo, se activan los sistemas de riego, se regula la iluminación, temperatura y humedad de invernaderos, etc. Es posible hacer una **agricultura de precisión** parcela a parcela o invernadero a invernadero; aplicando de acuerdo a las condiciones físicas de cada una de ellas las soluciones más adecuadas [54].



Figura 11. Agricultura inteligente. Fuente: [55]

Por ejemplo, se puede escanear el suelo para identificar las zonas donde el ganado ya ha orinado y aplicar fertilizante solo en los lugares que lo necesitan, con lo que puede llegarse a reducir el uso de fertilizantes hasta en un 30%. [56]. Los sensores de humedad [57] en el suelo determinan los mejores momentos para regar las plantas de forma remota. Los sistemas de riego se pueden programar para cambiar de qué lado del tronco del árbol riegan según la necesidad de la planta y la lluvia. [58]

⁵⁴ International Society of Precision Agriculture. <https://www.ispag.org/>

⁵⁵ depositphotos. <https://sp.depositphotos.com/390743082/stock-photo-modern-smart-farming-agriculture-technology.htm>

⁵⁶ "Five technologies changing agriculture". 2016. <https://idealog.co.nz/tech/2016/10/five-technologies-changing-agriculture>

⁵⁷ M. Sophocleous and J. K. Atkinson, "A novel thick-film electrical conductivity sensor suitable for liquid and soil conductivity measurements," Sensors Actuators, B Chem., vol. 213, pp. 417–422, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.02.110>

⁵⁸ The future of agriculture". The Economist. 2016-06-09. <https://www.economist.com/technology-quarterly/2016-06-09/factory-fresh>

La centralización en la nube de los datos recolectados permite evaluar con precisión la densidad óptima de siembra, estimar la frecuencia de riego, determinar con rigor la cantidad adecuada de fertilizantes o de plaguicidas a aplicar, y prever con exactitud el rendimiento y la producción de los cultivos.

Por otra parte, hay granjas inteligentes dónde con sensores, microcontroladores y comunicación de datos se puede monitorizar procesos tales como el suministro de alimentos a los animales (pudiendo hacerse de forma individualizada), recogida de productos, control de iluminación, temperatura y humedad, medida de niveles de metano, CO₂ y amoníaco, etc.

Por ejemplo, puede dotarse al ganado de sensores internos para monitorizar la acidez de su estómago y detectar enfermedades digestivas. Los sensores externos de movimiento identifican patrones de desplazamientos para establecer la salud y el estado físico de la vaca, diagnosticar lesiones físicas y establecer los momentos óptimos para la reproducción. [59] Todos estos datos de los sensores se pueden integrar y procesar remotamente para averiguar tendencias y patrones.



Figura 12. Granja inteligente. Fuente: [60].

Otra aplicación ejemplo se tiene en la apicultura. Las abejas tienen un valor ecológico y económico notable y prestan un servicio transcendental a la agricultura ya que ellas se encargan de polinizar cultivos muy diversos. La productividad de las abejas mejora considerablemente gracias a la monitorización del estado de las colonias y colmenas con sensores de temperatura, humedad y CO₂. Con estos datos

59 "El futuro de la agricultura". El economista. 2016-06-09. <https://www.economist.com/technology-quarterly/2016-06-09/factory-fresh>

60 Loxone. Gestión de granjas inteligentes. 2020. https://www.loxone.com/eses/blog/granjas_inteligentes/

tomados en las colmenas y con algoritmos de Ciencia de Datos se pueden anticipar y evitar las amenazas a la supervivencia de una colonia completa de abejas [61].

Como conclusión, se puede afirmar el sector agrario inteligente logra mejorar notablemente la utilización de recursos, la calidad, la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción ganadera y agrícola.

10. Conclusión

Como se ha analizado en esta unidad las aplicaciones de IoT abarca un abanico muy amplio de campos. En este curso, y con objeto de profundizar en la metodología utilizada para aplicar en situaciones reales el concepto de IoT, se van a analizar con más detalle algunas de las aplicaciones descritas. Esto se realizará en los siguientes módulos:

- Módulo 4. IoT y domótica
- Módulo 5: Internet de las Cosas Médicas (IoMT)
- Módulo 6: Impacto de IoT en los negocios

11. Bibliografía

- Gross, N. (1999) "The Earth will don an electronic skin" www.bussinessweek, Online, 30 August 1999 (20 May 2011).
<http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>.
- IHS: The Internet of Things: a movement, not a market Start revolutionizing the competitive landscape. IHS Markit (2017).
<https://ihsmarkit.com/Info/1017/internet-of-things.html>.
- Cvitić, I., Peraković, D., Periša, M., Krstić, M., & Gupta, B. (2021, May). Analysis of IoT Concept Applications: Smart Home Perspective. In International Conference on Future Access Enablers of Ubiquitous and Intelligent Infrastructures Proceedings (Vol. 382, pp. 167-180). Springer Nature.
- Microsoft: Transforming buildings with the Internet of Things (2016).
- Electric, S.: Get Connected: smart buildings and the Internet of Things, USA (2019).
- Plageras, A.P., Psannis, K.E., Stergiou, C., Wang, H., Gupta, B.B.: Efficient IoT-based sensor BIG data collection–processing and analysis in smart buildings. Future Gener. Comput. Syst. 82, 349–357 (2018).
- Kejriwal, S., Mahajan, S.: Smart buildings: how IoT technology aims to add value for real estate companies [Internet]. Deloitte University Press (2016). <http://www2.deloitte.com/us/>

61 Precision beekeeping with wireless temperature monitoring. IoT ONE. <https://www.iotone.com/case-study/precision-beekeeping-with-wireless-temperature-monitoring/c918>

en/pages/technology-media-and-telecommunications/topics/the-internet-of-things.html.

- <https://www.mittelstand-heute.com/artikel/microsoft-ki-verbessert-luftqualitaet>.
- Guillermo Ortega, 30/07/2019. "Cada granadino aspira al día 1.500 bacterias contaminadas y susceptibles de ser nocivas" Granada Digital. <https://www.granadadigital.es/cada-granadino-aspira-al-dia-1-500-bacterias-contaminadas-y-susceptibles-de-ser-nocivas/>
- Prieto, A. ¿Qué es la Ciencia de Datos, Minería de Datos y Big Data? <https://youtu.be/UiO0WYCgkTI> . 7 jun 2018. Duración: 27:11.
- Ana Muñoz Frutos "Claves y consejos para comprar un smartwatch Computer Hoy, 13/2/2016.
- <https://computerhoy.com/noticias/hardware/claves-consejos-comprar-smartwatch-39089>.
- <https://distribution.audio-technica.eu/es/guia-practica-para-elegir-auriculares/>
- <https://www.resound.com/es-es/hearing-aids/apps>
- <https://www.gaes.es/audifonos/tecnologia-audifonos-digitales>
- <https://innovayaccion.com/blog/aplicando-el-internet-de-las-cosas-a-las-empresas>
- <https://www.vs-sistemas.com/Blog/Actualidad/arquitectura-empresarial-con-capas-para-iot>
- Grupo Técnico de Normalización 178 de AENOR.
- Prieto, A. ¿Qué es una Ciudad Ineligente? YouTube 2018. <https://youtu.be/0GVGcro2pzi>
- Vermesan, B.O., Friess, P., Woysch, G., Guillemín, P., Gusmeroli, S., Sundmaeker, H., et al.: Europe's IoT Strategic Research Agenda (2012)
- Lin, J., Yu, W., Zhang, N., Yang, X., Zhang, H., Zhao, W.: A Survey on Internet of Things:architecture, enabling technologies, security and privacy, and applications. IEEE InternetThings J. 4(5), 1125–1142 (2017)
- <https://www.mecalux.es/blog/iiot-internet-de-las-cosas-industrial>
- Industry IoT Consortium. <https://www.iiconsortium.org/24>
- Lobaccaro, G., Carlucci, S., Löfström, E.: A review of systems and technologies for smart homes and smart grids. Energies 9(5), 1–33 (2016)
- Khan, I., Mahmood, A., Javaid, N., Razzaq, S., Khan, R.D., Ilahi, M.: Home Energy Management Systems in Future Smart Grids [Internet] (2013). <http://arxiv.org/abs/1306.1137>. Accessed 2019 Nov 25.
- CarSyn. <https://blog.carsync.com/blog/internet-de-las-cosas-transporte>
[https://revistainnovacion.com/nota/10759/el transporte se vuelve inteligente cuales son sus beneficios y sus riesgos/](https://revistainnovacion.com/nota/10759/el-transporte-se-vuelve-inteligente-cuales-son-sus-beneficios-y-sus-riesgos/)
<https://www.beetrack.com/es/blog/rastreo-inteligente-monitoreo>
- International Society of Precision Agriculture. <https://www.ispag.org/depositphotos>.
[https://sp.depositphotos.com/390743082/stock-photo-modern-smart-farming-agriculture technology.htm](https://sp.depositphotos.com/390743082/stock-photo-modern-smart-farming-agriculture-technology.htm)
- "Five technologies changing agriculture". 2016. <https://idealog.co.nz/tech/2016/10/five-technologies-changing-agriculture>
- M. Sophocleous and J. K. Atkinson, "A novel thick-film electrical conductivity sensor suitable for liquid and soil conductivity measurements," Sensors Actuators, B Chem., vol. 213, pp. 417–422, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.02.110>

mooc

Internet de las cosas

IOT

- The future of agriculture". The Economist. 2016-06-09.
<https://www.economist.com/technology-quarterly/2016-06-09/factory-fresh>
- "El futuro de la agricultura". El economista. 2016-06-09.
<https://www.economist.com/technology-quarterly/2016-06-09/factory-fresh>
- Loxone. Gestión de granjas inteligentes. 2020.
https://www.loxone.com/eses/blog/granjas_inteligentes/
- Precision beekeeping with wireless temperature monitoring. IoT ONE.
<https://www.iotone.com/case-study/precision-beekeeping-with-wireless-temperature-monitoring/c918>

1.4 EVOLUCIÓN Y RETOS DE IoT

Por Alberto Prieto Espinosa

Profesor Emérito de la Universidad de Granada

1. Introducción

Para entender bien un concepto es conveniente conocer su evolución histórica y sus perspectivas de desarrollo. Este es el objetivo de esta unidad. Para ello a continuación se analizarán las siguientes cuestiones:

- Antecedentes.
- Proyección futura.
- Otros retos.

La unidad finaliza con unas conclusiones y una lista de las referencias bibliográficas utilizadas.

2. Antecedentes

Como todo nuevo concepto, IoT no surgió de forma espontánea, sino que ha ido fraguándose poco a poco a partir de las ideas y predicciones de algunos visionarios, revolucionarios en su día.

Puede considerarse que el primero de ellos fue Gordon Moore, inventor de los circuitos integrados (chips) y que, en 1965, siendo director de Fairchild (fábrica pionera de circuitos semiconductores), en una entrevista para la revista Electronics comentó:

"Las ventajas de la integración brindarán una proliferación de electrónica, insertando esta ciencia en muchas áreas nuevas. Los circuitos integrados nos llevarán a maravillas como computadores domésticos, ... controles automáticos para los autos y dispositivos de comunicación personales."

En estas palabras se vislumbran las posibilidades de la IoT. Uno de los primeros sistemas IoT prácticos se desarrolló en 1982 cuando los profesores y estudiantes de informática de la Universidad de Carnegie Mellon conectaron a Internet una máquina de Coca-Cola; cuando quedaban pocas latas se encendía una luz y se lanzaba automáticamente un aviso a través de Internet. Este sistema implicaba sensores, procesamiento y conexión a Internet.

IoT puede incluirse dentro del contexto de la "computación invisible" o "computación ubicua" (ubiquitous computing), término que dio a luz Mark Weiser, de laboratorios PARC, en 1988. Predijo la existencia de

sensores y actuadores monitorizados y controlados por computadores todos ellos integrados invisiblemente a nuestro alrededor ayudándonos en nuestra vida rutinaria.

Claramente Weiser predecía sistemas, de los que posteriormente realizó prototipos en su laboratorio, tales como un dispositivo de regulación automática de la iluminación ambiental para dar la luz necesaria, sistemas de climatización con los que se regulaba sin intervención humana la apertura y cierre de persianas y ventanas en consonancia con la temperatura ambiental y detectando la presencia de personas en el recinto a climatizar. Weiser en su artículo "The Computer for the Twenty-First Century" [1], publicado en 1991 en Scientific American, sostenía que "Las tecnologías más importantes son las que dejan de percibirse. Son las que se entrelazan con el tejido de nuestra vida cotidiana hasta que ya no son distinguibles de ella."



Figura 1. Foto de la que podría ser la máquina expendedora de Coca-Cola conectada a Internet en la Universidad de Carnegie Mellon en 1982.
Fuente: [2]

Otro hito que se puede considerar de gran relevancia es, dentro del contexto de aplicaciones industriales, el lanzamiento por Siemens, en 1995, de un módulo GSM (denominado M1) para comunicaciones "entre máquinas" (M2M) [3] que las permite comunicarse entre sí a través de redes inalámbricas. El GSM (System for Mobile Communications) es un sistema global de comunicaciones móviles ideado para comunicaciones móviles terrestres que se convirtió en un estándar mundial.

No obstante, los hitos anteriores, la primera vez que se hace mención explícita al concepto de Internet de las Cosas no ocurre hasta 1999, cuando Kevin Ashton lo usó para explicar a los directivos de su empresa (Procter & Gamble), de la que era director de marketing, la idea de insertar un microcircuito en todas las barras de labios que vendía la empresa para permitir geolocalizarlas inalámbricamente y de esta forma detectar con precisión los desplazamientos y ubicación de las mismas. Conceptualmente el tuétano de la idea es "cosas conectadas a Internet sin intervención humana".

El siguiente paso de relevancia tiene lugar cuando en el septiembre de 2.000 la empresa LG presentó el LG Internet Refrigerator primer frigorífico conectado a Internet [4] [5]. Disponía de un módem con una tasa de bits de 56 Kbits/s, en una de sus puertas tenía instalada una pantalla táctil de 15 pulgadas,

admitía correo electrónico, navegación por Internet, hacer fotos, ver DVD y TV, y, lo más original, avisar y hacer automáticamente pedidos de compra de los productos próximos a caducar. En España en el 2002 se comercializaron estos frigoríficos por el precio de 9.500 euros.



Figura 2. LG Internet Refrigerator comercializado el año 2000. Fuente: [6]

IoT no tendría sentido sin la existencia de plataformas de procesamiento, donde recopilar y ejecutar los algoritmos de monitorización y control para dar las órdenes oportunas a los sensores y actuadores y presentar comprensiblemente la gran cantidad de datos generados. El procesamiento se puede realizar (dependiendo de la aplicación), en la nube, en computadores próximos a los sensores o en pequeñas plataformas diseñadas específicamente para tareas sencillas de monitorización y control. Muchas de ellas utilizan placas de circuitos integrados Arduino, que se idearon en el 2005 como un proyecto de alumnos. En la actualidad Arduino es una empresa que desarrolla hardware y software libre (es decir, que puede ser utilizado, modificado y mejorado libremente por los usuarios con cualquier objetivo, y redistribuido para otros usuarios) y que diseña placas de desarrollo hardware con las que se pueden fabricar dispositivos digitales que, entre otras funciones, permiten detectar, recopilar datos, y controlar objetos del mundo real. Las placas Arduino se comercializan en forma de placas ensambladas o también en forma de kits para montar libremente por el usuario en función de las tareas a realizar. Los productos de Arduino en la actualidad constituyen una herramienta básica para la realización de pequeñas plataformas hardware de IoT.

La empresa Cisco propuso considerar que el nacimiento de IoT se estableciese cuando el número de dispositivos conectados a Internet superase al número de habitantes total de la Tierra, esto ocurrió hacia finales del año 2008 [7], ver Figura 3.

En 2011 se introduce el nuevo protocolo de Internet IPv6 que permite un total $2^{128} = 3,4 \cdot 10^{38}$ direcciones IP; lo que, estimando el área de la superficie terrestre en $510,1 \cdot 10^{12} \text{ m}^2$ se disponen de un total de $6,6 \cdot 10^{23}$ direcciones IP por metro cuadrado; no existiendo por tanto problema en cuanto a disposición de direcciones para asignarlas a cualquier objeto terrestre.

También en 2011 Nest Labs comercializa el termostato Nest [8]. Dispone de algoritmos para aprender de nuestras costumbres habituales, se amolda a las modificaciones de temperatura que realizamos a diario, e incluso climatiza nuestra casa antes de llegar a ella. Este dispositivo se integra con el sistema de caldera y dispone de un protocolo de conexión inalámbrica que permite controlar la temperatura ambiente del recinto desde un móvil inteligente se esté donde se esté. Mediante aprendizaje en la nube, después de un cierto periodo de uso, obtiene los patrones de temperaturas deseadas, y determina, en función de muy distintos parámetros (temperatura exterior, tiempo en que se tarda en alcanzar una determinada temperatura, franjas horarias de precios de energía eléctrica, etc.), los momentos de conexión de la caldera lo que supone confort y un menor gasto de energía con el consiguiente ahorro económico.

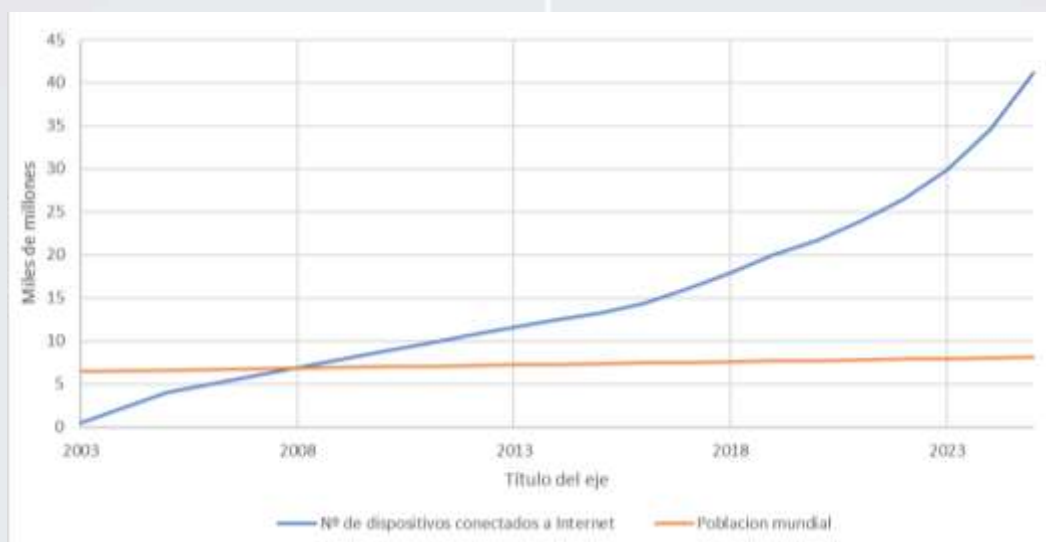


Figura 4.3. Evolución a lo largo de los años del número de dispositivos conectados a Internet y el de la población mundial (en miles de millones). (Los datos con los que se ha realizado la gráfica proceden de CISCO).

En el 2012 Google lanza el prototipo Google Glass [9], cuyo objetivo es mostrar en esas gafas de realidad aumentada la misma información obtenible en los teléfonos inteligentes (hacer fotos, vídeos, conexión a Internet, etc.) sin utilizar las manos y mediante órdenes de voz. Dispone, entre otros, de los siguientes elementos: memoria RAM de 682 MBytes y auxiliar de 16 GBytes sincronizable con la nube, micrófono, cámara de 5 MPíxeles, giróscopo y acelerómetro (ambos de 3 ejes) brújula, sensor de proximidad, sensores de luz ambiente, sistema de transmisión ósea para el sonido, y conexión a WiFi y a Bluetooth.



Figura 4. Google Glass. Gafas inteligentes de Google. Fuente: [10]

En 2013 Intel forma un grupo específico sobre Internet de las cosas (Intel Internet of Things Group, IOTG) [11].

En 2014. La empresa Nest es adquirida por Google con objeto de desarrollar su ámbito domótico. También ese mismo año Amazon lanza Echo [12], un altavoz inteligente conectado a Internet a través de Wifi que contesta a órdenes y preguntas realizadas por la voz usando una asistente virtual. Puede (todo a través de la voz) consultarse el tiempo, conectar con una emisora de radio concreta solicitada por el usuario, reproducir música, despertador, conectar y desconectar dispositivos domóticos, etc.

Una de las ferias más importantes en el mundo sobre electrodomésticos es el Consumer Electronics Show en Las Vegas. En 2015 los productos que más expectación causaron estaban relacionados con IoT. La práctica totalidad de productos presentados, tanto tradicionales como innovadores, integraban pequeños procesadores conectados a redes de datos. Desde los tradicionales, como televisiones, hasta los más futuristas contenían pequeños microcomputadores conectados a la red de datos. Se encontraban sistemas como los siguientes:

- Maceta inteligente con distintos sensores para medir pH, temperatura y humedad de la tierra, controlable desde teléfono móvil inteligente.
- Pilas (baterías) para alarmas de incendio que envían automáticamente un mensaje para ser reemplazadas cuando se están agotando.
- Sortija con el que se pueden controlar los objetos inteligentes del hogar por medio de gestos con la mano (producto japonés).

En la Tabla 1 puede verse un resumen de los hitos anteriormente descritos.

3. Proyección futura

Según recoge el informe “Predictions 2021: Technology Diversity Drives IoT Growth” publicado por Forrester [13] las tendencias actuales de Internet de las Cosas se centran en cubrir la demanda de nuevas aplicaciones, tecnologías y soluciones impulsadas, entre otros hechos, por la atención médica en línea, las oficinas inteligentes, la monitorización remota de activos y los servicios de geolocalización.

Aunque para conectar los dispositivos IoT con la nube seguirán utilizándose los mismos protocolos de ahora, siguen sin definirse estándares, ocasionando uno de los mayores frenos del IoT su falta de interoperabilidad. A pesar de que se preveía que la 5G aportaría la solución final a muchos retos de Internet de las Cosas, el precio de los microcontroladores para los dispositivos con conexión 5G son un orden de magnitud superior al precio de los microchips de Bluetooth o de WiFi. Además, la tecnología 5G presenta el problema de que gran parte de sus instalaciones están a la intemperie y resultan muy vulnerables a ataques. También la fragilidad se debe a la gran heterogeneidad de productos y marcas y a la gran cantidad de cambios que se producen constantemente con nuevos dispositivos.

Por otra parte, según el análisis de la Fundación Innovación Bankinter [14], al obtener con la red 5G velocidades de conexión mayores, menor latencia (tiempo dedicado a establecerse la conexión) y mayor alcance, esta red se convertirá en el tronco central de IoT en el próximo futuro. También Gartner es de la misma opinión: “Las entidades esperan que las redes 5G se utilicen principalmente para comunicaciones por videoconferencia y para Internet de las Cosas (IoT), siendo la eficiencia operativa el factor clave.”

Tabla 1. Principales hitos en el desarrollo inicial de IoT [15]

| | | |
|------|--|-------------------------|
| 1965 | <i>“Las ventajas de los circuitos integrados (chips) brindarán una proliferación de electrónica, insertando esta ciencia en muchas áreas nuevas. Los circuitos integrados nos llevarán a maravillas como computadores domésticos, controles automáticos para los autos y dispositivos de comunicación personales.”</i> | Gordon Moore |
| 1988 | Introduce el concepto de computación ubicua (o invisible). Predijo la existencia de sensores y actuadores monitorizados y controlados por computadores todos ellos integrados invisiblemente a nuestro alrededor ayudándonos en nuestra vida rutinaria. | Mark Weiser |
| 1991 | <i>“Las tecnologías más importantes son las que dejan de percibirse. Son las que se entrelazan con el tejido de nuestra vida cotidiana hasta que ya no son distinguibles de ella.”</i> | Mark Weiser |
| 1995 | Introduce un módulo GSM (denominado M1) para comunicaciones “entre máquinas” (M2M) | Siemens |
| 1999 | Introducción del término “Internet de las Cosas” (IoT) | Kevin Ashton |
| 2000 | Comercialización del <i>LG Internet Refrigerator</i> , primer frigorífico conectado a Internet | LG |
| 2005 | Arduino. Tarjeta de circuito impreso con microcontrolador y componentes para el desarrollo de computadores embebidos. | Proyecto de estudiantes |
| 2011 | Termostato inteligente | Nest Lab. |
| 2012 | Google Glass (gafas inteligentes) | Google |
| 2014 | Amazon Echo. Asistente virtual Alexa. | Amazon |
| 2015 | La mayoría de los productos presentados en el Consumer Electronics Show están relacionados | |

| | | |
|------|--|-------|
| | con IoT | |
| 2016 | Apple lanza la línea HomeKit y Google la línea Home. | Apple |

Las principales tendencias de la evolución futura de IoT son las que se indican en la Figura 5 y describimos a continuación.

Muchos más dispositivos:

CISCO estima en 1,5 billones el número total de objetos conectables a Internet; y para el 2023 habrá 29.300 millones de dispositivos conectados, es decir, tan solo el 2% de los posibles, con lo que el potencial de crecimiento es muy grande [16].

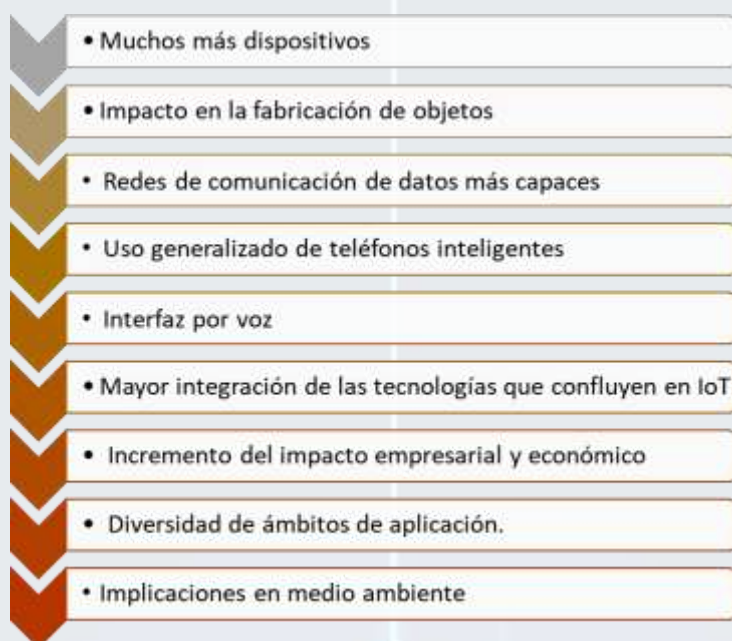


Figura 5. Tendencias del próximo futuro de IoT.

En efecto, en la última década el número de dispositivos de IoT ha aumentado permanentemente [17]. No existen estadísticas y previsiones globalmente reconocidas ya que varían según las investigaciones. Se ha estimado [18] que en el 2020 había unos 20,5 mil millones de dispositivos IoT, aunque en [19] se indican que a finales de dicho año ya se habían instalado aproximadamente 30,7 mil millones, y prevén 75 mil millones para 2025, como puede verse en la Figura 6.

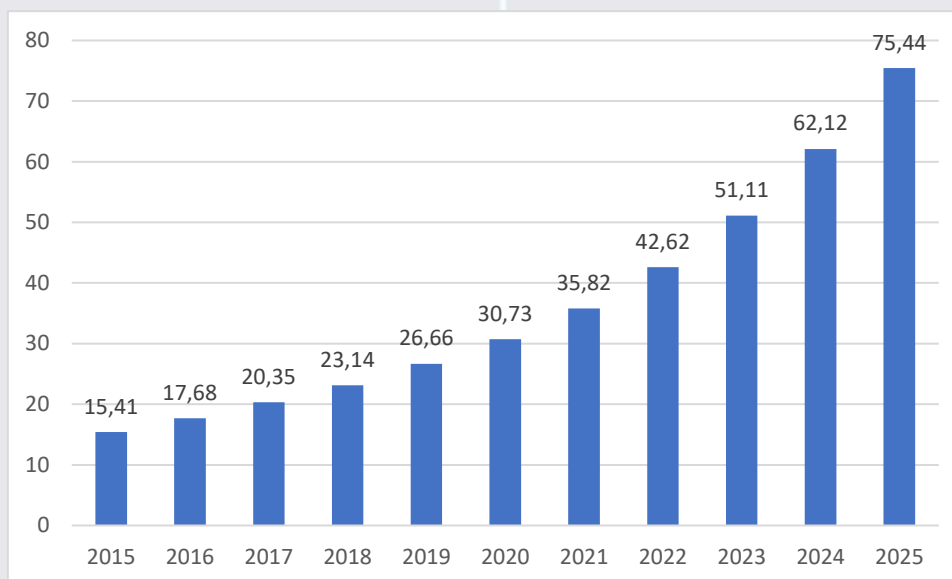


Figura 6. Predicción del número total de dispositivos IOT conectados para 2025 ^[14], en miles de millones.

Puede observarse que la tasa de crecimiento anual de los dispositivos IoT entre 2016 y 2022 fue del 23%, cumpliéndose las previsiones.

Impacto en la fabricación de objetos

Crecientemente los fabricantes integran en los productos que comercializan tecnología IoT. Así IoT está teniendo una gran influencia en la manera en que se diseñan, fabrican, distribuyen y reparan los productos. Los fabricantes cuando producen un nuevo objeto (bascula personal, reloj, limpiafondos de piscina, robot de cocina, motores para puertas de garajes, etc.), incluyen las posibilidades de conexión Bluetooth o WiFi, integrarse a través de ellas en Internet de las Cosas.

Redes de comunicación de datos

En la Figura 4.7 puede apreciarse la evolución en el tiempo (de 2015 a 2022) del número de dispositivos conectados de las siguientes categorías ^[20]:

1. Líneas de telefonía fija
2. Conexiones convencionales (PC, PC portátiles, tabletas)
3. IoT cobertura de amplio alcance
4. IoT cobertura de corto alcance
5. Teléfonos móviles

En este contexto, redes de amplio alcance o área amplia se refiere a conexiones de tipo celular o de tecnologías de baja potencia que no requieren de un permiso oficial (licencia) tales como Sigfox o LoRa. Las de corto alcance son las que conectan dispositivos por radio (inalámbricas) sin licencia, con un

alcance habitual de hasta unos 100 metros, como pueden ser Wi-Fi, Bluetooth y Zigbee (ver más detalles en la Unidad 2,3).

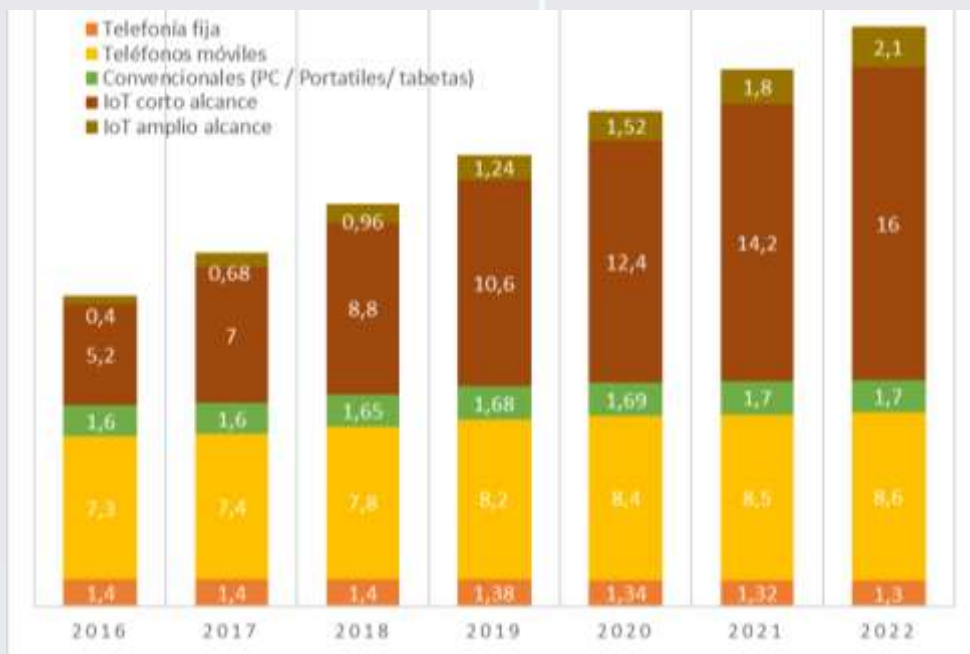


Figura 7. Evolución anual y previsiones (2016 a 2022) del número de dispositivos con distintos tipos de conexión (en miles de millones): Gráfica realizada con datos obtenidos de [18].

Uno de los retos más urgentes es el desarrollo de una plataforma que permita la transmisión de información en tiempo real para lo que un paso significativo, como se ha comentado anteriormente, será la culminación de las comunicaciones 5G y el desarrollo de normalizaciones.

Para evitar este tipo de problemas, hay organizaciones, como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), que han creado grupos de trabajo (ITU-T SG20) para introducir nuevas normalizaciones o estándares. Los estándares harán posible la interoperabilidad entre equipos muy diversos y facilitarán notablemente el desarrollo de nuevos procedimientos de ciberseguridad adaptativos y aprendiendo constantemente de los fallos de seguridad que se vayan detectando.

Teléfonos inteligentes

Cada vez más se utilizan los teléfonos inteligentes como interfaz mayoritaria para tener acceso a dispositivos IoT: control de sistemas de seguridad, electrodomésticos, básculas, regadío, etc. Sin duda, el teléfono móvil se está convirtiendo en el dispositivo IoT más ubicuo, versátil y accesible. Con el móvil podemos realizar tareas tales como:

- Abrir y vigilar puertas.
- Sacar dinero del cajero.
- Utilizarlo para pagos como tarjeta de crédito
- Activar remotamente muy distintos dispositivos

- Encender luces y calefacción a distancia
- Bombillas Hue de Philips
- Bombillas IKEA

En la Figura 8 se indican algunos de los sensores de que disponen los teléfonos inteligentes actuales.

Interfaz por voz:

Poco a poco se está generalizando en la tecnología empresarial e industrial la comunicación por voz a través de asistentes virtuales, muy útil, por ejemplo, en sistemas domóticos de ayuda a la conducción, acceso y navegación por Internet, etc.

Mayor integración de las tecnologías que confluyen en IoT:

- Ciencia de datos. Como indicamos en la Unidad 1.2, los distintos sensores y dispositivos de IoT generan cantidades ingentes de datos y sólo se procesa un porcentaje pequeñísimo. Así, por ejemplo, en una plataforma petrolera que dispone 30.000 sensores, solo se analizan el 1% de los datos. Esto es debido a que los datos producidos se usan fundamentalmente tan solo para detectar y corregir defectos y problemas, no para optimización y predicción, que facilitaría mucha más información. Es necesaria una mayor utilización en IoT de los procedimientos de Ciencia de Datos para extraer conocimiento de la información, pudiendo así facilitar la toma de decisiones, obtener patrones de comportamiento, hacer análisis predictivo, etc. En definitiva, se trata de sacar partido a todos los datos generados por los dispositivos.
- Big Data: Los grandes proveedores de Cloud Computing incrementarán notablemente la integración de recursos y herramientas de IoT en su oferta de servicios y plataformas. Se prevé un gran crecimiento en las adquisiciones de plataformas IoT.



Figura 8. Algunos de los sensores de un teléfono inteligente [21]

Impacto empresarial y económico

La aplicación del concepto IoT en diferentes sectores económicos se está convirtiendo en un factor clave para la mejora empresarial. Ya en 2020, según se indica en la referencia [22], el 92% de las empresas creía que el concepto de IoT es importante para su negocio.

Las proyecciones de inversión en la industria y los servicios relacionados con IoT están creciendo de forma exponencial estimándose que ya en 2021 ha alcanzado los 264 billones de dólares [23]. Como ejemplos, resultan espectaculares las inversiones de SAP, Samsung e IBM. El desarrollo de la industria IoT está fortaleciendo la productividad y la posibilidad de nuevos modelos de negocio. Según el informe “Unlocking the potential of the Internet of Things” de McKinsey, IoT dispone de potencial para generar, en 2025, un valor económico de entre 4 y 11 billones (millones de millones) de dólares. Se prevé que la mayor contribución proceda de la Industria 4.0, siguiendo a continuación de ciudades inteligentes, atención sanitaria y comercio minorista.

Coordinación de esfuerzos

Los proveedores crean alianzas y grupos de trabajo para aunar esfuerzos con objeto de potenciar IoT. Las grandes empresas crean divisiones especializadas en IoT frecuentemente absorbiendo empresas de tamaño menor expertas en esta temática.

Las empresas se reestructuran para dar prioridad a IoT. Por desgracia esto, como todo proceso de automatización, está suponiendo un factor que incide en el incremento de despidos en multitud de empresas teniendo los trabajadores que dedicarse a tareas menos rutinarias y más creativas.

Diversidad de ámbitos de aplicación.

Se disponen de estadísticas publicadas por la empresa IHS Markit [24] sobre el número de dispositivos existentes en 2017 y la tasa anual de crecimiento, según distintos tipos de aplicaciones, como se muestra en la Figura 4.9. Se observa que en ese año el mayor volumen de dispositivos IoT instalados se tenía en aplicaciones domótica, sin embargo, las mayores tasas de crecimiento anuales previstas se producían en IoT industrial (23,4%).

Poco a poco se está produciendo un incremento de la influencia de IoT en diversos sectores. La difusión del conocimiento de IoT y su utilidad ampliamente probada en contextos reales, así como el abaratamiento de los sensores, microcontroladores, servicios ofertados por plataformas en la nube, y dispositivos de conexión están contribuyendo considerablemente a la expansión de esta tecnología en una gran cantidad de ámbitos. Por poner un ejemplo, en el ámbito de la salud, la pandemia de la COVID-19 ha hecho que mejoren los sistemas de comunicación entre profesionales sanitarios y pacientes mediante dispositivos conectados, buscando una asistencia sociosanitaria que, aunque no sea presencial, sea lo más personalizada posible. También en el ámbito de la enseñanza se están dando avances muy notables como, por ejemplo, la utilización a distancia de los distintos equipos y elementos de laboratorios centralizados que con frecuencia utilizan brazos robotizados.

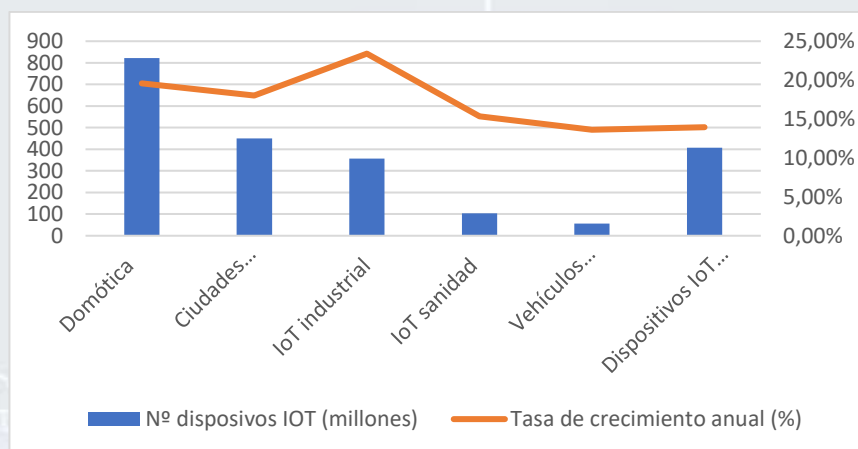


Figura 9. Número de dispositivos IoT y tasa anual de crecimiento por dominio de aplicación ^[21]

Implicaciones en medio ambiente

Además de hacernos más cómoda la vida, IoT tiene un gran impacto en medio ambiente.

En un informe de la General Electric se indica que si la IoT consiguiese un incremento de tan sólo el 1% eficiencia en las aplicaciones industriales con máquinas inteligentes en 15 años se obtendría un ahorro de:

- 26 mil millones de euros en combustible para aviones.
- 54 mil millones de euros en ahorros de atención médica a nivel mundial con tratamientos más optimizados, flujos de pacientes y equipos utilizados en hospitales.
- 57 mil millones de euros de ahorro en combustible para centrales eléctricas de gas.

4. Otros retos

Aparte de los beneficios resaltados en la sección anterior existen inconvenientes y problemas, siendo un reto, en algunos casos imprescindible, el solucionarlos [25]. Los retos más importantes existentes en la actualidad son los que a continuación se describen (Figura 10).

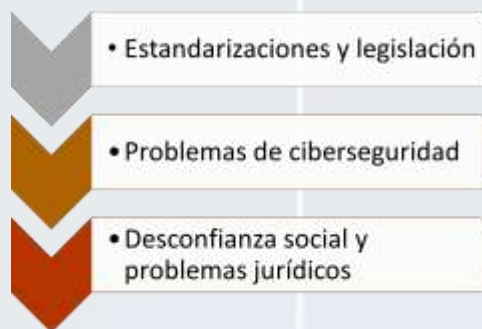


Figura 10. Retos más relevantes en la actualidad de IoT

Búsqueda de estandarizaciones

Uno de los problemas que frena el desarrollo de IoT es la carencia de estándares que permitan unificar universalmente las interfases y protocolos de comunicación entre dispositivos. En este sentido es de resaltar los esfuerzos que está realizando la Connectivity Standard Alliance (CSA), que agrupa a empresas tales como Google, Amazon y Apple, y que en 2022 lanza el estándar abierto Matter [26]. Trata de definir un lenguaje de programación común, así como kits de desarrollo software (Software Development Kit,

SDK) que puedan ser usados libremente por cualquier empresa facilitándolas el lanzamiento rápido de productos IoT de aplicación en el hogar.

Problemas de ciberseguridad. Como ocurre en el contexto de los sistemas digitales, la mejora de la seguridad es uno de los retos de mayor importancia que debe ser abordado constantemente. Los tres efectos principales de los ataques por Internet son el robo de identidad, el acceso a datos privados y el daño que puede originarse a distintos servicios proporcionados a través de la red o a equipos conectados a ella. En el caso de IoT el problema es especialmente relevante dada la variedad y cantidad ingente de dispositivos conectados a la red y la dificultad para actualizar el software para ir remediando las vulnerabilidades encontradas. Los problemas de ciberseguridad están poniendo en entredicho la utilidad y eficiencia de Internet de las Cosas ya que provocan una falta de confianza tanto en los empresarios como en los ciudadanos. De acuerdo con un informe de Gartner para 2025 más del 25% de todos los ataques a la ciberseguridad contra las empresas procederá de dispositivos de IoT. Los fabricantes deben preocuparse más e invertir más recursos para la construcción de equipamiento conectado lo más seguro posible.

Desconfianza social y problemas jurídicos. En conexión con los problemas de ciberseguridad, en las empresas y en la sociedad, en general, existe un gran recelo hacia IoT debido al temor a ser espiados, y consideran que IoT puede convertirse en un “Gran Hermano” que vigile todo. Preocupan fundamentalmente las lagunas de privacidad y que personas o dispositivos no autorizados tomen el control de IoT. Distintas organizaciones promueven el uso legal, ético, privado y seguro de los sistemas de inteligencia artificial, y de IoT en particular. Existen vivas polémicas como, por ejemplo, determinar en quién recae la responsabilidad de accidentes producidos por las máquinas (conducción sin conductor, por ejemplo) y si las decisiones finales de las máquinas deben dejarse siempre en manos de las personas,

5. Conclusiones

En esta unidad hemos tratado de poner de manifiesto la relevancia que tiene el ámbito de Internet de las Cosas a través de la historia de su desarrollo.

También se han descrito las previsiones que se tienen para un próximo futuro y los retos que se presentan para no frenar su desarrollo.

Se puede afirmar que, como en 1991 predijo Mark Weiser, tenemos tantas cosas conectadas a nuestro alrededor que no nos daremos cuenta de que Internet está ahí. Textualmente comento: “Diría, simplemente, que Internet pasará desapercibida. Va a haber tantas direcciones IP, tantos dispositivos, cosas que tienes puestas encima, cosas con las cuales estás interactuando que ya ni siquiera vas a sentirla. La red, simplemente, será parte de tu presencia todo el tiempo. Imagínate que entras a una habitación... y estás interactuando con todas las cosas que están ahí.” (Eric Schmidt, 2015).

No hay duda de que las fronteras de la IoT son inalcanzables para nuestra imaginación.

6. Bibliografía

- [1] Weiser, M. (1991). The Computer for the Twenty-First Century Scientific American. September Elsevier Ltd..
- [2] <https://www.elladodelmal.com/2018/05/el-primer-dispositivo-iot-de-la.html>.
- [3] "Nuevo producto: GSM-Modul M1" https://gaz.wiki/wiki/es/Machine_to_machine.
- [4] <https://www.casasdigitales.com/neveras-conexion-internet/>.
- [5] Ana Pantaleoni, El frigorífico inteligente, con Internet, música y televisión, centro de la nueva cocina. El País. 07 Nov. 2002.
https://elpais.com/diario/2002/11/07/ciberpais/1036640138_850215.html.
- [6] <http://rowoo.co.uk/wp/aiot/wp-content/uploads/sites/6/2014/07/lg-fridge-2000.png>.
- [7] <http://www.businessinsider.com.au/chart-by-2020-theres-going-to-be-six-times-more-devices-connected-to-the-internet-than-people-2014-3>. 21 de marzo de 2014.
- [8] <https://www.xataka.com/analisis/nest-analisis-como-de-inteligente-es-este-termostato-inteligente>.
- [9] Albanesius, Chloe (4 de abril de 2012). «Google 'Project Glass' Replaces the Smartphone With Glasses». PC Magazine. <https://www.pcmag.com/archive/google-project-glass-replaces-the-smartphone-with-glasses-296284>.
- [10] <https://www.flickr.com/photos/prae/9408574863> (Licencia CC BY-ND 2.0).
- [11] <https://www.intel.com/content/www/us/en/internet-of-things/iot-technology.html>
<https://www.statista.com/statistics/1096381/intel-internet-of-things-group-revenue/>.
- [12] <https://www.businessinsider.com/what-can-amazon-echo-do>.
- [13] Michele Pelino, Predictions 2021: Technology Diversity Drives IoT Growth. Oct 28, 2020. Forrester. <https://go.forrester.com/blogs/predictions-2021-technology-diversity-drives-iot-growth/>.
- [14] Hacia dónde va el IoT. Fundación Innovación Bankinter.
<https://www.fundacionbankinter.org/ftf/tendencias/internet-de-las-cosas/ftfrefresh/futuro-del-iot>.
- [15] Damas, M., Gómez, F.; Moreno, S; Bailón, C.; Olivares. A. (2017). La asignatura “Internet de las Cosas” en el master DATCOM de la UGR. Enseñanza y Aprendizaje de Ingeniería de Computadores. Número 7, pp. 93-109.
- [16] <http://www.businessinsider.com.au/chart-by-2020-theres-going-to-be-six-times-more-devices-connected-to-the-internet-than-people-2014-3>. 21 de marzo de 2014.

- [17] Cvitić, I., Peraković, D., Periša, M., Krstić, M., & Gupta, B. (2021, May). Analysis of IoT Concept Applications: Smart Home Perspective. In International Conference on Future Access Enablers of Ubiquitous and Intelligent Infrastructures (pp. 167-180).
- [18] van der Meulen, R.: Gartner Says 8.4 Billion Connected “Things” Will Be in Use in 2017, Up 31 Percent From 2016 [Internet]. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-02-07-gartner-says-8-billion-connected-things-will-be-in-use-in-2017-u>.
- [19] Statista: Internet of Things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025 (in billions) [Internet] (2018). <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-numberof-connected-devices-worldwide/>. Accessed 24 Jun 2018..
- [20] Ericsson: Ericsson Mobility Report - November 2013, June 2013. <https://www.ericsson.com/assets/local/news/2013/11/ericsson-mobility-report-november-2013.pdf>.
- [21] Prieto, A. Historia de las Telecomunicaciones: 7. Telefonía móvil y conclusiones. (2019). YouTube. <https://youtu.be/WLGSCaSUw4>.
- [22] DigiCert Inc.: State of IoT Security Survey 2018 [Internet] (2018). https://www.digicert.com/wp-content/uploads/2018/11/StateOfIoTSecurity_Report_11_02_18_F_am.pdf.
- [23] Palacios Ochoa, P. (2021). IoT–IA y sus tendencias. <http://repositorio.inictel-uni.edu.pe:8080/xmlui/handle/123456789/150>.
- [24] IHS: The Internet of Things: a movement, not a market Start revolutionizing the competitive landscape. IHS Markit (2017). <https://ihsmarkit.com/Info/1017/internet-of-things.html>.
- [25] Prieto, A. ¿Qué utilidades y obstáculos tiene Internet de las Cosas? YouTube. 2018. <https://youtu.be/RnasX1bFBh8> (16:03).
- [26] <https://www.europapress.es/portaltic/sector/noticia-estandar-matter-dispositivos-iot-retrasa-llegada-2022-20210816103122.html>.