

Tecnologías Emergentes

Tema 06. Internet de las cosas (IoT) Parte I

Índice

Esquema

Ideas clave

6.1. ¿Cómo estudiar este tema?

6.2. Fundamentos IoT

6.3. Dispositivos y comunicaciones IoT

A fondo

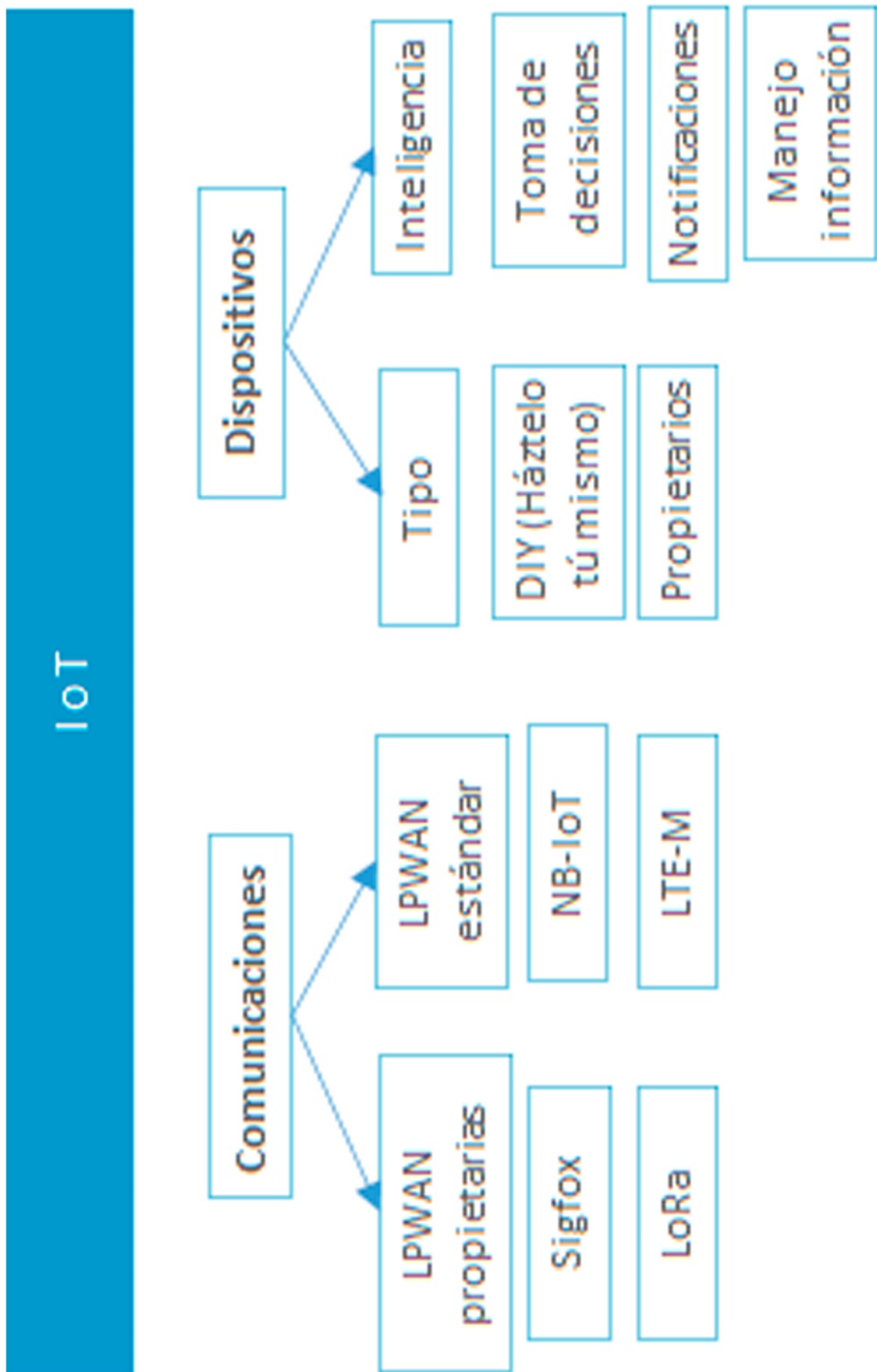
Caminar con éxito hacia la Industria 4.0. Dispositivos IoT

Protegiendo dispositivos y gateways IoT

Internet de las Cosas y Big Data

Connecting everything to the Internet: What could go wrong?

Test



6.1. ¿Cómo estudiar este tema?

Para estudiar este tema, lee las ideas clave disponibles a continuación. Los **objetivos** a conseguir son:

- ▶ **Fundamentos de IoT**, donde se conocerá el concepto de objeto conectado a Internet, se diferenciarán los distintos tipos de objetos según su inteligencia, y se conocerán casos de uso.
- ▶ **Comunicaciones LPWAN** para IoT, que gestionan específicamente las necesidades de comunicación de dispositivos, con bajo ancho de banda, una gran cobertura de señal, y un consumo reducido.
- ▶ **Dispositivos IoT**, bien de tipo comercial, o bien creaciones propias desarrolladas con placas como *Arduino*, *Raspberry Pi*, y plataformas de recepción y análisis de datos, como *ThingSpeak*.

6.2. Fundamentos IoT

Internet of things, Internet de las cosas o Internet de los objetos es un concepto surgido en 1999 (Auto-ID Center–Instituto tecnológico de Massachusetts MIT). Existen varias posibles definiciones relativas a «Internet de las cosas» podríamos decir que un sistema enmarcado en internet de las cosas es aquel que utiliza «objetos» físicos, normalmente con una parte digital (electrónica) y objetos **se comunican** con otros sistemas u objetos de forma autónoma (sin personas). Para realizar esta comunicación utilizan internet u otros protocolos como RFID, Bluetooth, etc.

El objeto y su funcionalidad puede ser de lo más variado: un sensor, un electrodoméstico, un vehículo, un dispositivo específicamente diseñado para cumplir una tarea, etc. Estos objetos pueden ser técnicamente muy simples o muy complejos. Por ejemplo, un alimento etiquetado con un chip RFID que contiene la información de su fabricación sería un objeto relativamente simple. Un camión de transporte repleto de sensores, un sistema de GPS y un sistema embebido (pequeño ordenador) con conexión a internet podría ser un objeto relativamente complejo.



Figura 1. Medida en tiempo real del consumo de todos los electrodomésticos de la cocina. Fuente: GSMA.

Los objetos interactúan mediante «**servicios**» (también llamados en algunos casos comandos, acciones, habilidades, etc.), los servicios son las cosas que el objeto puede hacer, acciones o habilidades asociadas al objeto. Los objetos más «simples» permiten únicamente conocer su identidad (o información básica). En cambio, los objetos más complejos permiten acciones más complejas como extraer datos del entorno físico (sensores) o realizar algún tipo de acción por control remoto.

Por ejemplo, podríamos tener una puerta conectada a internet con los servicios abrir y cerrar que podrían ser invocados a través de internet utilizando nuestro teléfono móvil.

Otra de las ideas claves de los sistemas enmarcados en Internet de las cosas es la **comunicación entre objetos de forma automática**, en muchos sistemas los propios objetos son capaces de comunicarse de forma autónoma con otros objetos, por ejemplo, una vez la cerradura está abierta la propia cerradura podría avisar a las luces del salón para que se enciendan.

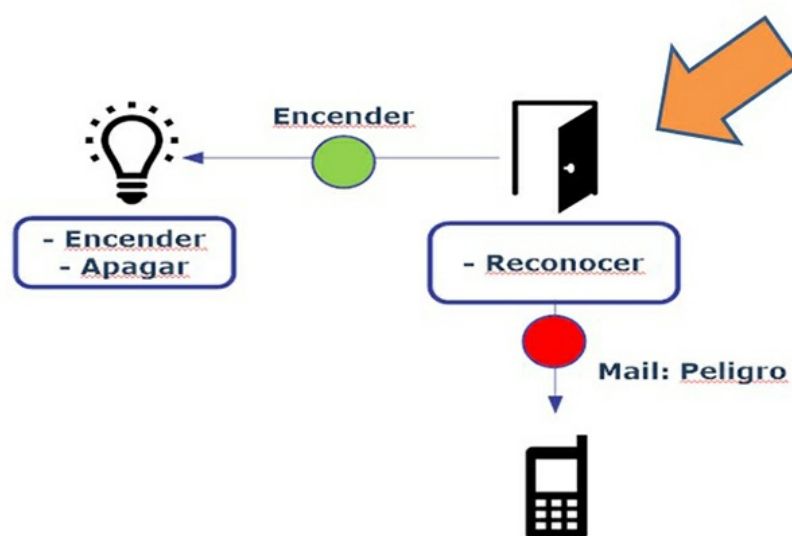


Figura 2. Acción-reacción en IoT. Fuente: elaboración propia

Las aplicaciones de los sistemas IOT resultan actualmente de utilidad en multitud de áreas de conocimiento y situaciones: monitorización de entornos/ objetos (en tiempo real o no), control remoto de sistemas, obtención de avisos y alertas, automatización de procesos, etc.

Los sistemas IOT utilizan diferentes «**objetos**» **físicos** que disponen normalmente de una parte digital (electrónica). Estos objetos se comunican con otros sistemas u objetos de forma autónoma, sin intervención la intervención de personas. La comunicación se realiza mediante el envío y recepción de información digital, para ello puede utilizar internet u otros protocolos, radiofrecuencia, bluetooth, etc.

El objeto y su funcionalidad pueden ser de lo más variado, un sensor, un electrodoméstico, un sistema de control para un vehículo, un dispositivo específicamente diseñado para alguna tarea concreta, etc. Los objetos que forman parte de un sistema IoT pueden ser desde muy simples a muy complejos, los más complejos son aquellos que tienen capacidad de procesamiento, memoria y capacidad de comunicación.

En cada objeto hay dos partes claramente diferenciadas, la **parte física** del objeto y los **servicios o acciones** asociadas a él (su catálogo de funcionalidad). Podríamos decir que los objetos interactúan mediante servicios, son las cosas que el objeto puede hacer, las habilidades o acciones de las que dispone. Otros objetos, dispositivos o aplicaciones van a comunicarse con el objeto en base a esos servicios.

Los objetos más «simples» permiten únicamente conocer su identidad o algún tipo de información básica, en cambio otros son capaces de realizar operaciones mucho más complejas, como obtener datos del entorno, analizarlos, iniciar acciones y comunicaciones con otros sistemas. Un objeto conectado cerradura podría tener dos

servicios: abrir y cerrar:

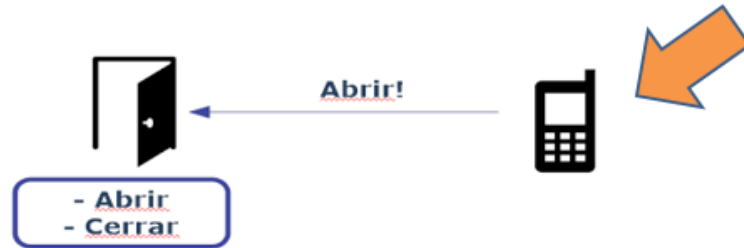


Figura 3. Objeto conectado de tipo cerradura, con dos servicios.

A su vez, otro objeto conectado cerradura podría tener otro servicio diferente: reconocer, este servicio podría reconocer la huella dactilar de una persona, en caso de que se desarrollara con éxito la propia puerta podría iniciar una comunicación con el sistema de gestión de luz del edificio o enviar un mail de alarma en el caso de que la identificación no fuese correcta.

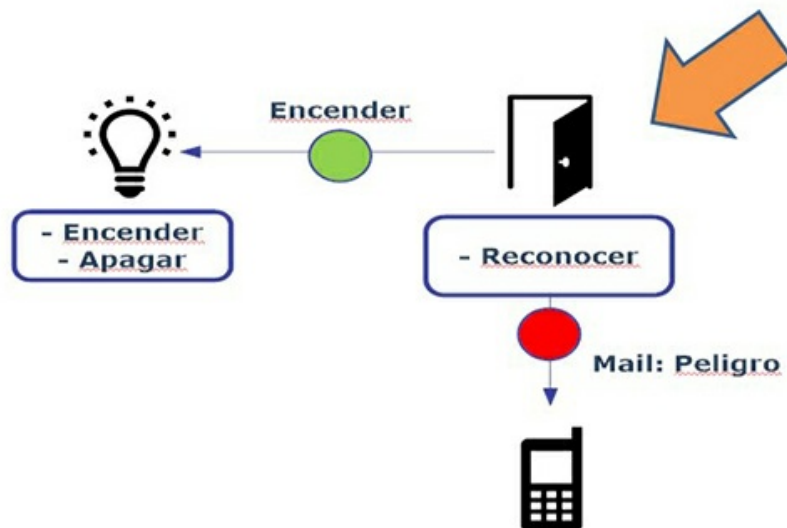


Figura 4. Objeto conectado de tipo cerradura, con servicio de reconocimiento biométrico.

El sistema podría constar aun de más objetos, por ejemplo, el sistema de gestión de

luz podría comunicarse con una aplicación en la nube que analizara el gasto eléctrico. La puerta podría comunicarse también con un sistema de alarma en el hogar al detectar un reconocimiento incorrecto.

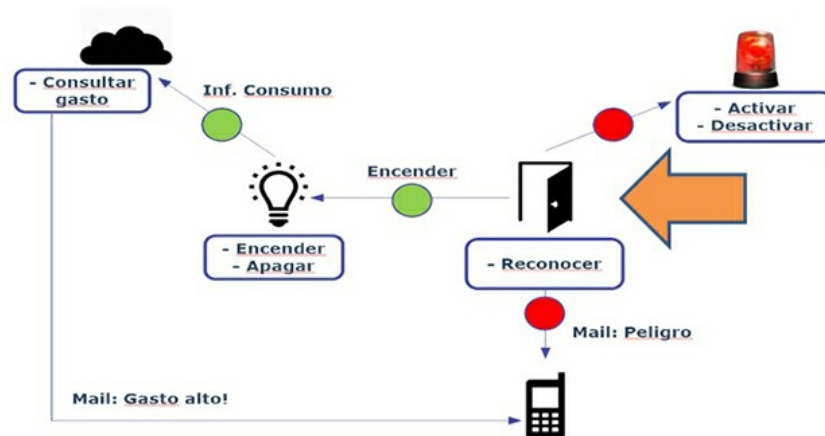


Figura 5. Sistema IoT con varios objetos.

Al observar un sistema IOT percibimos que los objetos tienen diferentes niveles de «**inteligencia**» o capacidades de iteración. Un objeto muy inteligente es capaz de realizar muchas tareas: consume servicios de otros objetos, toma decisiones (procesamiento), es capaz de auto administrarse (variar su estado de manera automática.), etc.

El nivel de inteligencia del objeto puede depender de muchos factores: las posibilidades técnicas del objeto, el uso que se dé al objeto dentro del sistema, etc.

La inteligencia de un objeto se puede dividir en tres categorías:

- **Manejo de información:** decimos que un objeto tiene esta capacidad cuando gestiona su propia información, se trata de información pregrabada o de información que se obtiene mediante sensores. Esta información suele ser relativa al estado del objeto, de algún elemento relacionado o el entorno. El objeto retorna esta información cuando es «preguntado».



Figura 6. Objetos inteligentes con capacidad de manejo de información.

- **Notificación:** se trata de un objeto capaz de notificar situaciones/cambios a otros dispositivos o personas. Por ejemplo, un problema, o un evento (temperatura alta, etc.). El objeto no controla su actividad, pero si es capaz de tomar la iniciativa en una comunicación e informar ante determinadas situaciones.



Figura 7. Objetos inteligentes con capacidad de notificación.

- **Toma de decisiones:** supone un mayor nivel de inteligencia. El objeto es capaz de autoadministración, ejecutar lógica de negocio y tomar de decisiones. Estas decisiones le permiten controlar su funcionalidad de forma total o parcial. La inteligencia del sistema se puede localizar en un solo objeto o en el conjunto de objetos que forman la red.

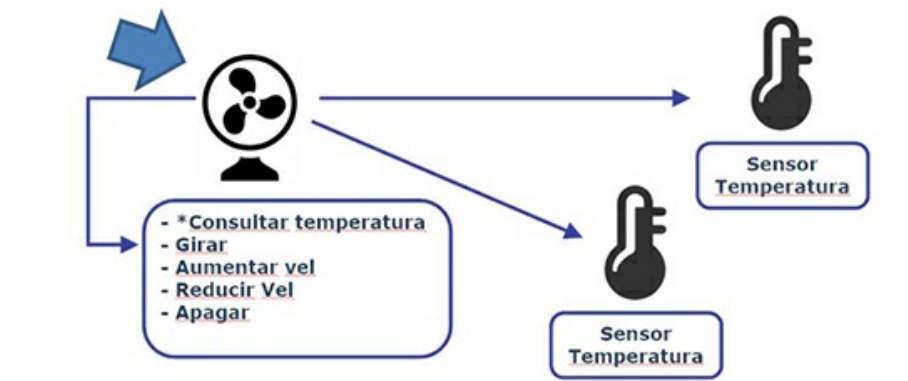


Figura 8. Objetos inteligentes con capacidad de toma de decisiones.

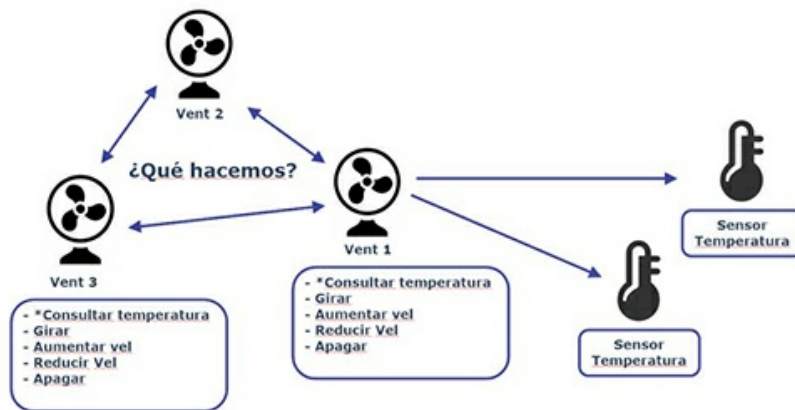


Figura 9. Objetos inteligentes con toma de decisiones distribuida.

Otro esquema comúnmente utilizado se basa en el uso de un sistema centralizado que da soporte a varios objetos, por ejemplo, analizando datos y tomando las decisiones que deben ser aplicadas por los objetos.

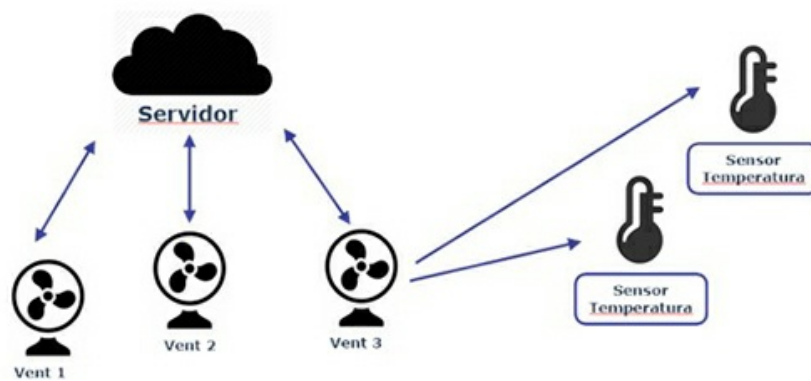


Figura 10. Objetos inteligentes con toma de decisiones centralizada.

6.3. Dispositivos y comunicaciones IoT

Existen ya en el mercado infinidad de dispositivos IoT, de todo tipo, que ya se pueden adquirir y disfrutar en distintos entornos. Muchos fabricantes se han centrado en crear familias completas de soluciones centradas en el hogar, con sensores y actuadores de todo tipo:

- ▶ Sensores de seguridad:
 - De humo /incendios.
 - De monóxido de carbono.
 - De intrusión en ventanas.
 - De inundación.
 - De apertura de puertas.
- ▶ Sensores/actuadores de confort
 - Termostatos digitales.
 - Información de temperatura/humedad.
 - Iluminación ambiental con cambio cromático.



Figura 11. Familia de dispositivos IoT de SmartThings.

Por otra parte, afortunadamente no solo podemos usar soluciones IoT comerciales, sino que existen grandes alternativas para quienes prefieran diseñar sus propias soluciones.

En efecto, a nivel de circuitos de propósito general para IoT, hay diversas alternativas, como **Arduino**, **Raspberry Pi**, **Intel Edison**, **Beaglebone**, etc.



Figura 12. Arduino vs Beaglebone vs Raspberry Pi. Fuente: adafruit.com

El gran interés que han despertado estos dispositivos, y la filosofía **DIY** (**Do It Yourself**, hazlo tú mismo), ha propiciado una industria de fabricación de todo tipo de sensores y complementos,



Figura 13. Hoy día existen numerosos elementos sensores y actuadores para Arduino. Fuente: adafruit.com

Por otra parte, normalmente es necesario disponer de un backend para la recogida de datos de los sensores, y para su procesamiento, o comunicación con terceros dispositivos (por ejemplo, apps en móviles).

Esto también se ha simplificado enormemente con una serie de plataformas muy completas disponibles en el mercado, con capacidades que van más allá de la simple recogida de datos: analíticas, informes, notificaciones, etc.

Estas plataformas, pueden ser propietarias (como los servicios *cloud* de **SmartThings**, de Samsung) que solo funcionan con dispositivos de la marca, o bien más abiertas, que permiten la conexión con dispositivos de distintos fabricantes, o incluso desarrollados por nosotros, como es el caso de **ThingSpeak**.

Habitualmente estas plataformas ofrecen una API para conectarse a las mismas y utilizar sus servicios, lo que hace en muchas ocasiones que sea realmente sencillo el desarrollo de servicios IoT.

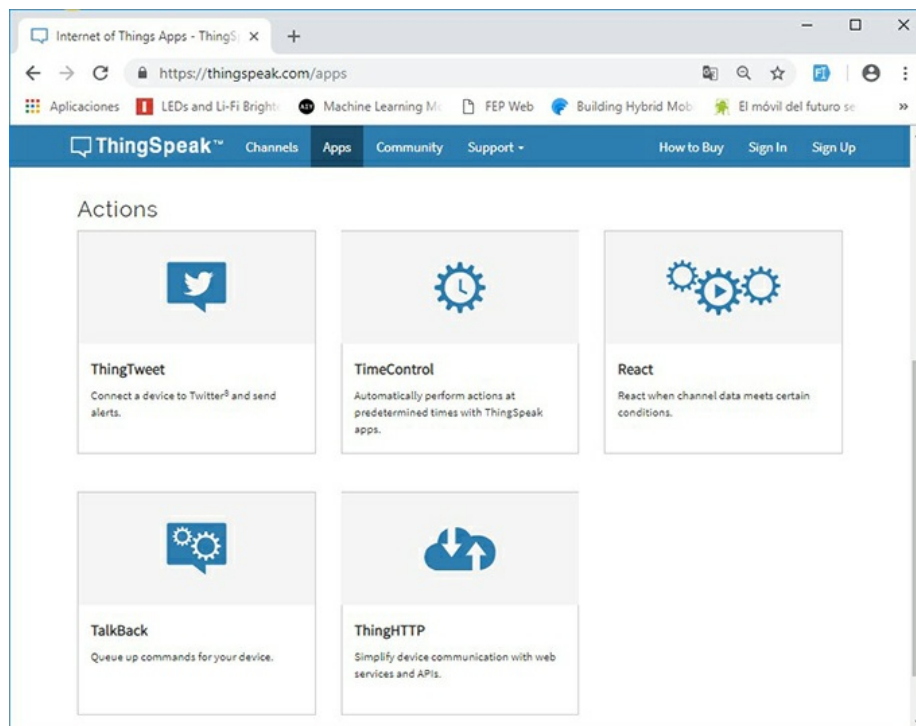


Figura 14. Acciones permitidas por la plataforma ThingSpeak. Fuente: Thingspeak.com

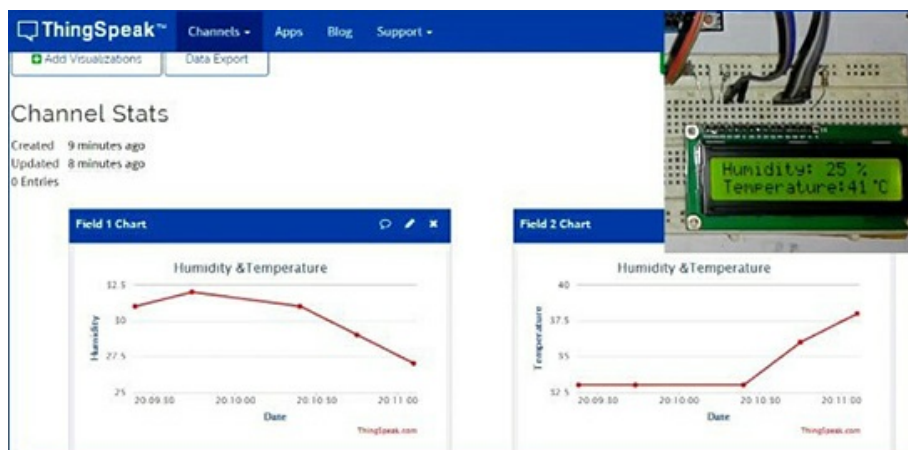


Figura 15. Ejemplo de visualización de de datos procedentes de sensores, con la plataforma ThingSpeak.

Fuente: Thingspeak.com

Así, gracias a plataformas como ThingSpeak, la creación, por ejemplo, de un dispositivo para la detección remota de fugas de gas, usando una placa Arduino, y un módulo WiFi, es conceptualmente muy sencilla:

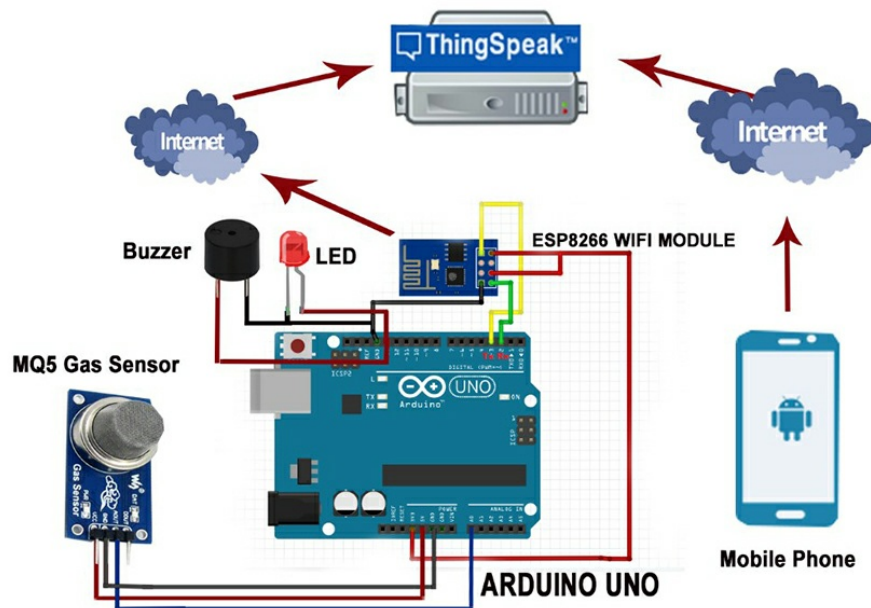


Figura 16. Esquema de dispositivo remoto detector de fugas de gas. Fuente: Thingspeak.com

En cuanto a las comunicaciones, es importante señalar, que, por la propia naturaleza de los dispositivos IoT, que se pueden emplazar en exteriores e interiores, se necesitan comunicaciones WWAN, normalmente propiciadas con redes de telefonía móvil 2.5G, 3G o 4G.

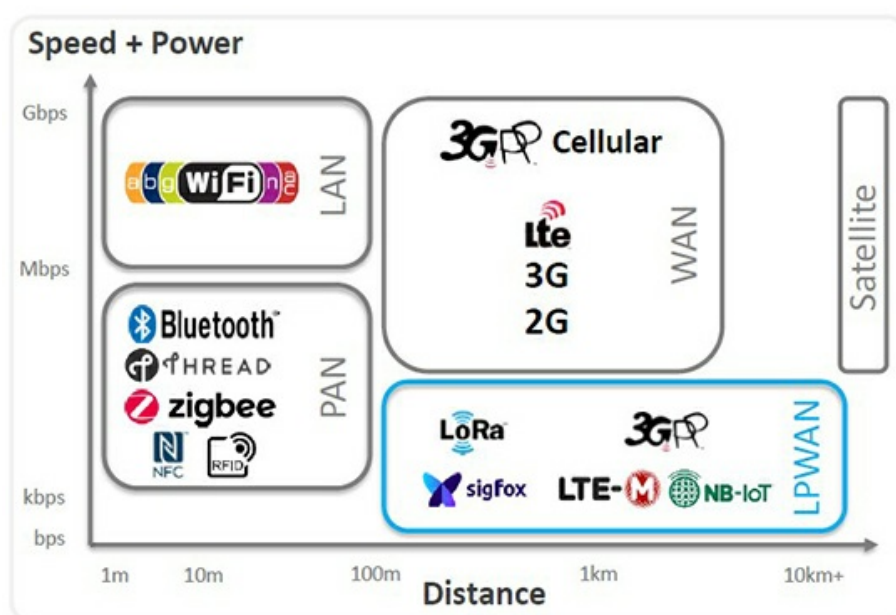


Figura 17. Tipos de redes inalámbricas para IoT. Fuente: GSMA

Sin embargo, puesto que muchos de los dispositivos que se van a emplazar suelen ser sensores, que por un lado se ubican en entornos remotos, y por otro lado suelen estar operados por baterías, ha sido necesario desarrollar diversas tecnologías **LPWAN** (*Low Power, WAN*), con un consumo muy reducido, y mucha mayor cobertura que las tecnologías móviles tradicionales de alto ancho de banda.

Para poder sostener ese consumo reducido, este tipo de tecnologías suelen tener un ancho de banda muy reducido (se cifra en Kbps o pocos Mbps habitualmente).

Existen dos grandes grupos de tecnologías LPWAN hoy día:

- ▶ Estándar: sus exponentes son **LTE-M** y **NB-IoT** (variantes de LTE).
- ▶ Propietarias: **Sigfox** y **LoRa**.

TECHNOLOGY	FREQUENCY	DATA RATE	RANGE	POWER	COST	FEATURE
5G	Cellular + mmWave	Multiple Gb/s	<100 m	High	High initially.	Low latency. Not expected until 2020 or later.
802.15.4	2.4 GHz	250 kb/s	100 m	Low	Low	Basis for other standards.
Bluetooth	2.4 GHz	1, 2.1, 3 Mb/s	100 m	Low	Low	The low power version is ideal for many uses.
LoRa	< 1 GHz	<50 kb/s	2-5 km	Low	Medium	Proprietary technology.
LTE M	Cellular	1-10 Mb/s	Several km	Medium	High	Works in existing LTE networks.
NB-IoT	Cellular	0.1-1 Mb/s	Several km	Medium	High	Low data rate but great link reliability.
Sigfox	< 1 GHz	Few b/s	Several km	Low	Medium to high	Proprietary system.
Wi-Fi (11n, 11ac, 11ax)	2.4, 5 GHz	300 Mb/s – 7 Gb/s	100 m	High	Medium	Very high speed where needed.
Wi-Fi (11af/11ah)	<1 GHz	0.1-10 Mb/s	Several km	Medium	Low	Overlooked options with great potential.
ZigBee	2.4 GHz	250 kb/s	100 m	Low	Low to Medium	A solid choice of almost any IoT use.

Figura 18. Características técnicas de algunas tecnologías de comunicación usadas en IoT. Fuente: GSMA

Dadas las diferencias de velocidad entre NB-IoT y LTE-M (más elevadas para este último), normalmente se consideran distintos casos de uso para las mismas:

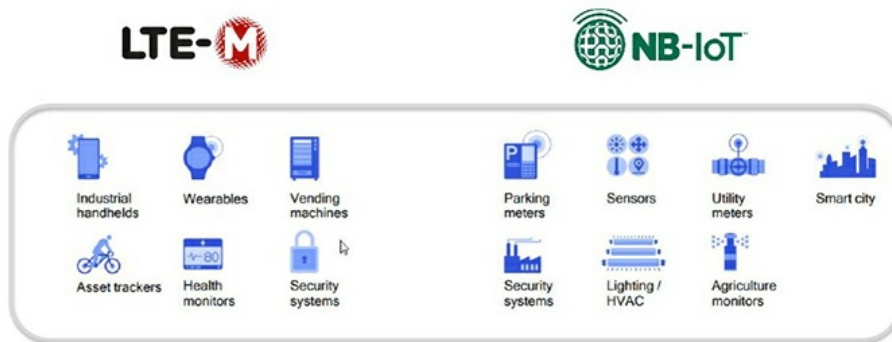


Figura 19. Tipos de aplicaciones para las distintas redes LPWAN. Fuente: GSMA

Caminar con éxito hacia la Industria 4.0. Dispositivos IoT

Ruiz, A. (2 de julio de 2020). *Caminar con éxito hacia la Industria 4.0: Capítulo 14 – Dispositivos (I) Internet de las cosas (IoT)*. Portal de las tecnologías de Cámara Valencia. <https://ticnegocios.camaravalencia.com/servicios/tendencias/caminar-con-exito-hacia-la-industria-4-0-capitulo-14-dispositivos-i-internet-de-las-cosas-iot/>

Interesante artículo en el que se explica la función de los sensores y actuadores en IoT y sus funciones, así como de Etiquetas Inteligentes.

Protegiendo dispositivos y gateways IoT

Gantair, A. y Mukherjee, A. (27 de junio de 2016). Protegiendo dispositivos y gateways IoT. IBM Developer. [Mensaje en un blog]. <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/library/iot-trs-secure-iot-solutions1/index.html>

Completo post de IBM con principios para la securización de dispositivos IoT. Se debe leer hasta el apartado «protegiendo dispositivos».

Internet de las Cosas y Big Data

TEDx Talks. (15 de noviembre de 2016). *El internet de las cosas y Big Data / Theodore Hope / TEDxPuraVidaSalon* [Vídeo]. YouTube.
<https://youtu.be/xVqniTnMfQE>

Charla TEDx de Theodore Hope acerca de IoT y Big Data, con numerosos ejemplos de aplicaciones y casos de uso de IoT

Connecting everything to the Internet: What could go wrong?

Eddy, M. (8 de marzo de 2017). Connecting Everything to the Internet: What could go wrong? *PC Mag*. [Mensaje en un blog]. <https://www.pcmag.com/article/352173/connecting-everything-to-the-internet-what-could-go-wrong>

Revelador artículo en el que se habla de la gran cantidad de problemas de seguridad que surgen con la expansión de los dispositivos IoT, muchas veces carentes de seguridad o que se usan con contraseñas por defecto.

1. En IoT los objetos interactúan mediante:
 - A. Brazos robóticos
 - B. Contenedores
 - C. Servicios
 - D. Ninguna de las anteriores es cierta

2. En IoT los objetos tienen dos partes:
 - A. Parte física y servicios o acciones.
 - B. Parte física y contenedores virtuales.
 - C. Parte lógica y parte cuántica.
 - D. Ninguna de las anteriores es cierta.

3. La inteligencia de un objeto puede ser de tipo:
 - A. Manejo de Información.
 - B. Notificación.
 - C. Toma de Decisiones.
 - D. Todas las anteriores son ciertas.

4. La toma de decisiones cuando hay varios objetos puede ser:
 - A. Centralizada y distribuida.
 - B. Siempre peer-to-peer (p2p).
 - C. Siempre centralizada en un servicio en la nube (cloud).
 - D. Ninguna de las anteriores es cierta.

5. Para crear dispositivos IoT propios se pueden usar placas:
- A. Arduino.
 - B. Raspberry Pi.
 - C. BeagleBone.
 - D. Todas las anteriores son ciertas.
6. Una de las principales plataformas para la recogida de datos y analítica es:
- A. GoodThings.
 - B. DumbObjects.
 - C. TalkingObject.
 - D. Ninguna de las anteriores es cierta.
7. Las comunicaciones con tecnologías LPWAN:
- A. Tienen una alta velocidad, como 4G.
 - B. Tienen menos cobertura que las WWAN.
 - C. Tienen poco ancho de banda pero mayor cobertura.
 - D. Ninguna de las anteriores es cierta.
8. Son tecnologías LPWAN estándar:
- A. 3G y 4G.
 - B. Sigfox y 3G.
 - C. Sigfox y 4G.
 - D. Ninguna de las anteriores es cierta.

9. Es una tecnología LPWAN propietaria:
- A. Aloha.
 - B. LoRa.
 - C. GPRS.
 - D. Ninguna de las anteriores es correcta.
10. Las siguientes tecnologías LPWAN están en orden creciente de velocidad:
- A. 3G y 4G (LTE).
 - B. Sigfox, NB-IoT y LTE-M.
 - C. Sigfox, LTE-M y NB-IoT.
 - D. Ninguna de las anteriores es correcta.