

# Infraestructuras TIC para el desarrollo de ciudades inteligentes



Máster Universitario en Ingeniería Informática

## Trabajo Fin de Máster

Autor:

Ángel Castejón Asensio

Tutor/es:

Higinio Mora Mora



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

Julio 2018

## **Agradecimientos**

*Quiero dar las gracias a todos los docentes por asumir la responsabilidad de impulsar a la sociedad en la dirección correcta del progreso. A Higinio Mora por su ayuda en el trabajo fin de máster.*

*A mi madre por dedicar su vida en ayudarme a superarme y lograr mis metas. Y aquello que no puedo ver desde hace un tiempo, pero que siempre que puede está ahí.*

*Gracias a los que están o han estado cerca de mí apoyándome, nunca lo olvidaré.*

*“La verdadera libertad consiste en el dominio absoluto de sí mismo”. - Michel de Montaigne -*

## **ÍNDICE GENERAL**

<b>Resumen</b>	6
<b>Abstract</b>	8
<b>1. Introducción</b>	9
1.1 Motivación	9
1.2 Objetivos	10
<b>2. Estructura de proyecto</b>	12
<b>3. Estado del arte</b>	13
3.1 Smart City	13
3.1.1 Proyectos en tendencia	14
3.1.2 Wi-Fi público	21
3.1.2.1 Proyectos Wi-Fi relevantes	24
3.1.3 WiMax	27
3.1.4 Red móvil 4G	28
3.1.5 Red móvil 5G	31
3.1.5.1 Proyectos relevantes	32
3.1.6 Opción más idónea	33
3.2. Legislación	36
3.3 Inteligencia de ubicación	40
3.3.1 Wi-Fi Analytics	40
3.3.2 iBeacon	43
3.3.3 Ventajas y desventajas	44
<b>4. Propuesta de implantación</b>	45
4.1. Introducción	45
4.2. Modelo de implantación	45
4.2.1 Ciudades europeas con Wi-Fi	45
4.2.2 Escenarios de usuario	47
4.2.3 Hardware	50
4.2.3.1 Opciones de mercado	50
4.2.3.1 Opción seleccionada	56
5.2.3.1 Diseño físico final	57
<b>5. Solución en la nube</b>	59
5.1. Plataforma cloud computing	59
5.1.1 Ventajas	60
5.2. Monitoring y Reporting	62
5.2.1 Location Analytics	62
5.2.2 API de localización	65
<b>6. Conclusiones</b>	70
<b>7. Bibliografía</b>	73

## **Índice de ilustraciones**

Ilustración 1: Centro de gestión de operaciones de tráfico de Rio de Janeiro.....	15
Ilustración 2: Centro de gestión de operaciones del departamento de policía de Memphis .	16
Ilustración 3: Mapa actual en una urbe de una ciudad inteligente .....	18
Ilustración 4: New Services Supported by Wi-Fi Access Points.....	22
Ilustración 5. Logotipo oficial de la marca Wi-Fi .....	23
Ilustración 6: Mapa google maps, conexiones a la red eduroam en la UA.....	25
Ilustración 7: Mapa google maps, puntos de acceso Wi-Fi Vodafone-Ono Alicante. ....	26
Ilustración 8: Cómo trabaja WiMax en área rural y urbano.....	27
Ilustración 10: Velocidad del 4G y tiempo de descarga (cobertura), respectivamente. ....	29
Ilustración 11: Mapa de cobertura 4G Movistar de la provincia de Alicante.....	30
Ilustración 12: Principales cambios en la red móvil 5G.....	32
Ilustración 13: Imagen de registro de usuarios red Wi-Fi.....	38
Ilustración 14: HeatMap tienda sector retail, inteligencia de localización.....	41
Ilustración 15: Mapa de precisión de cercanía bluetooth iBeacon .....	43
Ilustración 16: Esquema de financiación local WiFi4EU .....	47
Ilustración 17: Log-in redes sociales, red pública Wi-Fi.....	48
Ilustración 18: Log-in registro sencillo .....	49
Ilustración 19: Estación base (AP) de 140Mbps (AXS-BS-400).....	51
Ilustración 20: CPEs en bandas 5GHz y 3.5GHz (AXS-CPE100).....	52
Ilustración 21: Dispositivo Meraki MR84 instalado en vía pública.....	54
Ilustración 22: Arquitectura Cisco Meraki .....	57
Ilustración 23: Mapa de elementos hardware Cisco Meraki.....	58
Ilustración 24: Distribución simulada de puntos de acceso .....	59
Ilustración 25: Consumo energético habitual de un CPD .....	61
Ilustración 26: Mapa HeatMap de un SSID .....	63
Ilustración 27: Función HASH SHA256, dirección MAC .....	64
Ilustración 28: Funcionamiento de API Location.....	66
Ilustración 29: JSON ejemplo, información terminal móvil de cliente.....	68
Ilustración 30: Arquitectura de sincronización con API Location Analytics.....	69

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Resumen comparativo estándares IEEE 802.11 [9].....	24
<b>Tabla 2:</b> Principales diferencias red 3G y 4G [10].....	29
<b>Tabla 3:</b> Cuadro resumen comparativo 4G, 5G, Wi-Fi y WiMax.....	34
<b>Tabla 4:</b> Tabla comparativa inteligencia de ubicación.....	44
<b>Tabla 5:</b> Parámetros de radio AXS-BS-450-N .....	51
<b>Tabla 6:</b> Parámetros de networking y seguridad AXS-BS-450-N .....	52
<b>Tabla 7:</b> Parámetros de radio AXS-CPE100.....	53
<b>Tabla 8:</b> Parámetros de networking y seguridad AXS-CPE100 .....	53
<b>Tabla 9:</b> Dispositivos hardware necesarios primera fase .....	54
<b>Tabla 10:</b> Parámetros de radio <i>Cisco Meraki MR84</i> .....	55
<b>Tabla 11:</b> Parámetros de networking y seguridad <i>Cisco Meraki MR84</i> .....	55
<b>Tabla 12:</b> Categorías datacenter .....	62
<b>Tabla 13:</b> Tabla esquema JSON, datos enviados por HTTP POST .....	67

## **Acrónimos y abreviaturas**

IOT - Internet de las cosas

Wi-Fi -Tecnología que permite la interconexión inalámbrica de dispositivos electrónicos

ISP - Proveedor de servicios de internet

AP - Punto de acceso wifi

TIC - Tecnologías de Información y Comunicación

IDC - International Data Corporation

LED - Un diodo emisor de luz

OSI - Open System Interconnection

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers

SSID - Service Set Identifier

BSON - Formato de intercambio de datos usado principalmente para su almacenamiento

JSON - Es un formato de texto ligero para el intercambio de datos

REST - Arquitectura software para sistemas distribuidos como la World Wide Web

UA - Universidad de Alicante

HTTP - Protocolo de transferencia de hipertexto

AEPD - Agencia Española de Protección de Datos

LOPD - Ley Orgánica de Protección de Datos

GPS - Sistema de Posicionamiento Global

CPE - Customer Premises Equipment

VLAN - Red de área local virtual

CPD - Centro de procesamiento de datos

IPsec - Internet Protocol security

SHA - Secure Hash Algorithm

## Resumen

Este trabajo fin de máster está enfocado como objetivo principal en el estudio que nos puede ofrecer una *Smart City* en el ámbito de la inteligencia de ubicación en un núcleo urbano.

Para ello estará concretado principalmente en la obtención de información de localización de afluencias de personas en una ciudad y cómo distribuir eficientemente los servicios públicos de la administración, para dar respuesta a una mayor cercanía de estos servicios a los ciudadanos y que esto finalmente se traduzca en un valor añadido para una ciudad inteligente.

Para realizar este cometido principal, utilizaré las tecnologías de información que ofrece una *Smart City* en la actualidad y analizaré cuáles son más idóneas.

Para conseguir el objetivo principal necesitamos una red de internet distribuida por la ciudad en la que se conectaría un número importante de personas ya sean residentes, turistas, por motivos de negocios, etc...

Con estas conexiones a la red, un nodo central ubicado en *la nube* bajo el paradigma *cloud computing*, se encargará de gestionar el tráfico de red y trasladar la información en tiempo real de localización de tráfico peatonal distribuido en los diferentes barrios de la ciudad.

Esta información permitirá detectar a la administración dónde ubicar en un espacio y tiempo los servicios públicos en base a la afluencia peatonal de una ciudad, no dejándolo al azar o solamente a la experiencia profesional.

Con esta información obtenida dentro del encaje de respeto de privacidad de las personas y en el marco de la legislación actual, se estudiará también en este trabajo una propuesta de extraer patrones predictivos en base a la información obtenida y así servir como ayuda en la toma de decisiones futuras.

Palabras clave: *Smart City*, localización analítica, masas, *Wi-Fi*, monitorización, redes, tendencias

## **Abstract**

This master's thesis is focused as a main objective in the study that a Smart City can offer us in the field of location intelligence in an urban nucleus.

For this purpose, it will be mainly focused on obtaining location information on the influx of people in a city and how to efficiently distribute the public services of the administration, in order to respond to a greater proximity of these services to citizens and that this will eventually translate into an added value for an intelligent city.

To carry out this main task, I will use the information technologies that a Smart City offers today and I will analyze which ones are more suitable.

To achieve the main objective we need an Internet network distributed throughout the city in which a significant number of people would be connected, be they residents, tourists, for business reasons, etc...

With these connections to the network, a central node located in the cloud under the cloud computing paradigm, will be responsible for managing network traffic and moving the information in real time to locate pedestrian traffic distributed in the different neighborhoods of the city.

This information will allow the administration to detect where to locate public services in a space and time based on the pedestrian influx of a city, not leaving it to chance or only to professional experience.

With this information obtained within the framework of respect for privacy of individuals and within the framework of current legislation, a proposal to extract predictive patterns based on the information obtained will also be studied in this work and thus serve as an aid in the decision making process future decisions.

Keywords: Smart City, analytical location, masses, Wi-Fi, monitoring, reporting, networking, trends



# 1. Introducción

En este apartado introductorio se mostrará la motivación y objetivos de este trabajo fin de máster.

## 1.1 Motivación

Una *Smart City* es la revolución tecnológica a nivel de convivencia ciudadana. Se trata de mejorar la calidad de vida de las personas y alinear las tecnologías de información a esta necesidad. Desde hace muchos años las ciudades lo están experimentando según va pasando el tiempo, las mejoras tecnológicas permiten establecer una gestión eficiente de la ciudad.

Un ejemplo sería la red de semáforos de una ciudad, gracias a esto la circulación de autos y viandantes queda regulada las 24 horas por medios electrónicos sin necesidad de ser gestionada por la acción humana. Poco a poco, como he comentado se llega a convertir en una revolución e incluso competición entre ciudades de cuál puede aportar más calidad de vida a los habitantes de la misma.

Una ciudad inteligente no está enfocada solo para los residentes, sino también para para visitantes, turistas en general, negocios o cualquier persona que transite por la ciudad. Una *Smart City* trata de dar una atracción a la ciudad o más bien sería un valor añadido.

Esta rama de las tecnologías de información actualmente está cogiendo mucha fuerza para abastecer todas las necesidades de negocio y todavía existen “huecos” o no existe la necesidad real o descubierta en algunos aspectos, pero para ello los expertos deben de identificar y tratar de dar respuesta.

En el estado del arte, veremos cómo se pueden dar respuesta las necesidades de una *Smart City* en el ámbito de la salud, gestión, logística, seguridad, etc...

En el terreno personal, siento una atracción por abordar algunas necesidades existentes que detecto en mi día a día e irían encaminadas en el ámbito de la seguridad pública en una ciudad.

Muchas veces hablamos de la seguridad “*reactiva*”, acudir en urgencia cuando sucede algún incidente de seguridad o de salud en las personas, pero considero que hay que realizar un trabajo de estudio más profundo a nivel de prevención.

Es por ello por lo que en mi día a día como viandante me doy cuenta de que en ocasiones las patrullas policiales están alejadas de zonas o sitios que existe una gran afluencia de masas y esto puede ser impredecible debido al movimiento libre de las personas.

Hay hechos que se pueden predecir como por ejemplo convocar a una media maratón en la ciudad de Alicante un día y hora determinado, sabemos que el responsable del operativo de seguridad contará con una *masa* de gente considerable en la que la presencia policial tiene que ser más destacable.

Aunque existan fechas o citas señaladas y se tenga conocimiento en base a la experiencia personal de los agentes, como he comentado antes, la afluencia de masas es impredecible en numerosas ocasiones y esto puede suponer una gestión menos eficiente de las patrullas policiales en materia de prevención de hechos delictivos.

Considero que este trabajo, puede ser trasladable también en el ámbito de las urgencias sanitarias y de obtener una información más exhaustiva de la localización de afluencias de personas y poder acudir en el menor tiempo posible ante cualquier incidente en la salud de las personas, distribuyendo las ambulancias en las zonas más críticas.

Como punto de partida, me gustaría investigar lo que puede ofrecer una *Smart City* en este ámbito y cubrir esta necesidad proporcionando al fin y al cabo más calidad de vida como valor añadido.

En el apartado de objetivos, describiré qué necesitare descubrir y analizar para dar respuesta a esta necesidad alineando las tecnologías de información.

## 1.2 Objetivos

El objetivo principal de este trabajo fin de máster es representar una investigación de aquellos elementos de una *Smart City* que nos pueden permitir monitorizar en tiempo real la localización de conexiones en un núcleo urbano y qué red de internet sería más idónea para este cometido.

La finalidad principal es visualizar en tiempo real la afluencia de personas en determinados distritos de la ciudad con fines de seguridad pública, en ningún caso de geolocalización personal de personas y con fines de obtener más información personal o de campañas de marketing, para ello existirá un apartado en este trabajo de *legislación* en el que se estudiará el encaje dentro de la normativa que poseemos en la actualidad.

Esta monitorización en tiempo real se realizará en un nodo central ubicado en la nube, bajo el paradigma *cloud computing*, estudiando las ventajas del uso de esta arquitectura. También en los puntos finales de este trabajo veremos el almacenamiento de información o como extraer patrones estadísticos en base a esta información.

El caso de estudio será una ciudad europea donde ya tenga implantada una red Wi-Fi público, aprovechando su infraestructura para proporcionar este servicio.

Respecto a los objetivos específicos del trabajo fin máster serían los siguientes:

- Conocer en qué situación se encuentra el concepto de *Smart City* en la actualidad.
- Conocer algunos proyectos punteros a nivel mundial y cómo nos puede ayudar para analizar la información.
- Conocer los tipos de redes de internet predominantes en la actualidad en un núcleo urbano y qué red es la tendencia futura.
- Conocer la inteligencia de ubicación y ver la manera de aplicarlo en este trabajo.
- Analizar y estudiar el tipo de red de internet más conveniente e idóneo por la cual un usuario puede tener ventajas y al mismo tiempo nos permite realizar el cometido final descrito en la motivación en base a unos costes adecuados, eficiencia y compatibilidad.
- Conocer algunos casos de uso de ciudades europeas dónde ya tenga implantada una red Wi-Fi pública y aprovechar esta infraestructura para proporcionar un servicio a la administración pública de localización analítica.
- Conocer algunos proyectos importantes en la ciudad de Alicante de implantación de una red Wi-Fi que están involucrados en proceso de valor de una *Smart City* y en qué puede aportarnos un valor añadido para el análisis final.
- Analizar la legislación española existente en materia de privacidad y uso informático ético.
- Proponer un modelo basado en un nodo central situado en la nube que se encargará de gestionar la red y procesar la información.
- Proponer medios de monitorización en tiempo real.
- Conclusiones aprendidas en este trabajo fin de máster.

## 2. Estructura de proyecto

Partiendo del índice general, presento aquí un resumen de cada uno de los capítulos que componen este trabajo fin de máster.

1. **Introducción:** Se expondrá un resumen, la motivación de este trabajo y objetivos principales y específicos.
  
2. **Estado del arte:** Se realizará un estado del arte en profundidad, realizando un estado de la situación actual de las *Smart Cities*, algunos de los proyectos en tendencia aportan valor a una ciudad inteligente y que me puede aportar una base sólida para la realización de este trabajo.  
Por otro lado, se hará un estudio de los tipos de redes de internet en una ciudad predominantes en la actualidad que forman parte del proceso de mejora de una *Smart City*, cuál es la tendencia futura y la opción más idónea para este trabajo.  
También veré el encaje de la legislación actual para este trabajo.
  
3. **Propuesta modelo de proyecto:**
  - a. En la primera parte, se verá las infraestructuras de red Wi-Fi pública en ciudades europeas. En base a la legislación nacional y comunitaria de la UE, hardware que utiliza, etc....haré una propuesta de localización analítica para atender al objetivo de este trabajo fin de máster.
  - b. Se hará una propuesta de los elementos hardware en base al diseño anterior.
  
4. **Solución en la nube:**
  - a. Se diseñará una solución en la nube que servirá como nodo central en la gestión de la red y centralización de información.
  - b. Se propondrá una solución de monitorización de la infraestructura.
  - c. Se propondrá una solución de *reporting* para extraer finalmente patrones predictivos en base a la información recolectada.
  
5. **Conclusiones:** Valoración crítica de la propuesta de implementación y de la situación de una *Smart City* en este ámbito.

### 3. Estado del arte

En este apartado mostraré una visión global y más específica de las smart cities y en concreto con el objetivo final de este trabajo sobre la seguridad ciudadana en una *Smart City*.

#### 3.1 Smart City

En la actualidad, una infinidad de instituciones públicas y privadas detectan la necesidad de abastecer este campo de mercado de las ciudades inteligentes.

Las *Smart City* no sólo aportan un gran valor a las personas, si no a la economía en todos los ámbitos. Por ello grandes empresas del sector tecnológico como Oracle, IBM o Microsoft, están centrando el *core* del negocio en cubrir esta demanda.

Una *Smart City* son todos los aspectos que están involucrados para hacer mejorar el conjunto de la sociedad en un lugar determinado. Si examinamos bien estos términos “*ciudad inteligente*”, sería más bien utilizar los recursos de manera inteligente para conseguir el avance de la sociedad.

En la época que estamos viviendo *Smart City* tiene una relación inversamente proporcional al uso racional de tecnologías para aportar valor a la sociedad.

Después del estallido de la informática e internet en décadas anteriores recientes y del afloramiento descontrolado de tecnologías de información, utilizar estos medios de forma *racional* nos lleva a entender qué objetivos queremos abordar y o qué soluciones queremos dar a ciertos problemas e inquietudes que tiene la sociedad.

En una *Smart City*, entra en juego la calidad de los sistemas de información. Esto viene a la construcción casi *descontrolada* de nuevos productos tecnológicos o más enfocados a la ingeniería del software en años atrás y que en numerosos casos no cumplían con unos objetivos predefinidos. Es por ello por lo que hoy en día antes de construir un producto tecnológico se prioriza en primera instancia un análisis funcional o de requisitos que debe de cumplir.

Esto define de cierta manera lo que es una ciudad inteligente, utilizar los recursos con calidad, de manera racional y para cumplir unos objetivos concretos. Estos objetivos pueden ser mejorar la calidad de vida de la sociedad y que el esfuerzo que ésta dedica a ciertas tareas pueda ser empleado para tareas “más humanas” o que no pueda suplir la terminología de una *Smart City*.

A mi modo de ver, una ciudad inteligente sería...*utilizar las herramientas tecnológicas para conseguir mejorar la calidad de vida de las personas, de forma racional y eficiente.*

### 3.1.1 Proyectos en tendencia

Me gustaría resaltar algunos de los casos de interés empezando por la conocida compañía tecnológica *IBM (International Business Machines Corporation)*, entidad estadounidense privada multinacional con sede en Nueva York.

Uno de los proyectos más relevantes sería la gestión de transportes dirigido por el líder tecnológico de IBM, Mr. Eric-Mark Huitema[1]. Este proyecto se llama “*Building a smarter transportation management network*”[2] y tiene como objetivo principal, proporcionar visibilidad del tráfico de una urbe y reducir los atascos hasta en un 25%.

Este proyecto está implementado en la actualidad en Río de Janeiro (Brasil). El Centro Inteligente de Operaciones (IOC) de Río de Janeiro es el primero del mundo que integra todas las etapas de la gestión de emergencias. *Ofrece una visión integrada de las infraestructuras más importantes de la ciudad las 24 horas del día*, según una nota de prensa de IBM en septiembre de 2014 [3].



**Ilustración 1:** Centro de gestión de operaciones de tráfico de Rio de Janeiro.  
**Fuente:** Building a smarter transportation management network, IBM [1]

Este proyecto contiene tres aspectos principales:

- **Instrumentado:** Rastrear el tráfico desde el origen hasta el destino mediante elementos técnicos que permiten monitorizar las condiciones del tráfico en tiempo real, e identificar de inmediato los defectos e ineficiencias en los activos y las infraestructuras utilizando información obtenida de tecnologías instaladas y móviles, incluyendo sensores, cámaras, teléfonos móviles, redes sociales y autos conectados a esta red.
- **Interconexión:** Todos estos elementos están interconectados y toda esta información está dirigida hacia un núcleo central para dar a los profesionales y usuarios del transporte información continuamente actualizada, entre estas opciones de viaje y opciones de envío, con notificación instantánea de cualquier irregularidad.
- **Inteligencia:** Este punto sería para proporcionar un análisis avanzado de datos en tiempo real para que automáticamente responder a los cambios en la red de transporte y monitorizar proactivamente el buen estado de las infraestructuras de transporte. Gracias a esto se puede ayudar a las ciudades a tomar medidas tales como, alinear los precios del peaje de la congestión con demanda, entre otros aspectos que afectan a la mejora de calidad económica de los ciudadanos [1].

Otro proyecto de interés por parte de *IBM* sería un proyecto de análisis de datos predictivo en la seguridad pública. Actualmente está en uso en el departamento de policía de Memphis, Estados Unidos.

Según IBM en una nota de prensa [3], el departamento de policía de Memphis ha logrado mejorar significativamente el problema de criminalidad de la ciudad, reduciendo en más de un 30% la tasa de criminalidad y en un 15% los crímenes violentos desde 2006.



**Ilustración 2:** Centro de gestión de operaciones del departamento de policía de Memphis  
**Fuente:** IBM Smarter Cities Public Safety—Law Enforcement, IBM

Según IBM, con este sistema de análisis predictivo de seguridad ciudadana se consiguen los siguientes beneficios:

- Acelerar las respuestas tácticas de patrullas de seguridad ciudadana, simplificar acceso a la información para involucrar a todos los equipos de emergencia necesarios.
- Mejor reparto de vigilancia policial en los distritos de un municipio.
- Ayuda en la toma de decisiones en base a unos datos estadísticos en tiempo real
- Extraer patrones predictivos de criminalidad.
- Mejorar las estrategias de colaboración ciudadana en lo que concierne a la seguridad pública.
- Optimización de los recursos humanos, en concreto los agentes de policía de la escala básica.



- Mejora de tiempos de respuesta ante incidentes.
- Orientar la política policial hacia la prevención y predicción.

En esta solución que IBM propone incorpora un sistema de información que actúa como núcleo central para el usuario llamado *IBM Intelligent Operations Center*[1], integra información sobre delincuencia a tiempo real en zonas determinadas dentro del ámbito de actuación del cuerpo policial. También proporciona información importante como fechas de salida de prisión de delincuentes en el punto de mira y las posibles zonas que puede ubicarse el individuo.

Por otro lado, tenemos un proyecto de *Smart City* de gran envergadura elaborado por *Oracle Corporation*. Esta compañía privada está especializada en el desarrollo de soluciones de nube y locales. *Oracle* tiene su sede en la localidad californiana de Redwood City, Estados Unidos.

La solución de gran envergadura se llama *Oracle's Primavera Smart City Solution*[4]. Permite organizar hojas de ruta hacia la gestión integral de proyectos de mejora continua sobre la ciudad. Esta solución no se convierte en un software para gestionar proyectos, si no, un sistema de información que aglutina todas las áreas en beneficiarse en obras o proyectos de mejora continua sobre la ciudad.

Como punto muy importante, permite monitorizar el coste a mitad del proceso de implantación y si puede conseguir el alcance final que se había estimado.

Según *Oracle Corporation*, esta solución está centrada principalmente en la supervisión del rendimiento de proyecto en tiempo real [4]. Esto quiere decir que actualmente los sistemas se encargan de proporcionar una perspectiva inicial al inicio del proyecto, pero no a mitad para prevenir un riesgo. También permite gestionar en su completitud las instalaciones e infraestructuras de la ciudad.

Otra solución que me gustaría destacar es la de compañía de *Telefónica S.A.*, llamada *e-Health*[5] enfocada en la gestión integral de la sanidad pública desde la atención al paciente teniendo una participación digital directa hasta la gestión interna de la sanidad. Según *Telefónica S.A.*[5] en su página web hace referencia a la siguiente información que es de interés mencionar... “*La sanidad se enfrenta a desafíos importantes hoy en día. El gasto sanitario representa el 7,3% en la UE (EU-27), 1.843 euros por habitante y el envejecimiento de la población y la prevalencia de las enfermedades crónicas, que suponen*

alrededor de tres cuartas partes del gasto sanitario de un país, incrementa la necesidad de los cuidados.”

En base a esto, la multinacional de telecomunicaciones *Telefonica S.A.* ha diseñado estas soluciones utilizando como base las TIC[5]:

- *Telehealth*: Consistiría en una agenda médica del paciente, por el cual, se pueden realizar consultas virtuales a los profesionales de la sanidad, convirtiendo este sistema en una gestión global digital de la salud del paciente. Esta herramienta puede utilizarlo el paciente a través de una app móvil o aplicación web.
- *Telecare*: Sería una teleasistencia móvil que se realiza a través de dispositivos específicos como un colgante o una pulsera. Esto permite llamar a familiares o los servicios de urgencia ante cualquier incidente de la salud.
- *Health IT*: Su núcleo está en la nube y permite gestionar los procesos internos de la sanidad, como los diagnósticos, centros médicos, etc...
- *My Health*: El uso principal es proporcionar una asistencia básica virtual las 24 horas, a través de SMS o llamada telefónica. En situaciones de emergencia se puede consultar con un especialista telemáticamente.



**Ilustración 3:** Mapa actual en una urbe de una ciudad inteligente

**Fuente:** Smart City Breaks for IoT Enthusiasts, Jennifer Taubert. Gemalto[6]

Como vemos en la imagen superior, resume lo que sería una ciudad inteligente en la actualidad.

Para ello me gustaría concretar los siguientes puntos resumen de una *Smart City* que a continuación voy a enumerar:

- **Edificios inteligentes:** Actualmente los edificios dedicados a la actividad profesional cuentan con sistemas inteligentes sobre todo para la consecución de ahorro de costes de energía.

También las normativas en ahorro de energía y consumo provocan que desde la construcción de un nuevo edificio se cuente con materiales y aislamientos térmicos. Por otro lado, tenemos dispositivos encargados en ahorro y optimización de consumo de luz y aire acondicionado.

- **Wi-Fi:** Nació con la idea de implementarse en áreas concretas cerradas, como puede ser una sala de una biblioteca o una casa de un particular. Pero el uso tan extendido y la gran demanda de datos causan una obligación en extender las áreas Wi-Fi a zonas abiertas.

Estas zonas empezaron a ser objeto de proyectos piloto como algunos pueblos, barrios u otro ejemplo puede ser el campus de la Universidad de Alicante.

En la actualidad se trata de dar cobertura en ciudades completas por parte de los *ISP* (Proveedores de servicios de internet).

- **e-Commerce:** Comenzó el auge de la venta de productos de alimentación en grandes superficies o centros comerciales eliminando poder de negocio en el comercio minorista poco a poco. Con la llegada de internet fue un nicho de mercado para la venta de productos a través de internet, pero faltaba confianza por el consumidor.

Hoy en día con el trabajo para proporcionar esa confianza y el reducido tiempo que contamos, el e-Commerce está siendo una revolución donde no solo participa el comercio mayorista, también el minorista.

El comercio electrónico forma un pilar indispensable en una *Smart City*, con un avance de cara al futuro en nuevos medios de transporte de los productos, reduciendo costes de logística y ganar tiempo en la entrega.

- **La nube:** La infraestructura tecnológica de una compañía ya sea pública o privada era inevitablemente creada, mantenida y evolucionada por la misma. De esta forma se podía tener un control integral de la información y del propio ecosistema de tecnologías de información.

La nube, ha conseguido ha conseguido revolucionar este mundo. Consiguiendo que las compañías deleguen sus infraestructuras en otras empresas más especializadas y poder dar más calidad, continuidad al negocio y un posterior ahorro de costes a la larga.

Gracias a las legislaciones de protección de datos a nivel europeo y nacional, ya no es una preocupación tan grande que nuestros sistemas de información se alojen en otras ubicaciones diferentes a las que estamos en posesión.

En cuanto a los usuarios particulares ocurre lo mismo, debido a que hoy en día queremos tener una disponibilidad inmediata de datos en cualquier lugar y además queremos estos datos que estén protegidos por sitios de confianza.

- **Domótica:** La domótica en la actualidad tiene un principal foco en los hogares. En cuanto nos proporcione más ahorro de costes de energía y mantenimiento del hogar, irá tomando más fuerza en la implantación.
- **Salud digital:** Como hemos visto en el ejemplo anterior de la empresa *Telefónica S.A.* la implantación de salud digital es solo el comienzo en la mejora de tiempos de respuesta de atención médica que conlleve una mejora de calidad de vida del paciente. Y por supuesto, un gran ahorro en costes de salud privada y pública.
- **Social Network:** Las redes sociales forman parte de una Smart City como núcleo de difusión de información entre los ciudadanos. El gran reto de la actualidad es que esta información sea lo más veraz posible y evitar los usos fraudulentos.

También cabe mencionar el concepto de “Internet de las cosas” (*IoT*). Ambos están unidos estrechamente debido a su interconectividad de todo tipo de objetos a la red de comunicaciones.

Con internet de las cosas, podemos reportar cualquier tipo de información personal, individual o colectiva que nos aporten un valor añadido a nuestra calidad de vida. Un ejemplo sería una pulsera que monitoriza nuestra salud y envíe estos datos a través de la nube a una plataforma central y de ahí extraer información sobre nuestra salud analizada y establecer patrones estadísticos.

Como he comentado en una sociedad como la de hoy en día, lo más importante es el envío de datos a través de internet, para que esta información mejore nuestra calidad de vida. Pero si esta información cae en manos fraudulentas o se hace un uso inadecuado de nuestra privacidad por terceros, podría ser perjudicial y no aportarnos nada. Por ello, se debe tener en cuenta la seguridad de las *TICs* como un pilar fundamental de una *Smart City*.

### 3.1.2 Wi-Fi público

Para la propuesta de la gestión de seguridad ciudadana en una *Smart City* necesitamos una red de datos conectada a internet lo suficientemente extensa y robusta para dar respuesta a esta necesidad. Es por ello por lo que debo exponer en el estado del arte de aquellas opciones disponibles y hacer un estudio de cuál encajaría más en la actualidad.

Sabemos bien que hay una infinidad, pero serían objeto de estudio aquellas que gran repercusión tiene y que están avaladas por su fiabilidad.

Por lo que en este estudio hay que atender a las siguientes premisas a la hora de escoger las tecnologías adecuadas para la propuesta final:

1. Costes de implantación.
2. Impacto en la ciudad y en la infraestructura a construir.
3. Difusión y uso de las personas que habitan en una *Smart City*.
4. Perspectivas de futuro y mantenibilidad.

Las redes Wi-Fi actualmente están totalmente extendidas en organizaciones privadas, públicas, hogar, etc....sobre todo en sitios cerrados. Pero la idea fundamental del Wi-Fi es extenderlo públicamente. Se entiende que en una *Smart City* aporta un valor recíproco para las entidades públicas o privadas que lo implantan. En este punto veremos qué beneficios y desventajas aporta y algunos casos de uso implementados que sirven como base en el estado del arte de este proyecto fin de máster.

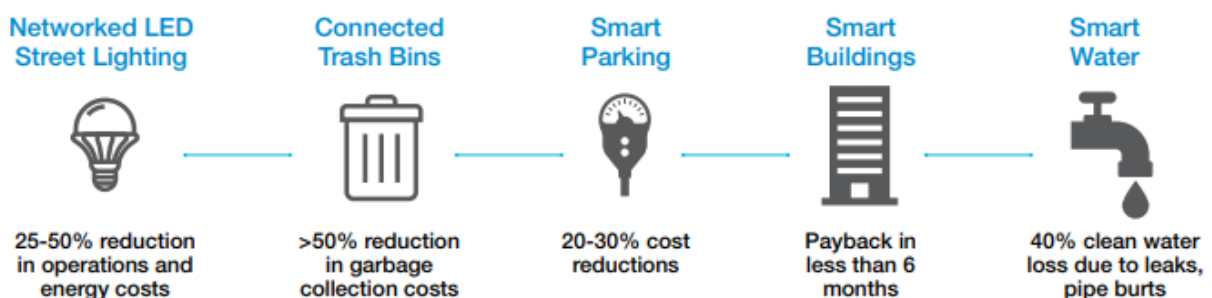
En primer lugar, me basaré según el estudio realizado por *IDC Corporate USA*. Esta compañía es un proveedor internacional de reconocido prestigio que se encarga de analizar la inteligencia de mercado en tecnologías de información, marketing, telecomunicaciones, etc...

En este estudio realizado en profundidad por *IDC* sobre el estado actual de las redes Wifi públicas, hace referencia a esta premisa principal...*"La conectividad es la capa base fundamental de las Smart Cities, tanto para acceder a internet como a nuevos servicios digitales"* (Ruckus, Mayo de 2017)[7], establece tres objetivos principales: 1º *Amenidad para los residentes, estudiantes y turistas*; 2º *Un puente para el mundo digital*; 3º *Conexión con los servicios basados en internet de las cosas (IoT)*.

Haciendo una breve reflexión, nos damos cuenta que las redes wifi son necesarias para abastecer la gran demanda de datos y el flujo rápido del mismo, que produce el paradigma *IoT* de una ciudad inteligente. Necesitamos enviar datos continuamente a plataformas alojadas en la nube, como puede ser una pulsera que emite la ubicación en que nos encontramos, datos de salud personal como puede ser las pulsaciones, pasos diarios, etc...Para atender a todo ello debemos estar conectados a internet de forma *óptima*, en un coste lo más reducido posible y que la velocidad de flujo de datos juegue un papel fundamental.

También según *IDC Corporate USA*, menciona los siguientes puntos de la situación actual de las redes Wi-Fi públicas [7]:

- Más del 50% del flujo de tráfico de datos en los dispositivos móviles, se desarrollan mediante Wi-Fi.
- Los primeros móviles que se conectaron a internet llegaron hasta un 90% de uso en redes Wi-Fi.
- Wi-Fi en la actualidad puede ser gratis o pagado por los usuarios.
- Habitualmente lo utilizan por residentes, turistas, negocios, etc...
- El acceso a internet está creciendo considerablemente a medio y largo plazo, en el año 2013 representaba un 38% de los accesos mundiales, en el año 2019 se estima que sea un 55%.



**Ilustración 4:** New Services Supported by Wi-Fi Access Points

**Fuente:** The Role of Public Wi-Fi in Enabling Smart Cities (pág. 7). *IDC Corporate USA*. [7]

Según este estudio[7], en la imagen superior podemos ver los beneficios en ahorro de costes y eficiencia energética que puede representar que una ciudad esté conectada por Wi-Fi.

Uno sería la reducción de costes de entre un 25% y 50% en luz y energía al controlar mediante dispositivos interconectados a internet cuándo debe hacerse un uso más óptimo de la energía. También este estudio[7], comenta la posibilidad de reducir en más de un 50% los costes derivados a la recolección de basuras. Por último, reseñar algo clave que es la optimización de los recursos hidráulicos pudiendo ahorrar en un 40% por ciento de agua potable debido a las fugas y pérdidas en general que se producen y que estas no pueden ser reparadas de inmediato hasta que no exista una notificación manual y no estar controlado por sensores conectados a internet enviando información que sea de interés.



**Ilustración 5.** Logotipo oficial de la marca Wi-Fi

Para entender las características técnicas que contiene una red Wi-Fi y las evoluciones que se producen tenemos que entender los estándares *IEEE 802.11*.

*IEEE 802.11* define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura o modelo *OSI* (capa física y capa de enlace de datos), especifica las normas de funcionamiento de una red de área local inalámbrica (WLAN). La primera versión de la norma se fue publicada en el año 1997 por el Institute of Electrical and Electronics Engineers (*Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos en los EEUU*) o *IEEE* [9]

En este cuadro que vemos a continuación, se puede ver un resumen de los estándares más destacables y la evolución:

<b>Estándar IEEE</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Ancho de banda</b>	<b>Alcance</b>	<b>Año lanzamiento</b>
802.11	1~2 Mbit/s	2,4 Ghz	22 Mhz	300 metros	1997
802.11a	22~54 Mbit/s	5,4 Ghz	20 Mhz	390 metros	1999

802.11b	6~11 Mbit/s	2,4 Ghz	22 Mhz	460 metros	1999
802.11g	22~54 Mbit/s	2,4 Ghz	20 Mhz	460 metros	2003
802.11n	100~600 Mbit/s	2,4 y 5,4 Ghz	20/40 Mhz	820 metros	2009
802.11ac	1 Mbit/s ~ 6,93 Gbit/s	5,4 Ghz	80/160 Mhz	Alcance corto	2013
802.11ad	7,13~6 Gbit/s	60 Ghz	2 Mhz	300 metros	2012

**Tabla 1:** Resumen comparativo estándares IEEE 802.11 [9]

### 3.1.2.1 Proyectos Wi-Fi relevantes

A continuación, mostraré algunos de los ejemplos de implementación de redes públicas Wi-Fi en la provincia de Alicante.

Un ejemplo destacable es la implantación de la red Wi-Fi “*Eduroam*”[15] en varias universidades europeas, entre ellas la Universidad de Alicante. Según la descripción que presenta en su página web creada por el *Servicio de Informática de la UA* la define de esta forma...”*es un proyecto internacional en el que participa la Universidad de Alicante, que pretende crear un único espacio Wi-Fi que posibilite el acceso inalámbrico a Internet de forma sencilla cuando se lleve a cabo un desplazamiento a una institución asociada al proyecto*”[15].

Este proyecto actualmente está implantando con un tiempo considerable y con éxito de uso entre los estudiantes, personal docente, investigadores y empleados de la Universidad de Alicante. Contiene un uso muy extendido a pesar de la cobertura de la red 4G que está en la zona.

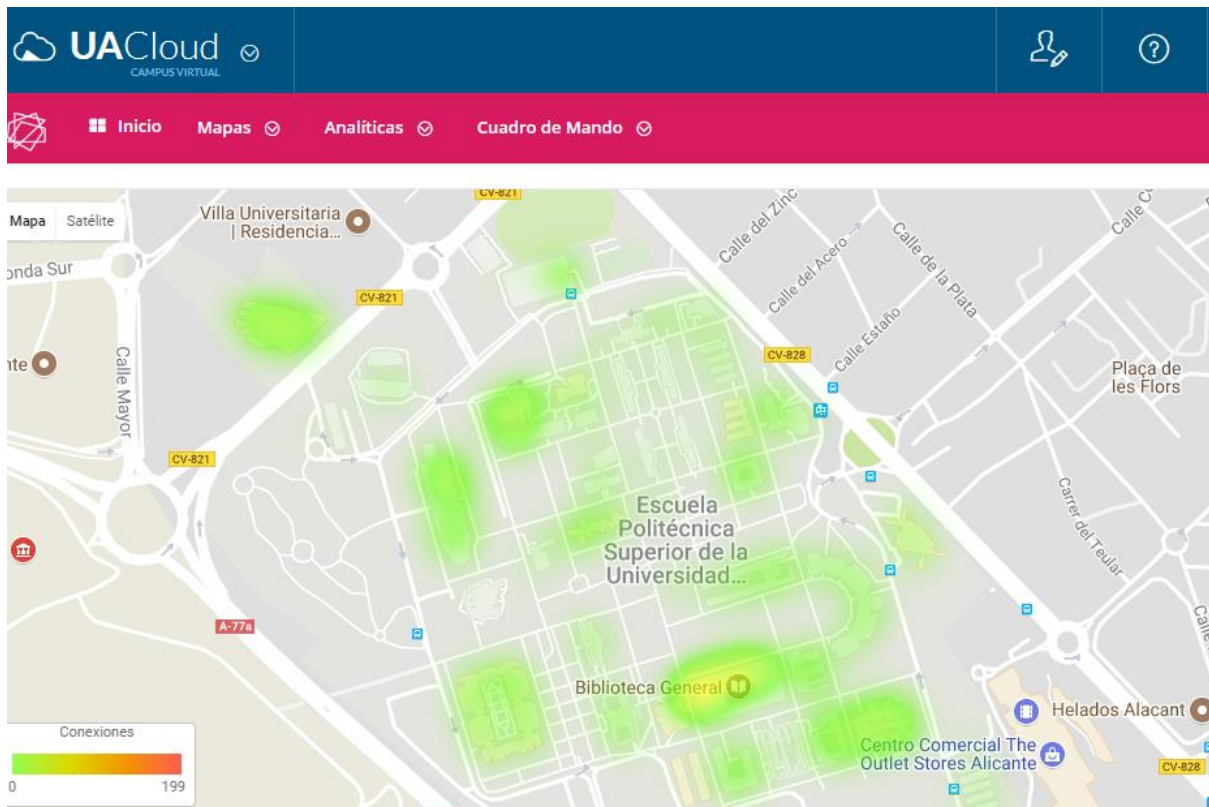
En cuanto las características técnicas que posee esta red sería las siguientes [15]:

- Tipo de autenticación soportado: PEAPv0+MSCHAPv2
- Emisor del certificado del servidor: inal.16.cpd.ua.es
- Seguridad-Encriptación: WPA2/AES
- SSID: eduroam



- Credenciales: usuario y contraseña de cualquier institución académica que forme parte de la red *eduroam*.

Un aspecto que destacar, sobre este tipo de características es el acceso a la red. Permitiendo no sólo a las personas que formen parte de la UA, si no, también aquellos usuarios que formen parte de una institución análoga, incrementando así el número de usuarios haciéndola más “*extensible*”. Este aspecto es interesante a la hora de tenerlo en cuenta para la posterior propuesta de implantación del proyecto.



**Ilustración 6:** Mapa google maps, conexiones a la red eduroam en la UA.

**Fuente:** *Smart University*. Campus virtual de la UA [web] <http://www.ua.es>. Accedido el 14/04/2018

En la imagen superior, proporcionada por el campus virtual de la UA, vemos en tiempo real el rango de número de conexiones reflejadas en el mapa de *Google Maps*. Se presenta un rango de 0 a 199 conexiones, de color verde a rojo, respectivamente.

De esta forma, logramos ver de una manera robusta y orientativa, la demanda principal de red Wi-Fi por la comunidad de estudiantes y personal académico en toda el área del campus. En otra manera, también se consigue visualizar la localización de orientativa de

personas dentro del campus, en este caso está reflejado de color amarillo con un mayor número de conexiones en la *Biblioteca General de la UA*.

También destacar el siguiente reporte de puntos Wi-Fi en la ciudad de Alicante:

- Compañía de telecomunicaciones *Vodafone Ono S.A.U.*: La empresa de telecomunicaciones empezó a implantar su red Wi-Fi por la ciudad de Alicante en el año 2012.

En la imagen inferior podemos ver los puntos en naranja Wi-Fi *FON* que están instalados actualmente en la ciudad de Alicante ofreciendo a los clientes conexión de alta velocidad.



**Ilustración 7:** Mapa google maps, puntos de acceso Wi-Fi Vodafone-Ono Alicante.

**Fuente:** *Mapa cobertura Wi-Fi Vodafone* [web] <https://redwifi.vodafone.es/#/mapa>. Accedido el 14/04/2018

- Otro proyecto de implantación de relevancia está ubicado en el Aeropuerto de Alicante-Elche [16].

### 3.1.3 WiMax

En cuanto a redes inalámbricas Wi-Fi de largo alcance tenemos la tecnología *WiMax*. Enfocada en proporcionar redes Wi-Fi de largo alcance y altas velocidades. En un principio fue ideado para ampliar zonas de cobertura rurales que carecían de redes móviles sólidas y ha dado un gran éxito.

Los costes de implantación son bajos y los de energía son moderados con tendencia a nuevos prototipos más eficientes.

En cuanto las características técnicas que posee esta tecnología son las siguientes [20]:

- Frecuencias de 2,5 a 5,8 Ghz.
- El estándar oficial de esta tecnología es el 802.16MAN.
- Un único organismo habilitado para certificar el cumplimiento de interoperabilidad y tecnología es *Wimax Forum*.
- Permite alcances entre 40 y 70 kilómetros.
- Velocidades de subida y bajada de hasta 124 Mbps.
- Alta inmunidad a interferencias.



**Ilustración 8:** Cómo trabaja WiMax en área rural y urbano  
**Fuente:** WiMax Forum

En esta imagen superior, refleja en modo resumen el funcionamiento de una red WiMax, por normal general suelen ser antenas que abarcan frecuencias entre 2,5 GHz y 5,8 GHz que suelen estar instaladas en las azoteas de edificios, póster de luz o comunicaciones, para poder abastecer amplias zonas urbanas o rurales.

Estas antenas WiMax están conectadas a un *ISP*, por cable o radiofrecuencia y de ahí recoge la señal de internet para distribuir a dispositivos móviles o routers Wi-fi.



**Ilustración 9:** Antena servicio WiMax

**Fuente:** [www.networkworld.es](http://www.networkworld.es)

### 3.1.4 Red móvil 4G

Este mundo interconectado hoy en día también es posible gracias a las redes 4G. Esta tipología de telefonía móvil basada en el protocolo IP es la cuarta generación sucesora del 3G y 2G. Contiene las siguientes características técnicas [8]:

- Velocidades de un alcance de entre 20 Mb/s y 100 Mb/s.
- Radio de alcance de entre 5 y 20Mhz.
- Banda de frecuencia de entre 2 y 8 GHz.

Si vemos un cuadro de diferencia con la reciente tipología 3G, podemos apreciar los avances de una tipología a otra y entender la tendencia futura.

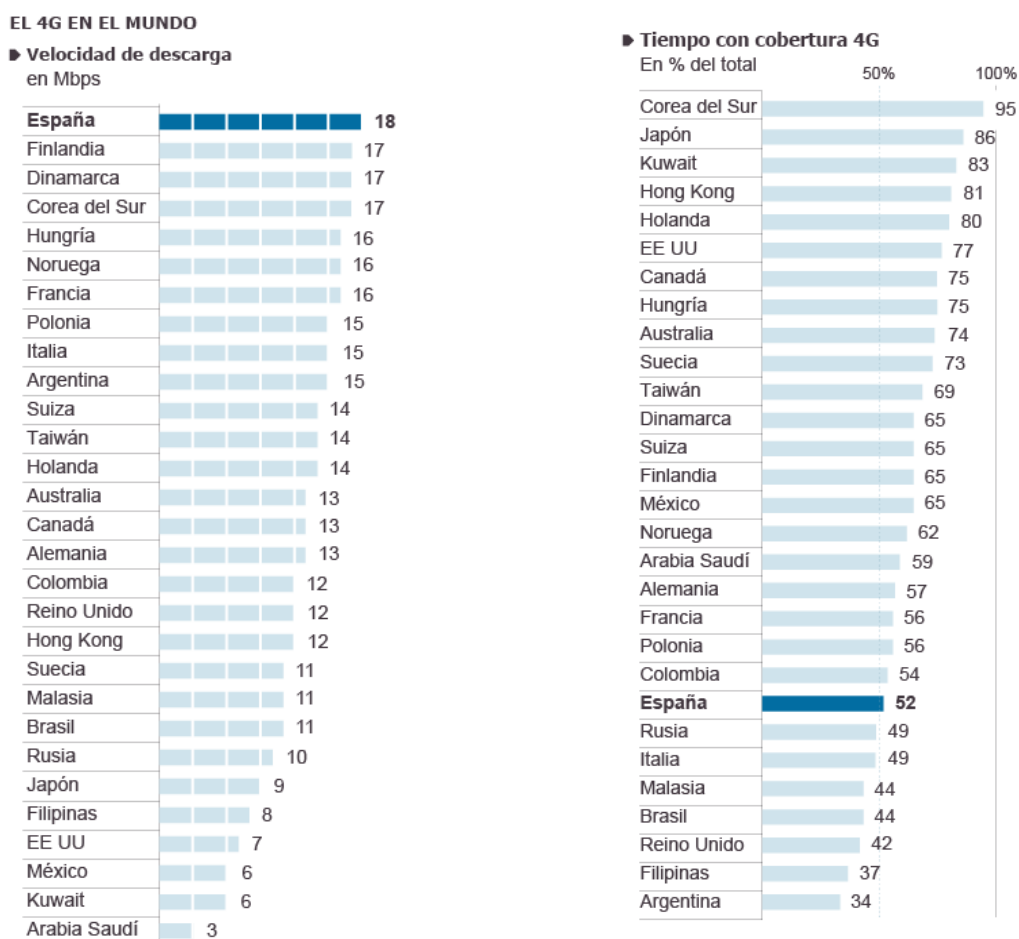
Red	3G	4G
<b>Uso predominante</b>	Principalmente voz, datos velocidades medias	Datos alta velocidad, VoIP
<b>Velocidad</b>	384 Kbps ~ 2 Mbps	20 Mbps ~100 Mbps
<b>Banda de frecuencia</b>	1,8 - 2,5 GHz	2 - 8 GHz

<b>Ancho de banda</b>	5-20 Mhz	5-20 Mhz
<b>Acceso a tecnologías</b>	CDMA de banda ancha	Multi-carrier - CDMA or OFDM(TDMA)
<b>Switching</b>	Circuito/Paquetes	Paquetes
<b>IP</b>	IPv5	IPv5, IPv6

**Tabla 2:** Principales diferencias red 3G y 4G [10]

Si vemos como punto principal a destacar es la diferencia acentuada de velocidad entre la red 3G y la de cuarta generación de uso habitual hoy en día. La primera permitía velocidades de hasta 2 Mbps y la cuarta de más de 20 Mbps.

Por otro lado, en España hay una media de velocidad de unos 18 Mbps con la red 4G, según fuentes del periódico *El País* [14] (Abril, 2015). Última noticia sobre el estado del 4G en la fecha de realización del estado del arte.

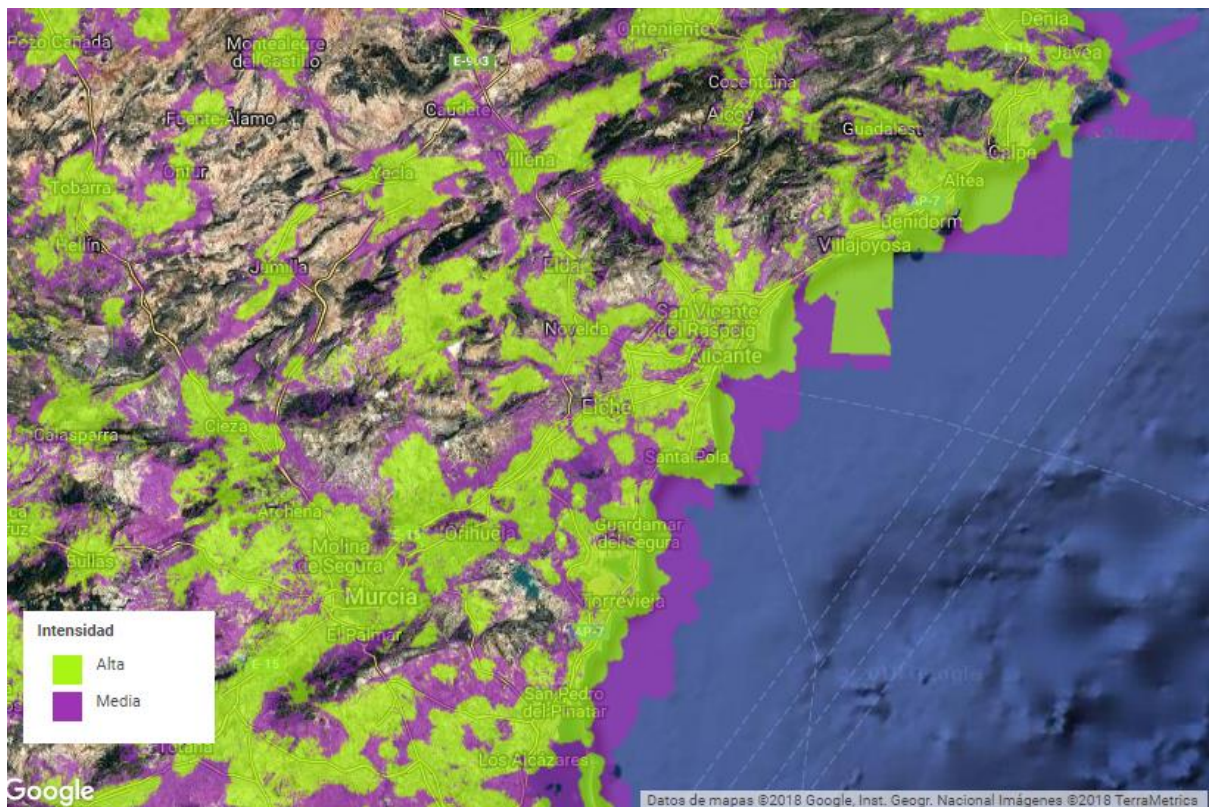


Fuente: Informe OpenSignal sobre el estado del 4G.

**Ilustración 10:** Velocidad del 4G y tiempo de descarga (cobertura), respectivamente.

**Fuente:** Informe OpenSignal sobre el estado del 4G. [14]

El uso de la red 4G en España actualmente muy extendido, siendo las principales compañías *Movistar*, *Vodafone*, *Orange* y *Yoigo* que dan cobertura con este tipo de red móvil.



**Ilustración 11:** Mapa de cobertura 4G Movistar de la provincia de Alicante

**Fuente:** <http://www.movistar.es/4g>. Accedido el 12/04/2018

Como vemos en esta imagen, la intensidad de la red 4G en la provincia de Alicante es bastante alta siendo, sobre todo en los núcleos urbanos. Siendo de intensidad media a unas 12-20 millas náuticas de la costa y en zonas de montaña, llegando a veces a una intensidad muy baja.

En comparación al punto 5.1.2.1 de este trabajo donde se han expuesto los grandes proyectos de red pública, la red móvil 4G ganaría en extensión y amplitud de territorio, por lo tanto, se puede deducir que también de número de usuarios.

### 3.1.5 Red móvil 5G

Este tipo de red está sin estandarizar y es por ello que las empresas de telecomunicación están desarrollando sus prototipos. Está previsto que su uso esté implantado a partir de 2020[13]

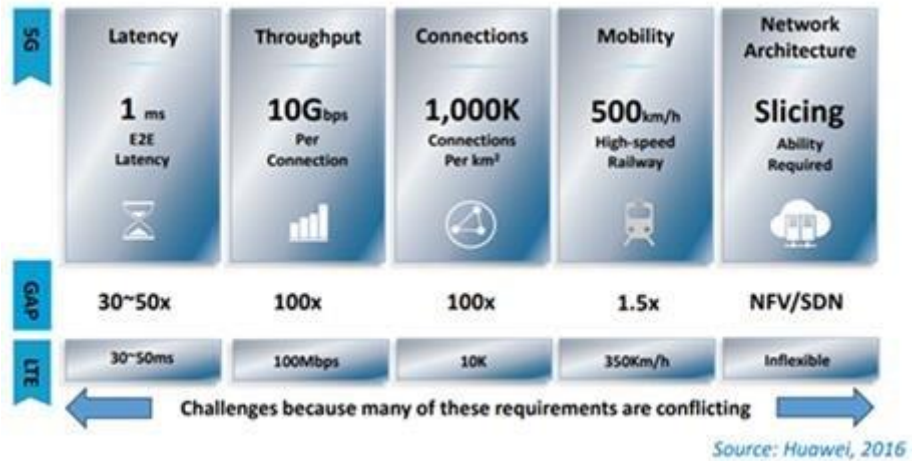
Actualmente está en proceso de estandarización y todavía es un prototipo, tampoco están definidas para este tipo de red las políticas de seguridad. Este tipo de red será el sustituto de la cuarta generación y presenta grandes cambios y avances que veremos a continuación.

Según el estudio realizado por la empresa tecnológica *Gemalto*[41]. La tecnología 5G está caracterizada por 8 especificaciones o puntos más beneficiosos respecto de la tecnología de cuarta generación:

1. *Una tasa de datos de hasta 10Gbps - > de 10 a 100 veces mejor que las redes 4G y 4.5G.*
2. *Latencia de 1 milisegundo.*
3. *Una banda ancha 1000 veces más rápida por unidad de área.*
4. *Hasta 100 dispositivos más conectados por unidad de área (en comparación con las redes 4G LTE).*
5. *Disponibilidad del 99.999%.*
6. *Cobertura del 100%.*
7. *Reducción del 90% en el consumo de energía de la red.*
8. *Hasta 10 diez años de duración de la batería en los dispositivos IoT (Internet de las Cosas) de baja potencia.*

En el primer punto de la lista anterior vemos que es una diferencia muy pronunciada respecto a las redes de cuarta generación y anteriores, siendo una velocidad de hasta 10 Gbps, permitiendo ser un gran punto a favor alineado al paradigma *IoT*. Otro aspecto que me gustaría destacar sería el del consumo energético, siendo una red móvil de bajo consumo permite una reducción de un 90% de consumo de energía de red respecto otras anteriores, esto sería muy importante dentro del marco de desarrollo sostenible, costes, y optimización de energía y recursos en una *Smart City*.

Por último, es interesante recalcar que puede ofrecer esta red un 100% de cobertura y una banda ancha 1000 veces más rápida por unidad aérea.



**Ilustración 12:** Principales cambios en la red móvil 5G  
**Fuente:** Huawei, 2016

En esta imagen superior proporcionada por *Huawei Technologies Co. Ltd.* (*multinacional de telecomunicaciones de origen chino*), tenemos otro ejemplo del gran cambio que aportará la red 5G, uno de ellos es la conexión de internet en medios de transporte de alta velocidad a velocidades de 500 km/h y la permisión de 1,000k conexiones por km<sup>2</sup>.

### 3.1.5.1 Proyectos relevantes

En la actualidad este tipo de red es un prototipo, todavía no existe un proyecto sólido puesto en marcha a nivel nacional e internacional. Como he comentado todavía está a falta de estandarización y los terminales cliente en la actualidad son incompatibles con este tipo de tecnología.

Según varias noticias encontradas, existe una expectativa de que este tipo de red esté en marcha a partir de 2020.

Con la información encontrada por *Telefónica S.A.*, en la actualidad tiene un proyecto de despliegue en las ciudades de Segovia y Talavera, según la información proporcionada en una noticia de prensa [39].

Según esta nota de prensa, dice lo siguiente[39]:

- Previsión de uso normal a partir de 2020.
- Proveedores tecnológicos hardware *Ericsson* y *Nokia*.
- Las ciudades de Segovia y Talavera servirán como laboratorio tecnológico. Con ello se permite avanzar en la estandarización y en el uso real de esta red y estar en la cabeza de Europa en tecnología y comunicaciones.



- Todavía no hay una normativa para este tipo de red y se tiene que suplir esta carencia.

En varias investigaciones realizadas dentro del estado del arte, todavía no existe una implantación sólida en una ciudad europea con este tipo de red 5G.

### 3.1.6 Opción más idónea

En este apartado se estudiará cuál es la opción más ventajosa de cara a uno de los objetivos de este trabajo fin de máster, que es elegir la red de Internet más ventajosa para las necesidades que se indican en los objetivos.

A continuación, expondré un cuadro comparativo sobre los tipos de redes, exponiendo las ventajas e inconvenientes más para este trabajo en base a la información de los puntos anteriores:

Tipo de red	4G	5G	Wi-Fi	WiMAX
<b>Velocidad media habitual</b>	10-21 Mbps	10 Gbps	15-54 Mbps	70 Mbps
<b>Alcance</b>	Medio	Alto	Bajo	Alto
<b>Uso predominante</b>	Atender demandas de datos de nivel medio  *Redes sociales *Navegación web *Streaming	Atender altas demandas de tráfico de datos  *Enfocado en <i>IoT</i> *Tráfico de datos las 24 horas en los dispositivos conectados *Mismo uso red 4G	Atender altas demandas de tráfico de datos  *P2P *Mismo uso red 4G	Atender altas demandas de tráfico de datos  *Adecuado para uso <i>IoT</i> *P2P *Mismo uso red 4G
<b>Consumo de energía de los AP (puntos de acceso)</b>	Alto consumo de energía	*Previsión de reducción drástica de consumo de energía	*Bajo consumo de energía	*Bajo consumo de energía
<b>Implantado</b>	2012	*Previsión en	2002	2011

		2020		
<b>Seguridad</b>	Sí	*Todavía en prototipo	Sí	Sí
<b>Estandarizado</b>	Sí	*Todavía en prototipo	Sí (IEEE 802.1x)	Sí (IEEE 802.16)
<b>Costes implantación</b>	Moderados	Altos	Moderados	Moderados
<b>Compatibilidad con dispositivos</b>	Sí	No (Todavía no hay dispositivos compatibles)	Sí	Sí
<b>Sostenible medio ambiente</b>	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>Inmune a las interferencias</b>	Medio	Bajo	Medio	Medio
<b>Nivel de cobertura</b>	Medio	Alto	Medio	Alto

**Tabla 3:** Cuadro resumen comparativo 4G, 5G, Wi-Fi y WiMax  
**Fuente:** Elaboración propia.

Analizando este cuadro comparativo sobre los distintos tipos de redes vemos que la mayor velocidad media habitual de subida y descarga sería la red 5G con 10 Gbps, después WiMax con velocidades medias de 70 Mbps.

La velocidad de la red 5G es idónea en su velocidad para una *Smart City* y más en el mundo de internet de las cosas, pero antes de escoger este tipo de red conviene analizar más puntos.

Sobre el alcance de cobertura ganaría 5G y WiMax. Sobre el uso de eficiencia energética también destacaría la red 5G, Wi-Fi y WiMax.

Pero, aunque como he comentado 5G es una red principalmente diseñada para una *Smart City*, hay aspectos a tener en cuenta que no serían los más idóneos para escogerlo en la propuesta de implantación de este trabajo. Algunos de ellos serían estos:

- **Implantación:** La red 5G todavía no se encuentra implantada, de momento es un prototipo y en etapa de pruebas. Sin embargo, la red 4G y WiMax (redes de largo alcance) si se encuentran implementadas y en correcto funcionamiento.

- **Seguridad:** En materia de seguridad informática la red 5G sería la única en pruebas y sin definir una política de seguridad a fecha de realización de este trabajo.
- **Estandarizado:** La red 5G tampoco cuenta todavía con un estándar, algunas empresas privadas los están desarrollando. Sin embargo, conocemos los estándares definidos en el cuadro superior para red Wi-Fi (*IEEE 802.11*) y la red WiMax (*IEEE 802.16*).
- **Costes:** Según diversos estudios, los costes de implantación de una red 5G serían elevados y sin un alcance determinado orientativo para establecer un presupuesto.
- **Compatibilidad con dispositivos:** Actualmente no hay dispositivos móviles compatibles con la red 5G excepto algunos prototipos en pruebas.
- **Sostenible medio ambiente:** Respecto a la sostenibilidad, todos los tipos de redes estarían dentro del marco eficiente de consumo energético, excepto la red 3G que no la he contemplado en este caso de estudio.
- **Inmune interferencias:** Una de las grandes ventajas sería la inmunidad a interferencias de la red 5G, destacando respecto a otras redes [1].
- **Nivel de cobertura:** El nivel de cobertura más destacable sería en la red 5G, quedando en segundo lugar el tipo de red WiMax con un alcance de un radio de entre 40 y 70 kilómetros.

Como vemos la red 5G, sería una red “*revolucionaria*” a fecha de hoy con un enfoque principal en atender las necesidades de una *Smart City* y en la gran demanda de datos que produce una red *IoT*. Pero hay puntos críticos que he mencionado que no la hacen viable para este trabajo de simulación de una red de internet en una *Smart City*.

Mirando todos los aspectos que ganan sobre los inconvenientes, sería una red Wi-Fi. Para este caso sería la opción más idónea.

En cuanto a la compatibilidad con los dispositivos móviles que se conecten no tendríamos ningún problema. En coste y eficiencia energética, serían unos costes moderados-bajos y asumibles para una propuesta de implantación de esta envergadura.

Con una red Wi-Fi podríamos establecer el control de la red a través de un nodo central situado en la nube y utilizando el paradigma cloud computing. Este nodo se encargará de gestionar el tráfico de red, número de conexiones y trasladar la información en tiempo real a otro nodo que nos permitirá gestionar la información necesaria para este trabajo enfocada en la gestión de patrullas policiales en un municipio. En los puntos posteriores relativos a la

propuesta de implantación, estableceré la distribución de la red Wi-Fi y el diseño de la infraestructura informática para abordar el objetivo principal.

Con una red Wi-Fi la propia administración pública del municipio podría ser la gestora de la red sin dependencias de proveedores de comunicaciones en cuanto a la cesión de derechos de privacidad y datos recolectados en sus redes 4G o 5G en el futuro.

### 3.2. Legislación

Uno de los aspectos más destacables de este trabajo en el estado del arte, es averiguar el encaje que puede tener la propuesta de implantación en la legislación vigente a nivel nacional y europeo.

En el apartado introductorio, mencioné que el objetivo en concreto de control de afluencia de masas está orientado en la mejora óptima de la seguridad ciudadana en una *Smart City*. En este caso no procederé a la averiguación geolocalizada de individuos concretos y de captación de información personal que se pueda dedicar para otros objetivos que pueda ser el de la publicidad.

No obstante, debemos comprobar la actual normativa en referencia al derecho informático y a la privacidad de los usuarios de una *Smart City* y seguir con rigurosidad estas normas.

La Constitución Española de 1978 en algunos de sus artículos recoge la mención en cuanto al tratamiento de información por sistemas automatizados. Debemos tener en cuenta que la constitución es norma jurídica de mayor relevancia en el sistema jurídico español. Algunos artículos de la Constitución Española relacionados directa o indirectamente con la informática serían estos:

- Artículo 18.3: “*Se garantiza el secreto de las comunicaciones y, en especial, de las postales, telegráficas y telefónicas, salvo resolución judicial.*”
- Artículo 18.4: “*La ley limitará el uso de la informática para garantizar el honor y la intimidad personal y familiar de los ciudadanos y el pleno ejercicio de sus derechos.*”
- Artículo 20: “*A comunicar o recibir libremente información veraz por cualquier medio de difusión. La ley regulará el derecho a la cláusula de conciencia y al secreto profesional en el ejercicio de estas libertades...*” “*...Sólo podrá acordarse el*

*secuestro de publicaciones, grabaciones y otros medios de información en virtud de resolución judicial'*

- Artículo 105: *"...El acceso de los ciudadanos a los archivos y registros administrativos, salvo en lo que afecte a la seguridad y defensa del Estado, la averiguación de los delitos y la intimidad de las personas."* [17]

Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. Esta ley es la principal en cuanto a la privacidad, uso y secreto de la información tratada por los sistemas de información. Cabe destacar estos aspectos de esta ley orgánica.

- Regulación de las agencias de protección de datos, para controlar, supervisar y sancionar las infracciones en materia de regulación de datos de carácter personal. En España el organismo encargado de velar por el cumplimiento de esta ley es la Agencia Española de Protección de Datos (AEPD), tiene sede en Madrid y su ámbito de aplicación se extiende a toda España.
- Establecer los derechos de acceso, rectificación y cancelación de los datos de carácter personal.
- Infracciones y sanciones en el incumplimiento de esta normativa.

El derecho subjetivo, es decir la facultad que poseen los jueces y magistrados para aplicar las normas jurídicas existentes. Sentencias de diferentes tribunales pueden formar parte en la jurisprudencia, aplicándose de igual manera o parecida ante hechos delictivos informáticos semejantes.






Un ejemplo, con relación directa en este trabajo sería la sentencia del Tribunal de Justicia de la UE en base a las directivas del derecho comunitario. En esta se dictamina que un administrador de redes de Wi-Fi público no es responsable de las infracciones y actos delictivos que cometa un usuario. Bien es cierto que éste debe proteger la red pero no sería responsable [19].

No debemos olvidar, que la comunidad europea se orienta en la realización de normas incluidas en tratados y derecho derivado, por el cual, trata de luchar con las amenazas y riesgos en las tecnologías de información. Aquí juega un papel muy importante las instituciones como la Comisión, Parlamento y tribunal de justicia europeo.

Otro factor a tener en cuenta, en relación con la mencionada ley orgánica de protección de datos 15/1999, es la información personal que el usuario puede dejar al administrador.

En este caso como vemos en la imagen inferior, la información más característica sería el nombre del dispositivo, la *IP* (la proporciona el administrador) y la *MAC*.

La dirección *MAC* al ser una dirección física y única en cada tarjeta de red para poder identificarnos, no se considera información de carácter personal que pueda entrar en conflicto en la citada *LOPD*.

	Nombre	MAC	IP	IPv6	desde	conexión
1	 android-dc208c32129	8C: [REDACTED]	192.168.1.101	FE80: [REDACTED]	WiFi	2018/04/15
2	 AM	EC: [REDACTED]	192.168.1.103	---	WiFi	2018/04/15
3	 android-bc23e27005d	50: [REDACTED]	192.168.1.104	---	WiFi	2018/04/15
4	 android-383db96418f	28: [REDACTED]	---	---	---	2017/05/13
5	 Chromecast	F4: [REDACTED]	---	---	---	2018/04/15

**Ilustración 13:** Imagen de registro de usuarios red Wi-Fi

**Fuente:** Router livebox Orange

Por último, debemos tener en cuenta que antes de que un usuario haga uso de la red Wi-Fi debe aceptar los términos de la política de uso, en la cual, aceptará los siguientes términos entre otros:

1. Hacer uso responsable y racional de la red, sin cometer infracciones y actos delictivos.
2. Acepta proporcionar la dirección física de su dispositivo con fines identificadores y de seguridad pública.

#### Nuevo reglamento comunitario de protección de datos

El día 25 de mayo de 2016 entró en vigor el nuevo reglamento de protección de datos. A pesar de ello, no se comienza a aplicar en los estados miembros de la unión europea el día 25 de mayo de 2018, hasta entonces sigue estando en vigor las actuales normativas nacionales en materia de protección de datos.

Como he comentado en los objetivos, un cometido principal de este trabajo es la recolección de ubicación del tráfico peatonal y con ello establecer patrones por el cual

podamos tomar decisiones. Pero debemos tener en cuenta que esta es una normativa que afecta directamente y sería conveniente realizar el siguiente repaso para analizar el encaje que puede tener ateniendo a la información que nos da la agencia de protección de datos española [43].



1. Unificar las normativas en materia de protección de datos de todos los estados miembros de la unión europea.
2. Establecer el “derecho al olvido”, derecho a borrar el rastro de los datos, por el cual, un día se permitió dar ese consentimiento de uso.
3. Establecer una regulación más exhaustiva del tratamiento de datos que realizan corporaciones externas de la UE como puede ser *Facebook*, *Google*. Controlar en territorio de la comunidad europea dicho tratamiento de datos. Permite monitorizar y controlar a las empresas que operan en la UE de la siguiente forma:
  - a. Asignar a un responsable o encargado de tratamiento de datos establecidos en la UE.
  - b. Los datos de contacto de ese representante en la Unión deberán proporcionarse a los interesados entre la información relativa a los tratamientos de sus datos personales [43].
4. Derecho a la portabilidad de los datos. Esto permite exportar los datos a un formato aceptable para que pueda ser tratado por otro responsable de tratamiento de datos.
5. En el reglamento se establece por norma general que la edad mínima para que un menor pueda consentir la cesión de sus datos personales es de 16 años. También permite que los estados miembros establezcan hasta en 13 años el límite inferior sin necesitar el consentimiento de los padres o tutores. En España está establecido en 14 años. El lenguaje del aviso de privacidad debe ser entendible para los menores.

6. Este nuevo reglamento supone un mayor control por parte de las empresas en la seguridad de los datos. Estableciendo mayor control cuando se produzcan fallos de seguridad que pueda producir fugas o capturas de datos indebidas.
7. El Reglamento pide que el consentimiento, con carácter general, sea libre, informado, específico e inequívoco [43].

### 3.3 Inteligencia de ubicación

A continuación, voy a describir dos puntos sobre la inteligencia de ubicación en una *Smart City*. La finalidad de este tipo de inteligencia no es recolectar información personal e invadir la privacidad del “*libre movimiento de las personas*”, si no, de obtener información y crear patrones de tendencias sobre las personas sobre qué gustos tienen, qué desean y qué les mueve a realizar ciertas acciones. Con esto se trata de lanzar mejores campañas de marketing u obtener estos patrones de ubicación para otros fines en el sector público.

#### 3.3.1 Wi-Fi Analytics

Este es uno de los puntos principales dentro de una *Smart City* y por el cual, es objeto de estudio en este trabajo fin de máster.

Hemos visto como a priori, uno de los cometidos principales de la *Smart City* es la creación de una red Wi-Fi pública que pueda dar soporte a los ciudadanos en el acceso a internet y dar respuesta los requerimientos que ofrece el paradigma de “internet de las cosas”.

Pero con Wi-Fi Analytics pretendemos llegar más lejos, este paradigma incluye no sólo proporcionar Wi-Fi público a las personas, sino, analizar tendencias e información de las personas que hacen uso sin llegar a invadir su privacidad.

Pongamos un ejemplo, de una tienda de ropa ubicada en una gran superficie y provee internet gratuito a los clientes. Con Wi-Fi Analytics intentamos averiguar las veces que el cliente ha entrado en la tienda en los periodos de tiempo que sea de nuestro interés. También obtenemos información del tiempo que ha permanecido, o de si está cerca ese cliente, pero no ha llegado a entrar porque puede estar en una tienda de visitas.

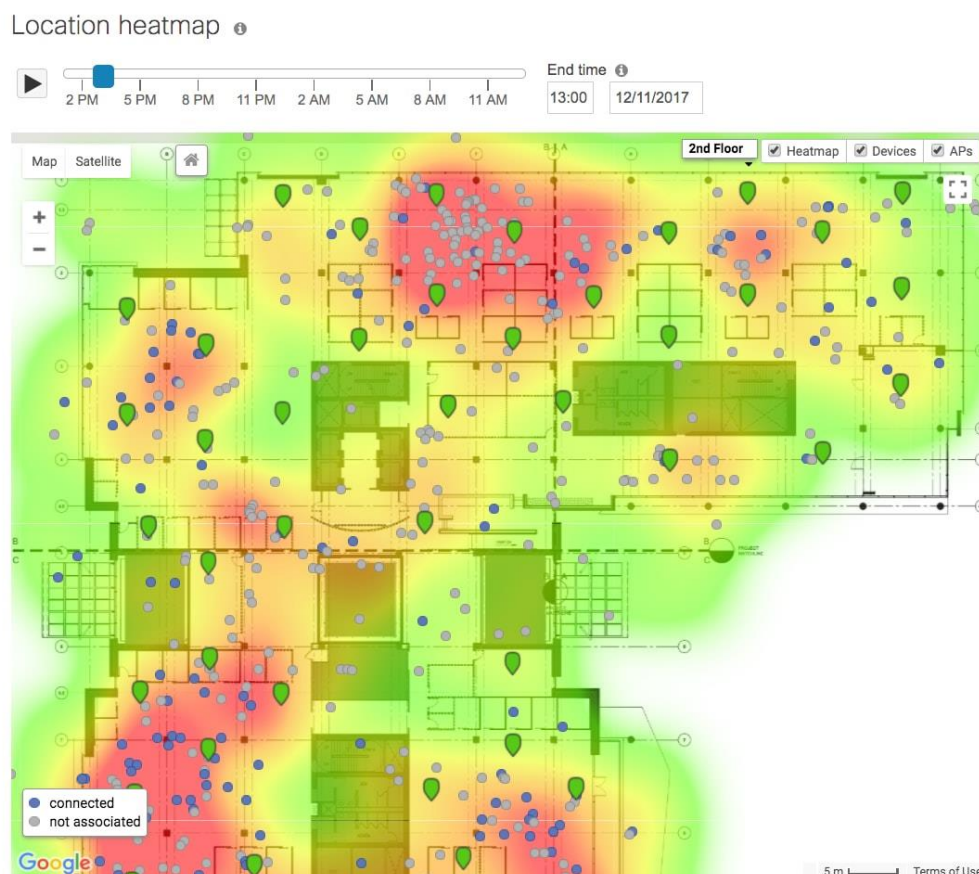
Un usuario puede llegar a conectarse a la red pública, simplemente autenticándose mediante una red social como *Facebook* y proporcionar sus datos básicos de la red si da el



consentimiento, estos datos pueden ser utilizados con fines comerciales y mejorar las campañas de marketing orientadas al cliente.

Con Wi-Fi Analytics no conseguimos solo, obtener un ratio de visitas detallado si no también conseguir mapas de calor o *heatmap* en los cuales podemos averiguar en qué zonas de la tienda el cliente ha establecido más contacto y en cuáles menos. Con esta información el sector *retail* puede orientar políticas de marketing y ubicación de productos en los sitios más idóneos.

Aplicado a este trabajo, a través de los puntos de acceso Wi-Fi, podríamos obtener patrones de movimiento de los usuarios conectados a la red y “deducir” en qué zonas la presencia policial debe aumentar a través de conductas repetitivas.

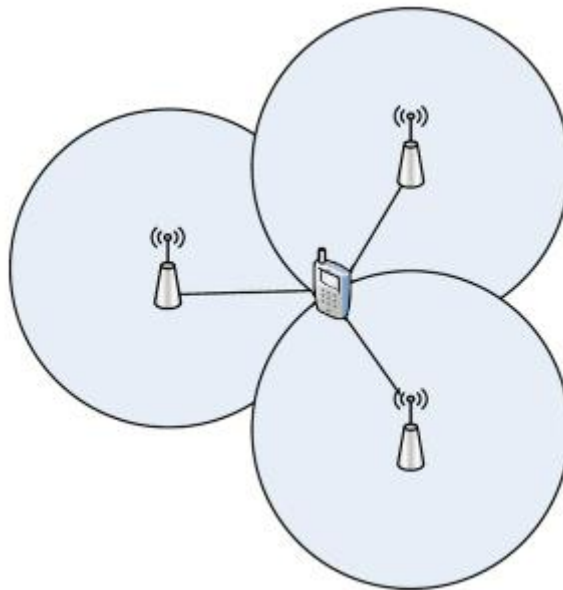


**Ilustración 14:** HeatMap tienda sector retail, inteligencia de localización.

**Fuente:** <https://willette.work> [35] . Accedido el 30/04/2018

Este mapa de calor se obtiene mediante localización triangular Wi-Fi de la siguiente manera:

- En este caso se utilizaría la intensidad de señal recibida por el dispositivo móvil en *dBm*.
- Se trata de obtener una distancia aproximada del dispositivo cliente mediante la intensidad de señal recibida en cada uno de los tres puntos de acceso cercanos.
- Para ello se utilizan algoritmos de triangulación [48]:
  - “La triangulación es el proceso de determinar la ubicación de un punto formando triángulos desde puntos conocidos” [46]
  - Un ejemplo de localización por triangulación sería la localización en la red móvil GSM, a partir de ahí se siguió utilizando en los sucesores 3G, 4G y en el futuro 5G.



**Ilustración 14:** Triangulación Wi-Fi de localización.

Como he comentado en el estado del arte, el control de afluencia de personas y la mejora de ubicación de patrullas policiales no debe atender sólo a patrones repetitivos de los movimientos de las personas, si no también, poder detectar concentraciones repentinas como puede ser una reunión de personas en la vía pública para consumir alcohol, zonas de ocio nocturno ilegal, etc....por el cual, esta puede ser una vía para prevenir actos delictivos en un municipio.

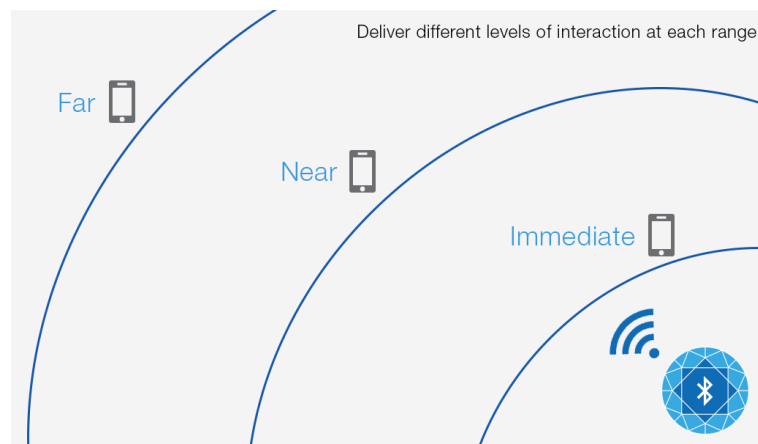
### 3.3.2 iBeacon

Este término está relacionado en algunas características con un Wi-Fi analítico en una *Smart City*. *iBeacon* es un sistema de dispositivos que se posiciona en un establecimiento, con ello detectamos una proximidad más exacta del cliente que con Wi-Fi Analytics.

Este sistema de posicionamiento normalmente suele estar compuesto por la tecnología *bluetooth* de baja potencia, por el cual, el usuario tiene una app instalada en su terminal móvil que sirve como enlace entre los dispositivos instalados en la tienda y el propio móvil.

En cuanto a las finalidades que se trata de alcanzar con este tipo de tecnología serían las siguientes:

- Proponer pago inmediato al cliente mediante una app móvil sin necesidad de pasar por caja.
- Obtener patrones de proximidad en los “*stand de productos*” de forma más precisa que conectado a una red Wi-Fi. También se puede guiar a un cliente en una tienda *retail* sobre los productos en oferta, gustos propios del propio cliente, u otro tipo de condiciones orientadas a un trato más cercano del cliente sin necesidad de asistencia de un asesor de ventas.
- Al recolectar este tipo de datos en una aplicación móvil y tecnologías como *bluetooth* o NFC, no existiría necesidad de que el cliente se conecte a una red Wi-Fi del propio establecimiento o de conexión a internet móvil. Otro tipo de datos pueden ser enviados cuando se recupere la conexión a internet.



**Ilustración 15:** Mapa de precisión de cercanía bluetooth iBeacon

**Fuente:** Electricnews [36]. Accedido el 30/04/2018

### 3.3.3 Ventajas y desventajas

Ambas tecnologías presentan ventajas y desventajas. Pero debemos tener en cuenta qué finalidad queremos obtener para determinar cuál es más adecuada para este trabajo fin de máster.

A continuación, expongo una tabla comparativa con los elementos clave a la hora de adoptar la tecnología más adecuada para este proyecto de un modelo de simulación.

	<b>Wi-Fi Analytics</b>	<b>iBeacon</b>
<b>Precisión de proximidad</b>	MEDIA	ALTA
<b>Instalación APP móvil</b>	NO	SÍ
<b>Conexión a internet</b>	SÍ	NO
<b>Conexión Bluetooth</b>	NO	SÍ
<b>Nivel de compatibilidad con dispositivos</b>	ALTO	MEDIO
<b>Fácil de mantener</b>	SÍ	NO

**Tabla 4:** Tabla comparativa inteligencia de ubicación

**Fuente:** Elaboración propia.

La deducción que puedo extraer de ambas tecnologías en el estado del arte, sería que ambas alineadas podríamos obtener altas tasas de información orientadas a un cliente del sector retail. Sin embargo, la tecnología *iBeacon* suele ser menos ágil para los dispositivos que hay en la actualidad, pero muy precioso para el cliente para guiarlo en la compra más adecuada y evitar colas en los pagos de los productos.

Para este proyecto modelo, la tecnología más adecuado sería Wi-Fi Analytics, no necesitamos saber la ubicación exacta de un usuario dentro de un recinto cerrado, si no, una ubicación estimada y con un nivel de precisión medio para detectar afluencia de personas en determinadas zonas de interés en un núcleo urbano.

## 4. Propuesta de implantación

### 4.1. Introducción

A continuación, mostraré algunos de los casos de red Wi-Fi público a nivel europeo y cómo podemos hacer uso de esta infraestructura ya implementada para atender a otro objetivo que sería la inteligencia de ubicación.

Posteriormente, escogeré una ciudad y de cómo se hará uso de la infraestructura ya implantada en caso de un supuesto de implementación.

### 4.2. Modelo de implantación

#### 4.2.1 Ciudades europeas con Wi-Fi

En este punto es importante recalcar la gran iniciativa que tiene la Unión Europea de dotar a las ciudades europeas de red Wi-Fi público.

Esta iniciativa aprobada por la comisión europea se llama WiFi4EU [44] y consiste en los siguientes objetivos:

- Conectar a toda la Unión Europea de red de internet.
- Proyecto para financiar equipamientos Wi-Fi para los municipios de los Estados miembros.
- Establecer puntos de acceso Wi-Fi en lugares públicos de relevancia como hospitales, parques públicos, calles turísticas de gran tránsito, bibliotecas, edificios públicos, etc...
- Despejar las barreras económicas para acceder a la red de internet de los ciudadanos de la Unión Europea y los turistas.
- Este tipo de redes deben ofrecer un mínimo de una velocidad de 30 Mbps.

Con estos objetivos, este proyecto europeo trata de dar respuesta a dos de los intereses de una *Smart City*, que serían la interconexión de dispositivos bajo el paradigma *IoT* y proporcionar una red de internet pública y gratuita.

Con este proyecto, me surge la oportunidad de aprovechar este proyecto proporcionado por la UE, para hacer uso de este proyecto en la inteligencia de ubicación, por lo que cumplimos otro objetivo de mejora de calidad de vida de una *Smart City*.

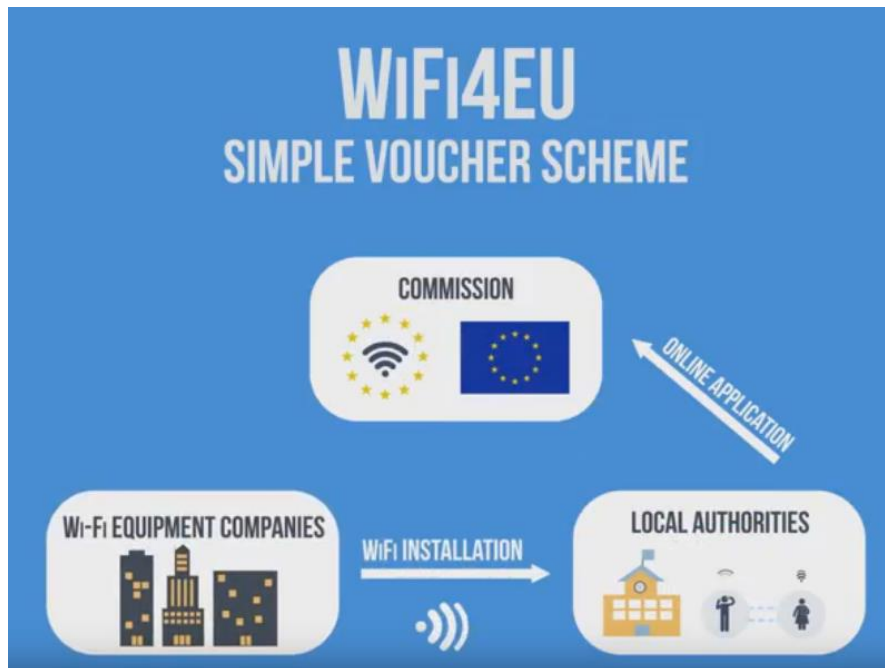
En el apartado de 3.2 de este trabajo, se ha explicado la nueva normativa propuesta para la UE para unificar la protección de datos a nivel comunitario y ante las grandes empresas como *Google* o *Facebook* que tratan con nuestros datos personales.

Es interesante también analizar qué privacidad de datos se sigue con WiFi4EU [44] y cómo se protegerían los datos personales.:

- La inscripción y la autenticación de los usuarios y, por lo tanto, cualquier posible recogida y tratamiento de datos personales, será responsabilidad de cada municipio y de sus proveedores de servicios Internet (ISP).
- Cada punto crítico WiFi4EU tendrá que respetar una declaración de privacidad y la legislación nacional y de la UE aplicables, en particular el Reglamento (CE) n.º 45/2001.
- Se podrá compartir algunos de estos datos, sobre la base del principio de «necesidad de conocer», con otras instituciones y órganos de la UE, y los Estados miembros (incluidas sus autoridades regionales o locales) o servicios responsables de los controles o inspecciones con arreglo al Derecho europeo (Tribunal de Cuentas Europeo, OLAF, Defensor del Pueblo, etc.) [44].

Acorde a esto, podemos responder en primera instancia a los juzgados nacionales para realizar cualquier reclamación sobre nuestros datos personales, y en instancias superiores a la jurisdicción europea.

En cuanto a los datos compartidos por instituciones europeas, directamente podemos recurrir a los juzgados y tribunales e instituciones de la UE para reclamar nuestros derechos.



**Ilustración 16:** Esquema de financiación local WiFi4EU  
**Fuente:** <https://www.wifi4eu.eu/> [44]. Accedido el 16/05/2018

En la imagen superior, vemos el tríptico de cómo las entidades locales de los municipios pueden solicitar la financiación para dotar la ciudad de red Wi-Fi pública.

Un caso de ciudad europea Wi-Fi, sería la ciudad de Helsinki (Finlandia). Helsinki cuenta con la red “*Helsinki Open City WLAN*” [45]. Gracias a esto tanto los residentes como turistas de la ciudad pueden usar una red de internet de alta velocidad que controlada directamente por la administración pública de la ciudad.

#### 4.2.2 Escenarios de usuario

A continuación, voy a explicar los principales usuarios que he detectado en cuanto a los peatones de una vía pública y qué posible asociación pueden tener en una red Wi-Fi pública.

Siempre dentro del encaje de la normativa de protección de datos y privacidad, según la relación que tenga el usuario con la red Wi-Fi más estrecha o menos, podemos utilizar estos datos para una finalidad u otra, siempre dependiendo del consentimiento por parte del usuario.

Los puntos clave de recolección de información del usuario serían sobre todo los siguientes aspectos:

- Edad
- Si es turista o residente
- Nacionalidad

Con esta información simple, podemos configurar diferentes mapas de calor según estos aspectos y tomar decisiones en cuanto a los servicios que queremos ofrecer a las personas.

### Caso 1 – Log-in con redes sociales



**Ilustración 17:** Log-in redes sociales, red pública Wi-Fi

**Fuente:** Elaboración propia

- **Ventajas:** Autenticación rápida, más fácil para el usuario y más atractivo para asociarse a la red pública Wi-Fi. Recolección de datos públicos del perfil de la red social que pueden permitir mejorar la elaboración de patrones de afluencia peatonal con información más concreta.
- **Información recogida:** El usuario nos otorga la cesión de datos del perfil de datos públicos que serían estos:
  - Nombre, foto de perfil y foto de portada.
  - Sexo del usuario.



- El nombre de usuario y el identificador de usuario.
- El intervalo de edad.
- El idioma y el país.

### Caso 2 – Registro sencillo



Ilustración de un formulario de registro sencillo en un teléfono móvil. El formulario está dividido en tres secciones principales:

- Sección 1: "¿Eres residente?" con un menú desplegable que muestra "Turista".
- Sección 2: "Edad:" con un campo de entrada que muestra "49" y botones de flecha para navegar.
- Sección 3: "Nacionalidad:" con un menú desplegable que muestra "Española".

Debajo de estas secciones, hay un enlace "Info privacidad" y un campo de entrada con un checkbox "Acepto los términos". Al final del formulario, hay un botón "ENTRAR".

**Ilustración 18:** Log-in registro sencillo

**Fuente:** Elaboración propia

- **Ventajas:** Autenticación rápida, solo tenemos que rellenar tres campos, en los cuales, averiguamos un perfil básico del usuario que va hacer uso de la red Wi-Fi pública.
- **Información recogida:** El usuario nos otorga la cesión de datos de alguno de sus datos personales, incorporando un enlace sobre la privacidad. Todo ello estaría ajustado a la normativa de protección de datos nacional y el nuevo reglamento de protección de datos de la UE. Esto nos proporciona el permiso de

almacenamiento de esos datos marcando el checkbox de aceptación de términos por parte del usuario.

- Con la información que se recolecta de si el usuario es residente o turista, edad y nacionalidad, podemos determinar patrones de afluencia peatonal por rango de edad, turismo y nacionalidad.
- Por otro lado, también almacenaríamos la dirección MAC para identificar

### Caso 3 – El usuario no se conecta a la red Wi-Fi, pero tiene el buscador de redes Wi-Fi activado

- Almacenaríamos que un usuario anónimo a una hora determinada y una ubicación aproximada se encuentra en un determinado lugar.
  - Con esta información simple, podemos obtener mapas de calor de afluencia peatonal por ubicación y tiempo.

#### 4.2.3 Hardware

En este punto, se abordará los dispositivos físicos en tendencia, necesarios para desplegar la red Wi-Fi en una ciudad europea, dentro del encaje del proyecto comunitario explicado en puntos anteriores WIFI4EU [44].

##### 4.2.3.1 Opciones de mercado

Actualmente tenemos diversas opciones de mercado por marcas conocidas como *Motorola*, *Nokia*, *Cisco*, *Ericsson* y la empresa española *Albentia Systems SA*.

En un principio, para la realización de esta simulación he investigado sobre esta última, que suele tener casos de éxito en despliegues de redes Wi-Fi exteriores a nivel nacional.

Sobre los productos que sirven como objeto de estudio que ofrece *Albentia Systems SA* [23] que son tendentes en la actualidad y en uso en algunos proyectos similares a estos a nivel nacional serían los siguientes:

Estación base (AP) de 140Mbps (AXS-BS-400)



**Ilustración 19:** Estación base (AP) de 140Mbps (AXS-BS-400)

**Fuente:** <http://www.albertia.com> [22]. Accedido el 29/04/2018

Modelo: AXS-BS-450-N [22]

En cuanto a las características técnicas según la hoja de producto proporcionada por *Albertia Systems SA* serían las siguientes:

Parámetros de radio

Banda de trabajo	4900-5875MHz
Salto de canal	1MHz
Capacidad neta agregada	140 Mbps
Ancho de canal	10 / 7 / 5 / 3.5 / 1.75 MHz
Canales de radio independientes	4
Eficiencia espectral neta	3,5Gbps/Hz

**Tabla 5:** Parámetros de radio AXS-BS-450-N

**Fuente:** <http://www.albertia.com> [22]. Accedido el 29/04/2018

## Networking y seguridad

Funcionalidad de red capa 2	Bridging (IEEE 802.1)
VLAN	802.1q, 802.1p, soporte q-in-q, ilimitadas VLANs
Funcionalidad de red capa 3	Routing dinámico/estático, NAT, DHCP servidor/cliente
Cifrado	AES128/256
Latencia	5ms
Certificados X.509	Sí, autenticación CPEs
Interfaz de datos	Gigabit Ethernet
Tamaño máx. paquete	2048 bytes

**Tabla 6:** Parámetros de networking y seguridad AXS-BS-450-N

**Fuente:** <http://www.albentia.com> [22]. Accedido el 29/04/2018

Según estos datos, serían necesarios un punto de acceso por cada una de las zonas podrían abarcar velocidades de hasta 140 Mbps en los puntos más cercanos, pero solo esto no sería necesario para conectar los dispositivos cliente. Serían necesarios punto de terminales de usuario denominados *CPEs*, “equipos locales de cliente” para poder conectar los dispositivos móviles a la red inalámbrica. Por ello en el mismo proveedor que he visto el anterior producto también he visto el siguiente que voy a describir ajustándose a la necesidad de este proyecto de simulación.

### CPE EN BANDA 5GHz

Modelo: AXS-CPE100



**Ilustración 24:** CPEs en bandas 5GHz y 3.5GHz (AXS-CPE100)

**Fuente:** <http://www.albentia.com> [22]. Accedido el 29/04/2018

Según la hoja de producto proporcionada por *Albentia* puede atender a estas necesidades de red inalámbrica [24]:

- Mantiene compatibilidad con el estándar físico IEEE 802.16-2012.
- Idóneo para telefonía VoIP, extensión de redes de fibra óptica, IPTV.

En cuanto las características técnicas serían las siguientes [24]:

#### Parámetros de radio

Banda de trabajo	4900-5875MHz
Salto de canal	1MHz
Capacidad neta agregada	35Mbps
Ancho de canal	10 / 7 / 5 / 3.5 / 1.75 MHz
Eficiencia espectral neta	3.5bps/Hz
Sensibilidad BPSK	-92dBm @ 10MHz -99dBm @ 1.75MHz
Sensibilidad 64QAM	-74dBm @ 10MHz -82dBm @ 1.75MHz

**Tabla 7:** Parámetros de radio AXS-CPE100

**Fuente:** <http://www.albentia.com> [24]. Accedido el 29/04/2018

#### Networking y seguridad

Funcionalidad de red capa 2	Bridging (IEEE 802.1), cliente PPPoE
VLAN	802.1q, 802.1p, soporte q-in-q, ilimitadas VLANs
Funcionalidad de red capa 3	Routing dinámico/estático, NAT, DHCP servidor/cliente
Cifrado	AES128/256
Latencia	5ms
Certificados X.509	Sí
Interfaz de datos	Ethernet 10/100 Base T
Tamaño máx. paquete	2048 bytes

**Tabla 8:** Parámetros de networking y seguridad AXS-CPE100

**Fuente:** <http://www.albentia.com> [24]. Accedido el 29/04/2018

Es interesante destacar que las estaciones base del modelo AXS-BS-450-N pueden soportar una infinidad de CPEs, estando sin embargo limitado en una versión inferior que ofrece *Albentia* a 50 CPEs. Esta información es importante para tenerlo en cuenta en proyectos posteriores que puedan venir en aumento de *CPEs* para atender a una mayor red de usuarios y cobertura.

Producto hardware <i>Albentia</i>	Cantidad
Estación base AP - AXS-BS-450-N	4
CPE - AXS-CPE100	40

**Tabla 9:** Dispositivos hardware necesarios primera fase  
**Fuente:** <http://www.albentia.com> [24]. Accedido el 29/04/2018

En cuanto a otro producto hardware idóneo para este proyecto de simulación aplicado a la ciudad de Palma de Mallorca [50], estaría el conocido proveedor *Cisco Systems*, de fabricación y mantenimiento de dispositivos de telecomunicaciones.

En concreto de todo el elenco de productos que ofrecen uno de los productos más convenientes para esta propuesta sería *Cisco Meraki MR84*[25].



**Ilustración 21:** Dispositivo Meraki MR84 instalado en vía pública  
**Fuente:** <https://www.one2call.net/broadband/wifi-survey-and-installation/>. Accedido el 29/04/2018

Sobre los puntos principales que posee este producto según su hoja de producto [25]:

- Punto de acceso diseñado para entornos exteriores y en condiciones no favorables de meteorología, entornos rurales o urbanos muy poblados.
- Ofrece gestión del dispositivo a través de la nube.

- Monitorización continua del dispositivo 24x7 mediante *Meraki Enterprise Cloud Controller*.
- Alertas y configuración
- Acceso final para terminales de usuario mediante inicios de sesión con *Facebook*, acceso seguro de invitados con un click.

Las características técnicas serían las siguientes [25]:

Acceso cliente de radio	2.4 GHz 802.11b/g/n 5 GHz 802.11a/n/ac
Análisis de espectro y radio de localización de radio	2,4 GHz y 5 GHz de banda dual WIDS / WIPS
Bluetooth Low Energy	2.4 GHz
Bandas de frecuencia admitidas	2,412-2,484 GHz 5.150-5.250 GHz (UNII-1) 5.250-5.350 GHz (UNII-2) 5.470-5.600, 5.660-5.725 GHz (UNII-2e) 5.725 -5.825 GHz (UNII-3)

**Tabla 10:** Parámetros de radio *Cisco Meraki MR84*  
Fuente: <http://www.cisco.com> [25]. Accedido el 29/04/2018

#### Networking y seguridad

Firewall Layer 7 integrado con administración de políticas de dispositivos móviles
WEP, WPA, WPA2-PSK, WPA2-Enterprise con 802.1X
Acceso flexible para invitados con aislamiento de dispositivo
Etiquetado de VLAN (802.1q) y tunelización con IPsec VPN
EAP-TLS, EAP-TTLS, EAP-MSCHAPv2, EAP-SIM
Encriptación TKIP y AES
Integración Cisco ISE para el acceso de invitados y posturas de BYOD

**Tabla 11:** Parámetros de networking y seguridad *Cisco Meraki MR84*  
Fuente: <http://www.cisco.com> [25]. Accedido el 29/04/2018

#### 4.2.3.1 Opción seleccionada

Sobre la opción más idónea, he optado por el producto *Cisco Meraki MR84* por las siguientes razones:

1. Contiene una solución en la nube para ser gestionado cada uno de los puntos de acceso bajo el paradigma *cloud computing*. La gestión en la nube de *Cisco MR82* permite crear redes VLAN inalámbricas según necesidades del despliegue de exteriores en este caso por la relación de SSID por zonas para este proyecto de simulación. En cuanto a los puntos importantes que contiene el centro de control en la nube serían los siguientes:
  - a. Visibilidad y control integral de la red monitorizado 24x7
  - b. Actualizaciones de firmware remotos
  - c. Informes exhaustivos sobre el mantenimiento de la red y su estado en el tiempo.
2. Permite autenticación de usuarios mediante redes sociales en este caso por *Facebook* algo más a favor respecto a la solución aportada por *Albentia Systems S.A.*
3. *Location Analytics*: Este es uno de los puntos más importantes de los cuales me ha hecho decantarme por esta opción y es objeto de estudio en este trabajo modelo. Como he comentado este producto se gestiona en la nube a través de la propia plataforma que provee *Cisco* en su centro de datos (CPD). Este módulo incluido en la solución que provee en la nube se encarga de realizar un análisis del tráfico de usuarios conectados, transeúntes y personas que permanecen durante un tiempo determinado cerca del punto de acceso. Esta información es muy importante a la hora de llevar a cabo este modelo. Con este módulo trata de satisfacer los siguientes objetivos.
  - a. Medir la tasa de captura del visitante, la duración de la visita y la tasa de visitas repetidas.
  - b. Medir las tendencias de los visitantes a lo largo del tiempo y comparar el rendimiento en todas las ubicaciones.
4. Control de tráfico de datos: Con este módulo se trata de gestionar el tráfico de datos según el tipo de datos sin necesidad de gestionarlo a través de otros dispositivos router o de centralizadores de redes.

Con este resumen de datos es suficiente para abordar el modelo de implantación con este tipo de dispositivo.

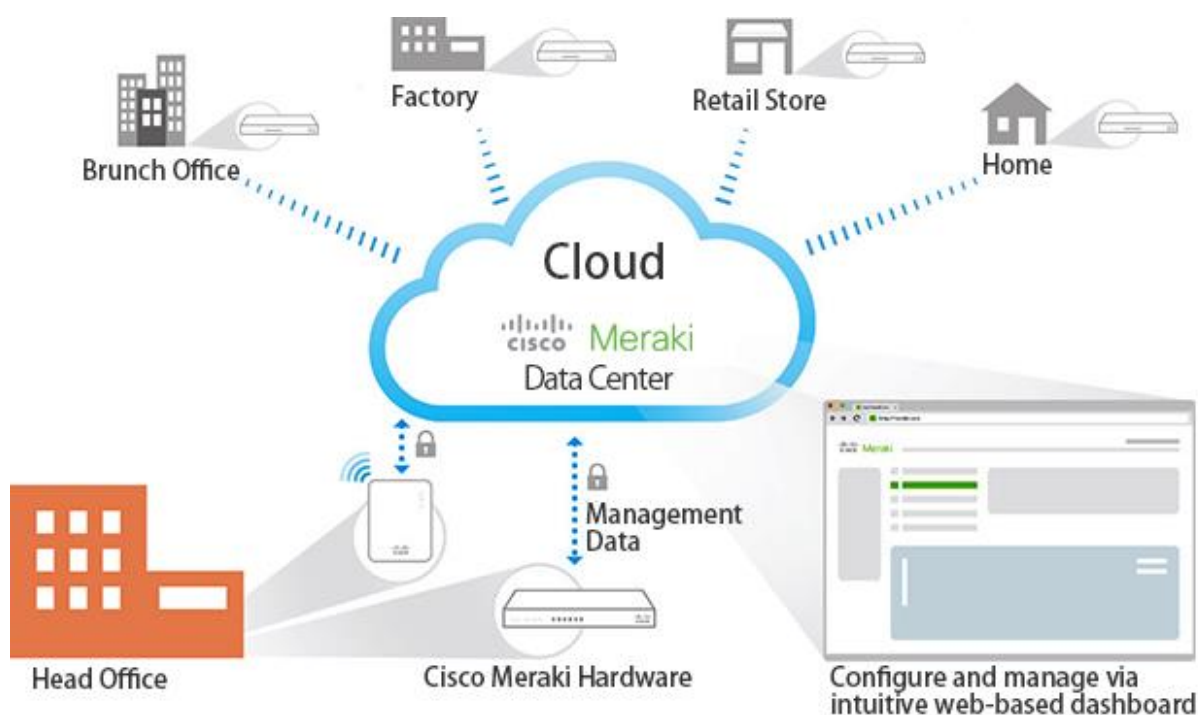


### 5.2.3.1 Diseño físico final

Acorde al producto hardware seleccionado en el punto anterior que ya está implantado en la ciudad de Palma de Mallorca [50], hay que tener en cuenta que características técnicas tiene para poder realizar el diseño físico final.

Si queremos un control de afluencia de personas más exhaustivo estos puntos de acceso tienen que estar incrementados para aumentar el rango de cobertura.

A diferencia de la propuesta de *Albentia Systems S.A.*, no haría falta montar un diseño con un punto de acceso principal que de acceso a todos los puntos de acceso. Según la filosofía de *Cisco Meraki*, quedaría así:



**Ilustración 22:** Arquitectura Cisco Meraki

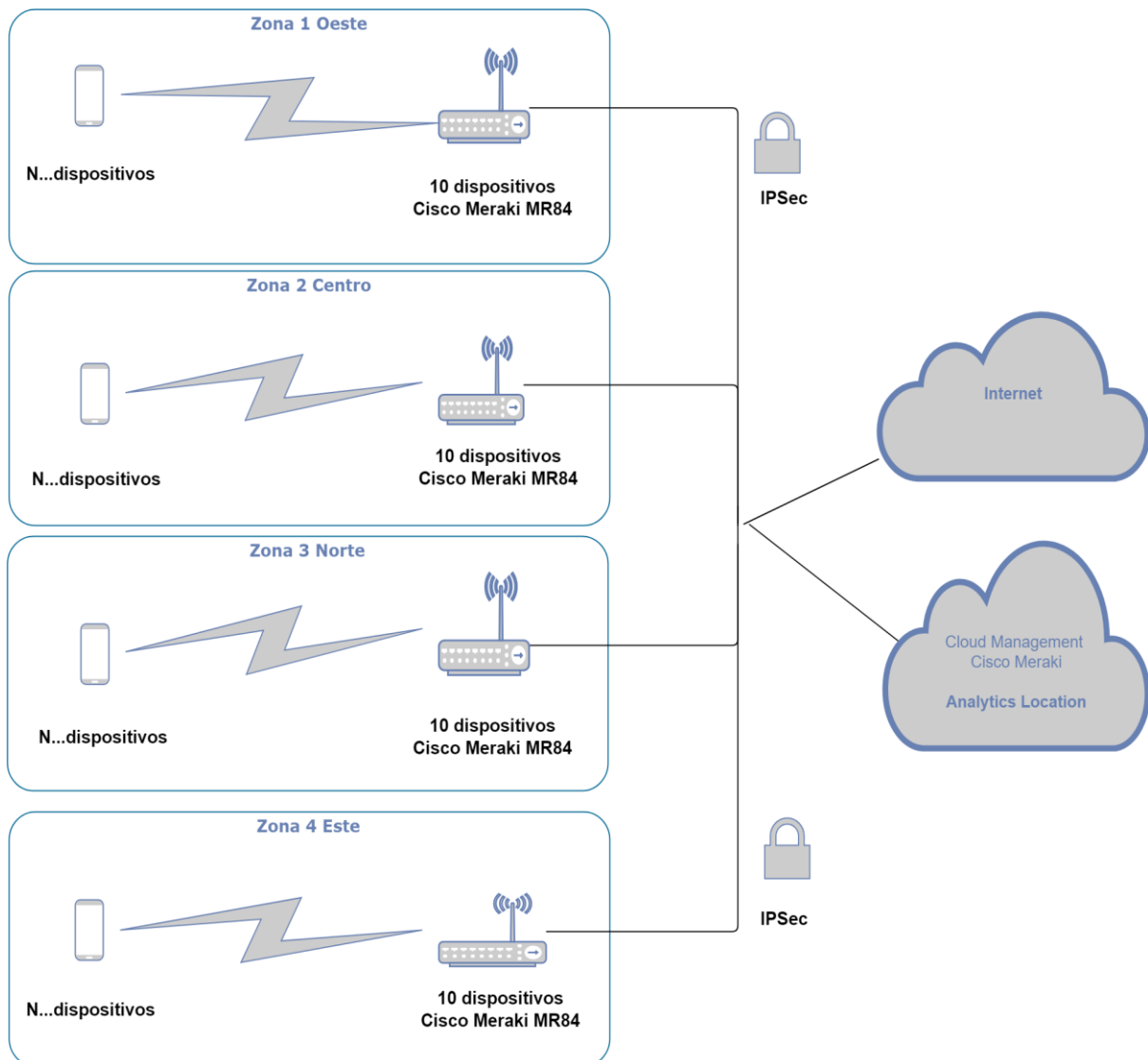
**Fuente:** <http://www.victorockkenya.com> [26]. Accedido el 29/04/2018

Cada uno de los dispositivos de la red que queremos montar estaría conectados a una plataforma en la nube que provee *Cisco* para poder gestionarlo.

En la imagen inferior, he representado el esquema hardware necesario para dar paso al modelo de implementación de la primera fase. Uno de los puntos a destacar sería la conexión al centro de gestión localizado en la nube de Cloud Management *Cisco Meraki*

mediante la tecnología *IPSec*, mediante un conjunto de protocolos permite cifrar los paquetes IP hasta su destino final, sin necesidad de necesitar uso de Firewall que haga de componente intermediario para proteger y cifrar las conexiones.

Cada uno de los dispositivos *Cisco Meraki MR84* debe de estar conectado mediante una toma ethernet con un cable de categoría 6 que permite velocidades de hasta 10Gbps.



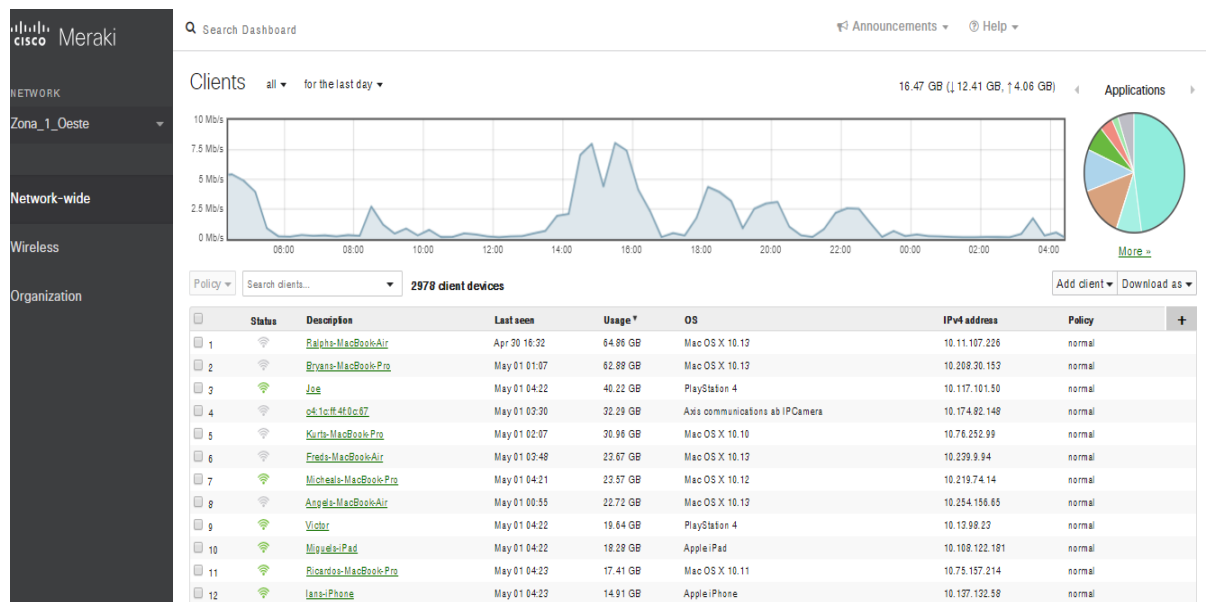
**Ilustración 23:** Mapa de elementos hardware Cisco Meraki

**Fuente:** Elaboración propia

## 5. Solución en la nube

En este punto veremos, la importancia de apostar por tecnologías *cloud computing* en vez de infraestructuras informáticas donde una corporación tenga que mantenerla por sus propios medios.

### 5.1. Plataforma cloud computing



**Ilustración 24:** Distribución simulada de puntos de acceso  
**Fuente:** Panel de control Cisco Meraki Cloud Management

Una plataforma *Cloud Computing* es el medio tecnológico más idóneo en la actualidad para mantener una infraestructura informática. Como podemos apreciar en la imagen superior gracias a una red centralizada en la nube que provee Cisco podemos conectar y controlar todos los puntos de acceso sin necesidad de conectarse físicamente a cada uno de ellos y poder monitorizar y alertar cualquier incidencia que se produzca en el sistema pudiendo dar una continuidad de negocio sólida tolerante ante fallos.

En el apartado inferior comentaré las ventajas de contratar una solución como ésta, que ha sido objeto de estudio en el apartado de hardware y cómo la tendencia de situar las infraestructuras en la nube posee más ventajas que inconvenientes.

### 5.1.1 Ventajas

Hoy en día, las ventajas de poseer servicios *Cloud Computing* son mayores que tener una infraestructura privada.

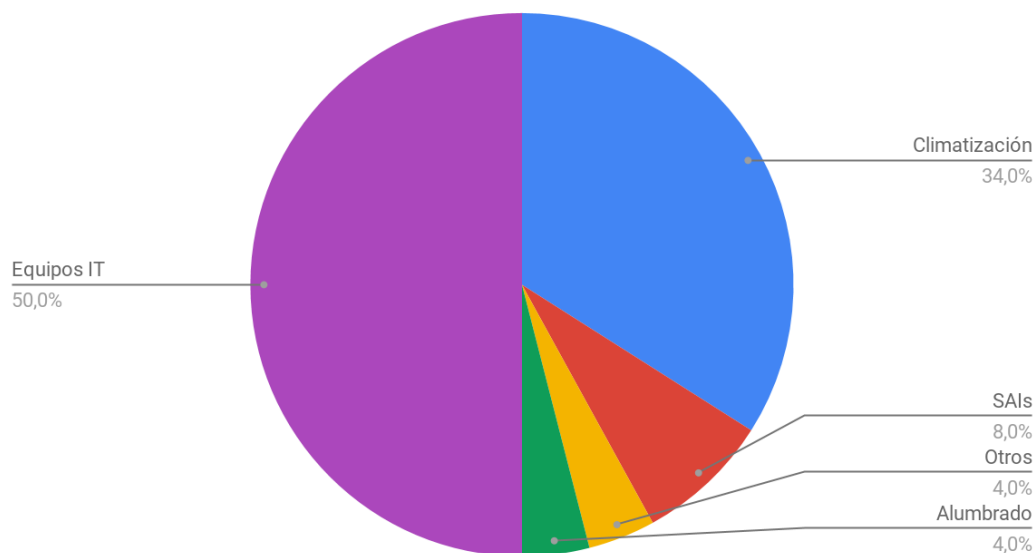
En una infraestructura informática privada necesitaríamos los siguientes recursos tanto humanos como profesionales:

- Personal IT del área de sistemas
  - Monitorización de sistemas 24x7
  - Instalación y mantenimiento
- Personal IT del área de seguridad informática
- Servidores físicos
- Licencia de sistemas operativos y otros productos software
- Ubicación física para alojar la infraestructura informática

Todo ello produce las siguientes desventajas:

- Falta de flexibilidad ante cambios de demanda software. A pesar de poder virtualizar los servidores dentro de nuestra infraestructura informática privada tenemos que
- Falta de flexibilidad ante cambios geográficos de la infraestructura informática. Dificultad en la distribución de los servidores físicos atendiendo a la legislación según el continente. Ejemplo: Reglamento de protección de datos de la Comunidad Europea, protección de datos en USA, etc...
- Altos costes de personal para mantener una infraestructura privada e incluso falta de especialización en el algún ámbito.
- Mayor riesgo de indisponibilidad de los sistemas y, por tanto, mayor riesgo de interrupciones en la continuidad del negocio.
- Atender a los costes elevados de consumo energético en una infraestructura privada. Un ejemplo de desglose de los consumos viene resumido en el gráfico que podemos ver a continuación.

## Consumo habitual de un CPD



**Ilustración 25:** Consumo energético habitual de un CPD

**Fuente:** <http://circutor.es/es> [37]. Accedido el 01/05/2018

En la imagen superior, se puede ver el desglose de consumo energético una infraestructura privada como puede ser un *CPD* (Centro de procesamiento de datos) propio.

Con las desventajas descritas anteriormente, voy a enumerar las ventajas de haber optado por una solución en la nube que está enlazada con los dispositivos físicos, todo mediante el proveedor *Cisco*:

- Ahorro de costes energéticos.
- Ahorro de licencias software y de sistemas operativos.
- Ahorro de personal IT especializado. Al dedicarse exclusivamente el personal de proveedor de la nube, tenemos mayor calidad en la atención de productividad sobre nuestros recursos informáticos. Al ser contratados por servicio, el coste es menor que la contratación de personal propio para mantener la infraestructura.
- Alta disponibilidad y tolerante a fallos, infraestructuras altamente cualificadas compartidas para otros clientes. Imposibilidad de poder tener la infraestructura informática de un proveedor informático para dar cobertura a nuestras aplicaciones.
- Flexibilidad de aumento de recursos hardware según la demanda software si viene incrementada. Tan solo tenemos que cambiar nuestra contratación de productos,

reduciendo los tiempos de implantación y despliegue cuando deseamos escalar un sistema de información.

Si optamos por la contratación de un *datacenter* situado en la nube, en la tabla inferior vemos los beneficios difíciles de superar que en una infraestructura privada.

<b>Categoría</b>	TIER I	TIER II	TIER III	TIER IV
<b>Disponibilidad</b>	99,67%	99,75%	99,982%	99,995%
<b>Redundancia</b>	Sin redundancia	Redundancia parcial	Redundancia N+1	Redundancia 2N+1
<b>Horas de interrupción al año</b>	28,8 horas al año	22 horas al año	1,6 horas al año	0,8 horas al año

**Tabla 12:** Categorías datacenter  
**Fuente:** Uptime Institute

## 5.2. Monitoring y Reporting

### 5.2.1 *Location Analytics*

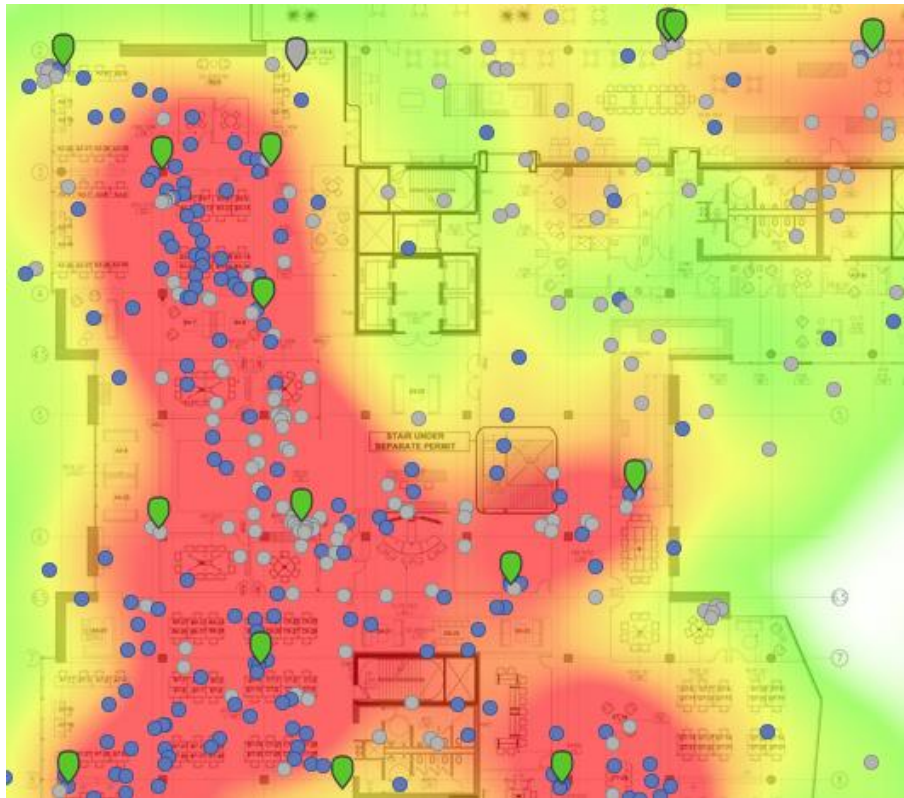
Uno de los objetivos principales de este trabajo es la recolección de datos en tiempo real del posicionamiento de los usuarios conectados. Posteriormente, con estos datos se almacenarán para obtener reportes y de ahí extraer patrones repetitivos.

La filosofía *Location Analytics* es comprender y estudiar el tráfico peatonal y siempre sin invadir la privacidad de las personas.

Principalmente, este concepto está diseñado en una *Smart City* para fines comerciales, detectar en una tienda o grandes establecimientos el tráfico de visitas que tenemos y si estamos obteniendo resultados gracias a las campañas de marketing realizadas por la compañía.

Los dispositivos *Cisco Meraki* [38], proporcionan una característica bastante particular y de interés para comentar en este trabajo fin de máster. Sería la emisión de sondas Wi-Fi para detectar los terminales móviles que tenemos a nuestro alrededor.

Gracias a esto no necesitamos que un terminal móvil esté asociado a nuestra red Wi-Fi, basta simplemente con que su móvil esté emitiendo sondas de búsqueda de redes Wi-Fi. Con esto, los puntos de acceso serían capaces de determinar, acorde a la intensidad de señal del terminal cliente, dónde estaría ubicado.



**Ilustración 26:** Mapa HeatMap de un SSID

**Fuente:** Panel de control Cisco Meraki Cloud Management [38]

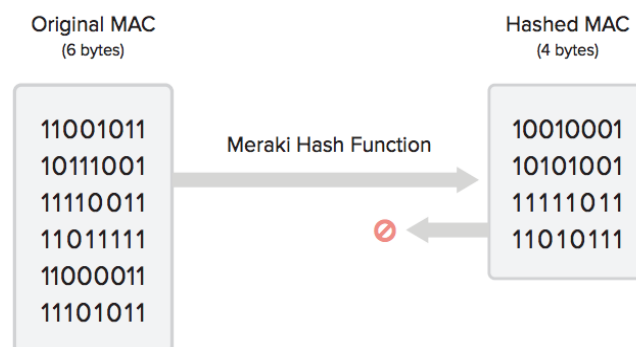
Según este mapa de calor, indica de color verde hasta el rojo según la cantidad de terminales cliente que esté en un alcance determinado del punto de acceso.

Se distinguen los siguientes indicativos en el “*mapa de calor*” que vemos en la imagen superior:

- Punto verde: serían los dispositivos *Cisco Meraki* que pueden poseer la tecnología wireless o bluetooth, para el caso de estudio de este trabajo nos interesa los puntos de acceso Wi-Fi.
- Punto gris: Aquellos terminales de cliente que no están conectados a la red Wi-Fi, pero son detectados por la sonda que emite el punto de acceso. Este AP lo ubica en el mapa según la intensidad de señal en dBm (decibelio-milivatio).
- Punto azul: Aquellos terminales que sí están asociados a la red Wi-Fi y son detectados de la misma forma que los del punto gris.

Según esta información anterior, es de interés realizar el siguiente repaso de los puntos importantes que sirven como objeto de estudio en este trabajo:

- Detección de ubicación de terminales cliente sin estar asociado a la red
  - Este punto es de los más importantes en este estudio, debido a que muchos de los viandantes pueden no estar usando la red Wi-Fi, por diferentes motivos como ser turistas en un tiempo corto en la ciudad o desinterés en el uso de una red pública. El cometido de detección de tráfico peatonal sería igual de satisfactorio para el ámbito de seguridad ciudadana y distribuir las patrullas policiales acorde a este criterio.
- Privacidad
  - Se estima que aproximadamente más de un 50% de terminales móviles tienen activado el módulo de búsqueda de redes Wi-Fi. Para ello si no queremos ser detectados simplemente tendríamos que desactivar este módulo de búsqueda de redes Wi-Fi.
  - Por otro lado, las direcciones MAC de los terminales cliente quedarían almacenados en la nube de Cloud Management Cisco Meraki mediante una función HASH en SHA256, para no poder ser robada esta dirección por atacantes con fines maliciosos. Por tanto, este apartado de privacidad estaría dentro del encaje de legislación descrito en el punto 3.2 de este trabajo.



**Ilustración 27:** Función HASH SHA256, dirección MAC  
**Fuente:** Documentación Location Analytics Cisco Meraki[38]

- Autenticación con redes sociales
  - Gracias a esto, el poder de captación como usuarios de la red pública es mayor, ya que en muchas redes públicas puede llegar a ser tedioso hacer log-in en la red, completando largos procesos de registro.
- Mapas de calor
  - Con ello podemos averiguar en tiempo real dónde se está produciendo en mayor de menor a mayor grado el tráfico peatonal. Idóneo no sólo para el



objeto de estudio de este trabajo, si no, por ejemplo, para tiendas del sector retail. Averiguar en qué horas del día se produce mayor afluencia de personal y si tiene que haber más recursos humanos o menos. También con los mapas de calor se puede averiguar qué zonas de la tienda tienen más éxito o menos y cómo redirigir las campañas de *marketing* en caso de cometer alguna equivocación.

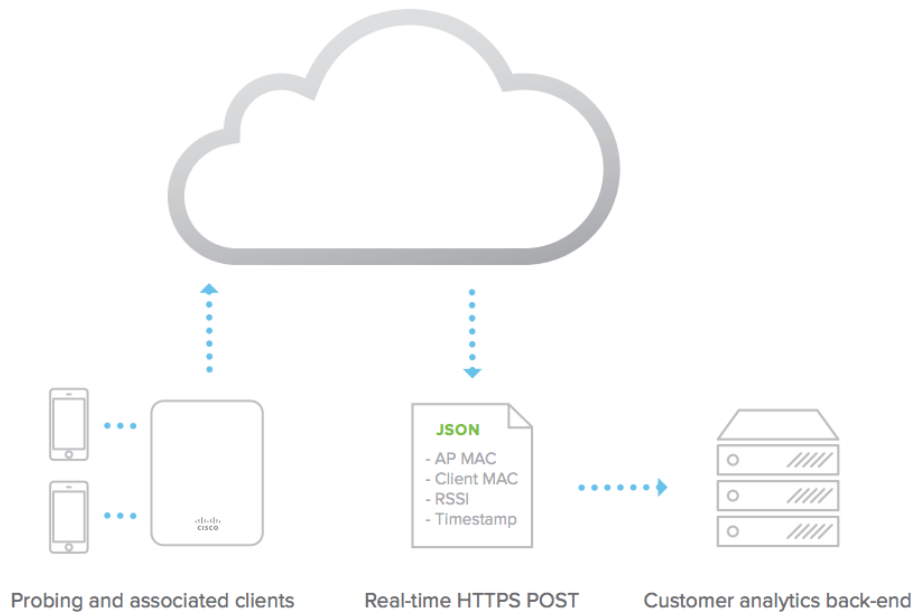
- Para el caso de una *Smart City*, sucede lo mismo. En mucho menos tiempo logramos averiguar qué patrones de movimiento peatonal se está produciendo y ello nos ayuda a averiguar por qué y cómo distribuir los recursos públicos para una mejor asistencia, por ejemplo, la cercanía que deben estar las ambulancias, patrullas policiales, etc...

### 5.2.2 API de localización

En el punto anterior la solución en la nube propia del proveedor es bastante completa. Nos proporciona una ayuda sólida en cuanto a *monitoring* a tiempo real o *reporting*, pero para atender a necesidades propias de entidades públicas o privadas necesitamos exportar esos datos y tratarlos en las aplicaciones cliente.

Para ello, *Cisco Meraki* [38] provee de un módulo que envía la información en formato JSON a nuestras aplicaciones cliente, con el fin de tratar y visualizar esta información personalmente.

Si vemos la imagen inferior, se presenta una arquitectura básica por parte de *Cisco* [38] para representar de qué forma se envían los datos a las aplicaciones cliente.



**Ilustración 28:** Funcionamiento de API Location  
**Fuente:** Documentación Location Analytics Cisco Meraki[38]

Cada cierto tiempo se realizan peticiones HTTP POST enviando en formato JSON la siguiente información que aparece en la tabla inferior.

Name	Format	Description
apMac	string	Dirección MAC del AP observador
apTags	string	Conjunto JSON de todas las etiquetas aplicadas al AP en el panel
apFloors	string	Conjunto JSON de todos los nombres de plano en los que aparece este AP
clientMac	string	Dispositivo MAC
ipv4	string	Dirección de IPv4 del cliente y nombre de host, en formato de "nombre de host / dirección"; solo "/" dirección" si no hay nombre de host, nulo si no está disponible
ipv6	string	Dirección de IPv6 del cliente y nombre de host, en formato de "nombre de host / dirección"; solo "/" dirección" si no hay nombre de host, nulo si no está disponible
seenTime	ISO 8601 date string	Tiempo de observación en UTC; ejemplo: "1970-01-01T00: 00: 00Z"
seenEpoch	integer	Tiempo de observación en segundos desde la época UNIX

ssid	string	Nombre de SSID del cliente; null si el dispositivo no está conectado
rssi	integer	Dispositivo RSSI según lo visto por AP
manufacturer	string	Fabricante del dispositivo; nulo si no se pudo determinar el fabricante
os	string	Sistema operativo del dispositivo; nulo si no se pudo determinar el sistema operativo
location	location	Geolocalización del dispositivo; null si no se pudo determinar la ubicación
lat	decimal	Latitud del dispositivo en grados N del ecuador
lng	decimal	Longitud del dispositivo en grados E del meridiano principal
unc	decimal	Incertidumbre en metros
x	decimal	Conjunto JSON de x desplazamientos (en metros) desde la esquina inferior izquierda de cada plano
y	decimal	Conjunto JSON de desplazamientos y (en metros) desde la esquina inferior izquierda de cada plano

**Tabla 13:** Tabla esquema JSON, datos enviados por HTTP POST

**Fuente:** Documentación Location Analytics Cisco Meraki[38]

Este esquema en formato JSON, quedaría así:

```

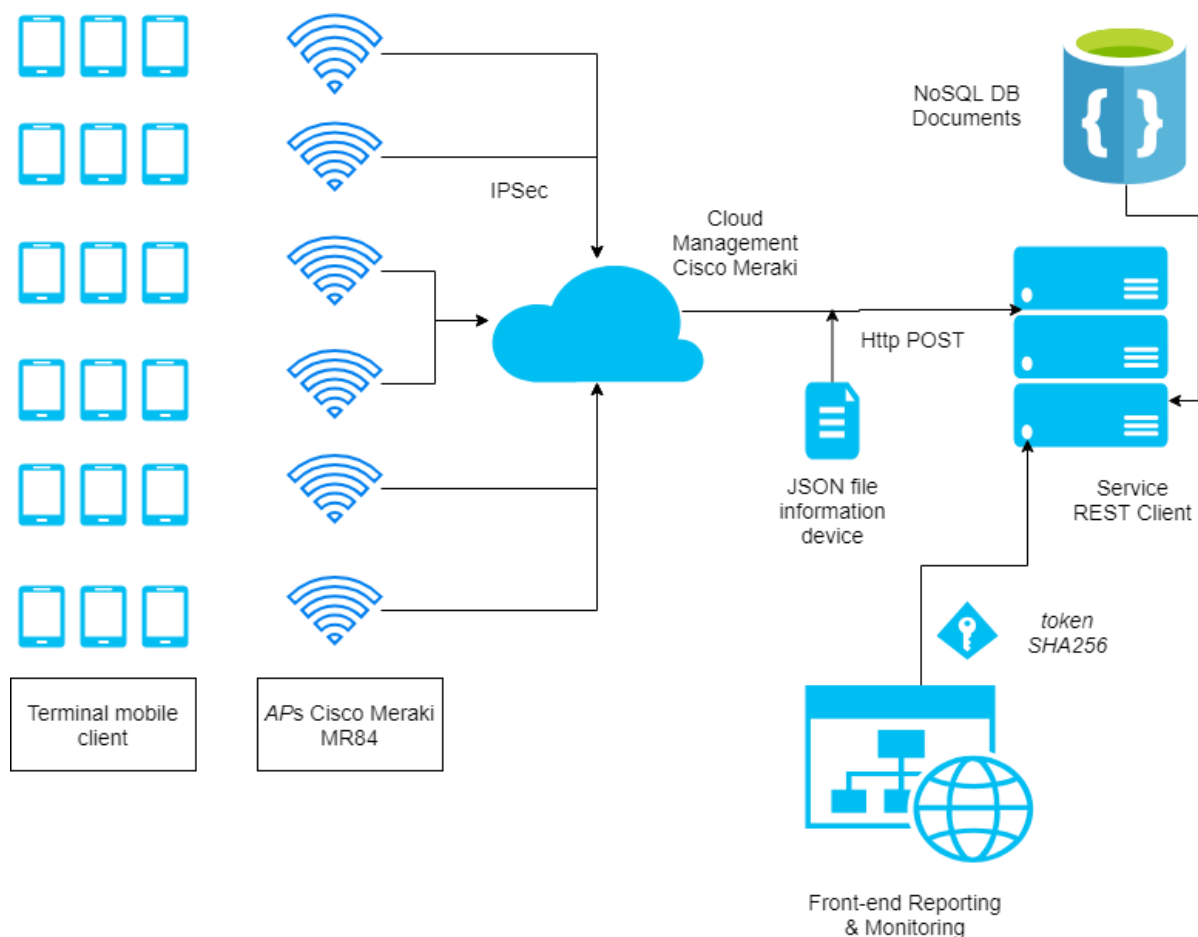
{
  "apMac": <cadena>,
  "apTags": [<cadena, ...>],
  "aplomos": [<cadena>, ...],
  "observaciones": [
    {
      "clientMac": <cadena>,
      "ipv4": <cadena>,
      "ipv6": <cadena>,
      "visto en el tiempo": <cadena>,
      "seenEpoch": <entero>,
      "ssid": <cadena>,
      "rssi": <entero>,
      "fabricante": <cadena>,
      "os": <cadena>,
      "ubicación": {
        "lat": <decimal>,
        "lng": <decimal>,
        "unc": <decimal>,
        "x": [<decimal>, ...],
        "y": [<decimal>, ...]
      },
    }, ...
  ]
}

```

**Ilustración 29:** JSON ejemplo, información terminal móvil de cliente

**Fuente:** Documentación Location Analytics Cisco Meraki[38]

Como puntos a destacar, conviene reflejar la información que se envía al servicio cliente, que sería el día y hora de inicio de la presencia del terminal cliente, también las coordenadas GPS de la ubicación aproximada. La dirección MAC del terminal, sistema operativo, nombre del terminal, tiempo de duración aproximada de permanencia del terminal, etc...



**Ilustración 30:** Arquitectura de sincronización con API *Location Analytics*  
**Fuente:** Elaboración propia

Para la interacción de aplicaciones cliente, con la solución en la nube del proveedor, propongo la arquitectura que se puede apreciar en la imagen superior. Conviene realizar algunas aportaciones adicionales sobre esta ilustración:

- Conexión tunelizada mediante *IPSec* de las antenas *Cisco Meraki MR84*. Esto nos produciría un gran ahorro en costes al no tener que dotar de hardware tal como dispositivos *firewall, router, etc...* Directamente estarían conectados en la nube y se podrían gestionar directamente desde ahí.
- Servicio REST Client: Una solución adecuada sería la construcción de un servicio web de arquitectura REST que permita el intercambio de información en formato JSON. Para ello propongo realizar la parte de implementación mediante la tecnología *ASP.NET Web API* de Microsoft [39]. Esta tecnología se recoge bajo el framework de .NET y permite la construcción de servicios HTTP que lleguen a una amplia gama de clientes, incluidos navegadores y dispositivos móviles.

- Base de datos “NoSQL”: Para agilizar la persistencia de datos la opción más adecuada sería una base de datos no relacional. Tiene fácil integración con el servicio cliente descrito en el punto anterior, permite escalado, almacenamiento de grandes cantidades de datos y sobre todo poder mantener el mismo esquema JSON en el guardado de documentos.
- Front-end “Motoring & Reporting”: Creación de una interfaz web que esté comunicada mediante el servicio REST cliente con un *token* en SHA256 en la parte de seguridad cliente-servidor.
- Tanto el servicio web REST y la base de datos NoSQL, lo más conveniente sería utilizar un datacenter de un proveedor en la nube que proporciona servicios *PaaS (Platform as Service)*, debido a las ventajas descritas en el punto 5.1.1. de este trabajo.

## 6. Conclusiones

A lo largo de este trabajo, he visto las tendencias de una *Smart City* y su tendencia futura que me ha servido como base para realizar el estudio modelo de este trabajo.

En el estado del arte se ha representado por un lado los grandes proyectos ya implantados en grandes ciudades y cómo estos tratan de abordar grandes demandas de servicios en materia de salud y seguridad, uno de los casos es la telemedicina *e-Health*[5] implantado en algunos hospitales de Río de Janeiro. Y otro, proyecto de ciudad inteligente implantado por *IBM* [2] en la policía de Memphis, reduciendo en un 30% la criminalidad gracias al análisis predictivo en base a los datos de criminalidad.

Con estos ejemplos, se muestra que con la implantación de las TIC en una ciudad inteligente sería el comienzo de un gran recorrido para mejorar la calidad de vida de las personas. Gracias a esto no solo mejoramos el estilo de vida, además se presenta como una gran oportunidad para los profesionales del sector de las tecnologías de información para aportar su formación y experiencia en alinear las tecnologías de información con las necesidades de las personas.

Es de interés destacar, el gran papel que tienen las redes de telecomunicaciones en el paradigma *IoT* y cómo se han abordado en este trabajo y su tendencia futura. Siendo predominante el uso de la red *4G* y la carrera por los gigantes tecnológicos en la puesta en marcha de la red *5G*, aún todavía en prototipo y pendiente de estandarizar.

Un gran potencial son las redes Wi-Fi públicas. Gracias a esto mejoramos en gran parte la calidad de vida de las personas por hacer uso de estas redes atendiendo a grandes cantidades de tráfico de datos que con una red 4G puede llegar a ser un poco más complicado.

Como he comentado en el apartado de objetivos, quería averiguar cómo podría alinear redes Wi-Fi públicas para otro cometido que sería la detección del tráfico peatonal en una *Smart City* por lo que gracias a esto cumplimos con dos objetivos que es proveer red de internet a las personas y obtener datos que permiten aportar una mejora en la gestión de la seguridad ciudadana de una ciudad. Por lo tanto, son dos puntos fuertes en la mejora de calidad que se da respuesta con este proyecto modelo.

Es importante enumerar en este apartado de conclusiones, los puntos que se han logrado con este trabajo:

- Comprobar la situación actual y tendencia futura de las *Smart Cities*.
- Redes de internet más adecuada y tendencias futuras en una *Smart City*.
- Comprobar las ventajas de la localización analítica y las ventajas que aporta en una ciudad inteligente sin invadir la privacidad de las personas.
- Encaje en la legislación actual y de la unión europea.
- Determinar el encaje de aprovechar una infraestructura de red Wi-Fi en las ciudades europeas para proporcionar este servicio de localización analítica.
- Realizar una investigación de las opciones hardware disponible en la actualidad y cuál está bajo estos requisitos que nos aportan mayores ventajas.
  - Sincronización con la nube.
  - Autenticación de usuarios más fácil y flexible con el uso de redes sociales.
  - Creación de “*mapas de calor*” basado en la recogida de datos en tiempo real y almacenado en el tiempo.
  - Interconexión de las aplicaciones propias de cliente con la solución en la nube del proveedor.
- Propuesta de arquitectura final de enlace entre dispositivos Wi-Fi, solución en la nube del proveedor y aplicaciones propias de cliente.

Uno de los puntos que más me gustaría destacar que he averiguado gracias a este trabajo, es la captación de tráfico peatonal sin necesidad de que los usuarios estén asociados a la red mediante las señales de disponibilidad que emiten los puntos de acceso Wi-Fi. Bien es cierto, que si los usuarios hacen uso de la red es una ventaja más, pero en caso contrario, el cometido principal del proyecto se puede seguir realizando.

En la actualidad más de un 50% de terminales móviles de cliente tienen el módulo de búsqueda de redes Wi-Fi activados, en caso de no querer ser localizados, simplemente se tendría que desactivar esta opción.

Por último, me gustaría mencionar otros usos que se le puede dar este proyecto modelo a parte de la gestión eficiente de patrullas policiales en un municipio.

- Averiguar dónde podemos proporcionar mejores servicios a la ciudadanía, como la limpieza de vías públicas, espacios cardioprottegidos, etc...
- Ubicación más estratégica de los puntos de localización de ambulancias.
- Ubicación tiendas de venta al público. Averiguar en qué horario, los mapas de calor son mayores o menores, para distribuir mejor el personal de venta al público. Averiguar si las campañas de marketing están dando su fruto y el cliente realiza un acercamiento al producto que se desea promocionar.

Con este estudio, se presenta una tendencia futura en el ámbito de la inteligencia de ubicación, y es el uso de los dispositivos *iBeacon*. Todavía sin estar implantados en todos los terminales móviles excepto en algunos de la marca *Apple* [41].

Con ello se trata de dar una ubicación más exacta de los terminales cliente en comparación de la detección que utiliza las redes Wi-Fi. Esto abre una oportunidad importante en cuanto a la mejora de gestión de tiendas comerciales para guiar al cliente en su compra en el establecimiento sin necesidad de asistencia de personal de tienda y de beneficio de pago de artículos sin pasar por caja, evitando hacer cola.



## 7. Bibliografía

- [1] Mr. Eric-Mark Huitema, (Mayo, 2014). “Building a smarter transportation management network”, Copyright IBM Corporation 2014.
- [2] IBM Smarter Cities Public Safety (Mayo, 2012) —Law Enforcement. Copyright IBM Corporation 2012.
- [3] Nota de prensa IBM. (Septiembre, 2014). “*IBM se consolida como referente tecnológico mundial en las smarter cities*” [web] <http://www-03.ibm.com/press/es/es/pressrelease/45013.wss>. Accedido el 07/04/2018
- [4] *Oracle’s Primavera Smart City Solution*. Oracle Corporation Copyright 2015. [web] <https://www.oracle.com/es/applications/primavera/solutions/smart-city-projects/index.html>. Accedido el 08/04/2018
- [5] e-Health. Negocio Responsable. Telco Accesible. Telefonica S.A.Copyright [web]. <https://www.telefonica.com/es/web/negocio-responsable/telco-accesible/e-health>. Accedido el 08/04/2018
- [6] Taubert, Jennifer. (Septiembre, 2017). “*Smart City Breaks for IoT Enthusiasts*”. [web]. <https://blog.gemalto.com/iot/2017/09/06/smart-city-breaks-iot-enthusiasts>. Accedido el 08/04/2018
- [7] An IDC InfoBrief sponsored by Ruckus. (Mayo, 2017).The Role of Public Wi-Fi in Enabling Smart Cities. Business Models and Use Cases for Maximum Impact. *IDC Corporate USA*.
- [8] Colaboradores de Wikipedia. Telefonía móvil 4G [web]. Wikipedia, La enciclopedia, 2018 [web]. [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Telefon%C3%ADa\\_m%C3%B3vil\\_4G&oldid=106372188](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil_4G&oldid=106372188). Accedido el 12/04/2018
- [9] Colaboradores de Wikipedia. Definición IEEE. Wikipedia, La enciclopedia [https://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.1](https://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.1). Accedido el 12/04/2018

- [10] Arun Agarwal, Kabita Agarwal. *The Next Generation Mobile Wireless Cellular Networks. 4G and Beyond* Arun Agarwal. [web]  
<http://pubs.sciepub.com/ajejee/2/3/6/>. Accedido el 12/04/2018
- [11] Colaboradores de Wikipedia. [web]. Seguridad y fiabilidad en redes Wi-Fi.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Wifi#Seguridad\\_y\\_fiabilidad](https://es.wikipedia.org/wiki/Wifi#Seguridad_y_fiabilidad). Accedido el 12/04/2018
- [12] Rispoli, Francesco. (2018). The rise of satellite technology appeal for train control systems.
- [13] Telefonía móvil 5G. (2018, 22 de marzo). Wikipedia, La enciclopedia libre [web].  
[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Telefon%C3%ADa\\_m%C3%B3vil\\_5G&oldid=106425097](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil_5G&oldid=106425097). Accedido el 12/04/2018
- [14] Ramón Muñoz (2015, 6 de Abril). “España dispone de la red móvil 4G más veloz, pero tiene poca cobertura”. Periódico *El País* [web].  
[https://elpais.com/economia/2015/04/05/actualidad/1428256327\\_773487.html](https://elpais.com/economia/2015/04/05/actualidad/1428256327_773487.html).  
Accedido el 12/04/2018
- [15] *Eduroam en la Universidad de Alicante*. Servicio de Informática Red Inalámbrica. Universidad de Alicante. [web] <https://si.ua.es/es/wifi/eduroam/eduroam-en-la-universidad-de-alicante.html>. Accedido el 14/04/2018
- [16] Acceso a Internet. Aeropuerto Alicante-Elche. AENA. [web]  
<http://www.aena.es/es/aeropuerto-alicante/acceso-internet.html>. Accedido el 14/04/2018.
- [17] Constitución Española, 27 de diciembre de 1978. Aprobada por las Cortes en Sesiones Plenarias del Congreso de los Diputados y del Senado celebradas el (Vol. 31).
- [18] Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. BOE» núm. 298, de 14 de diciembre de 1999, páginas 43088 a 43099 (12 págs.)

- [19] COMUNICADO DE PRENSA n.º 99/16 (15 de septiembre de 2016). Tribunal de Justicia de la Unión Europea. El administrador de un comercio que ofrece gratuitamente al público una red Wi-Fi no es responsable de las infracciones de los derechos de autor cometidas por un usuario [web].  
<https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2016-09/cp160099es.pdf>.  
Accedido el 17/07/2018
- [20] WiMAX. (2018, 16 de marzo). Wikipedia, La enciclopedia libre. [web]  
<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=WiMAX&oldid=106269848>. Accedido el 14/04/2018.
- [21] Datos generales de la ciudad de Alicante (2016, 26 de Febrero). Ayuntamiento de Alicante. [web]. <http://www.alicante.es/va/contenidos/ciutat-dalacant>. Accedido el 23/04/2018
- [22] Estación base de cuatro sectores 5 Ghz. Alentia Systems SA. [web]  
<http://www.alentia.com/Docs/DS/AXS-BS-450-N.pdf>. Accedido el 15/04/2018
- [23] ARBA access. Productos de la compañía Alentia Systems SA [web]  
<http://www.alentia.com/productos/ACCESS>. Accedido el 15/04/2018
- [24] Estación base de cuatro sectores 5 Ghz. Alentia Systems SA. [web]  
<http://www.alentia.com/Docs/DS/AXS-CPE150-RS.pdf> . Accedido el 15/04/2018
- [25] MR84. Cisco Meraki. Performance-driven 802.11ac for tough, high-density environments [web] <https://meraki.cisco.com/products/wireless/mr84>. Accedido el 22/04/2018
- [26] Victorock Kenya Limited (2017, 13 de Julio). Arquitectura de Cisco Meraki.Soluciones de Infraestructura [web]  
<http://victorockkenya.com/index.php/tag/cisco-meraki/>. Accedido el 30/04/2018
- [27] A computational architecture based on RFID sensors for traceability in smart cities  
H Mora-Mora, V Gilart-Iglesias, D Gil, A Sirvent-Llamas Sensors 15 (6), 13591-13626, 2015

- [28] A Comprehensive System for Monitoring Urban Accessibility in Smart Cities H Mora, V Gilart-Iglesias, R Pérez-del Hoyo, MD Andújar-Montoya Sensors 17 (8), 1834, 2017
- [29] Interactive cloud system for the analysis of accessibility in smart cities H Mora, V Gilart-Iglesias, R Pérez-del Hoyo, MD Andújar-Montoya, ...International Journal of Design & Nature and Ecodynamics 11 (3), 447-458, 2016
- [30] IoT Collaborative building of behavioural models based on internet of things JF Colom, H Mora, D Gil, MT Signes-Pont Computers & Electrical Engineering 58, 385-396, 2017
- [31] Distributed computational model for shared processing on Cyber-Physical System Environments H Mora, JF Colom, D Gil, A Jimeno-Morenilla Computer Communications 111, 68-83, 2017
- [32] An IoT-Based Computational Framework for Healthcare Monitoring in Mobile Environments H Mora, D Gil, RM Terol, J Azorín, J Szymanski Sensors 17 (10), 2302, 2017
- [33] Wikipedia contributors. (2018, April 7). Friis transmission equation. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. [web] [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Friis\\_transmission\\_equation&oldid=83522](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Friis_transmission_equation&oldid=83522). Accedido el 30/04/2018
- [34] Friis, HT (mayo de 1946). "Una nota sobre una fórmula de transmisión simple". IRE Proc.: 254-256
- [35] Willette, Aaron(2018, 2 de febrero). Meraki Cloud Logging: Configuration, Events, and Analytics. Willette Works [web] <https://willette.works/meraki-event-logs/> Accedido el 30/04/2018
- [36] PAR VALÉRY GIROU (2017, 17 de enero).Over 100 use cases and examples for iBeacon technology. Electricnews. [web] <https://electricnews.fr/over-100-use-cases-and-examples-for-ibeacon-technology/>. Accedido el 30/04/2018

- [37] Cómo mejorar la eficiencia en los Centros de Procesamiento de Datos (CPDs) (2014, 1 de Agosto). Circutor. [web]. <http://circutor.es/es/documentacion-es/articulos/1248-como-mejorar-la-eficiencia-en-los-centros-de-procesamiento-de-datos-cpds> Accedido el 01/05/2018
- [38] Cisco Meraki Documentation. Wireless LAN. Location Analytics. [web] [https://documentation.meraki.com/MR/Monitoring\\_and\\_Reporting/Location\\_Analytics](https://documentation.meraki.com/MR/Monitoring_and_Reporting/Location_Analytics). Accedido el 01/05/2018
- [39] Learn About ASP.NET Web API. Site managed for Microsoft by Neudesic, LLC. 2018 Microsoft. All rights reserved [web] <https://www.asp.net/web-api>. Accedido el 03/05/2018
- [40] Telefónica lidera el camino al 5G con despliegues en dos ciudades españolas. (2018, 22 de enero). *Telefónica S.A.* [web] <https://www.telefonica.com/es/web/sala-de-prensa/-/telefonica-lidera-el-camino-al-5g-con-despliegues-en-dos-ciudades-espanolas>. Accedido el 03/05/2018
- [41] What is iBeacon? What are iBeacons?. iBeacon.com [web]. <http://www.ibeacon.com/what-is-ibeacon-a-guide-to-beacons/>. Accedido el 03/05/2018
- [42] Introducing 5G networks – Characteristics and usages. Gemalto NV [web] <https://www.gemalto.com/mobile/inspired/5G>. Accedido el 16/05/2018
- [43] Martínez, R. M. (2016). El reglamento de protección de datos de la Unión Europea: un recto colectivo. *Revista SIC: ciberseguridad, seguridad de la información y privacidad*, 25(120), 90-92.
- [44] La iniciativa WiFi4EU: ¿cómo funciona? (2018, 16 de mayo). European Commission [web]. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/faq/wifi4eu-preguntas-y-respuestas>. Accedido el 16/05/2018
- [45] Las 10 ciudades más wireless de Europa (2017). GoEuro .Ciara Serrano [web]. <https://www.goeuro.es/blog/10-ciudades-con-wifi/>. Accedido el 18/05/2018

- [46] Colaboradores de Wikipedia. (2018, 25 de abril). Triangulación En Wikipedia, La Enciclopedia Libre [web].  
<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Triangulation&oldid=838168056>.  
Accedido el 15/05/2018
- [47] Kawaguchi, N. (2009, June). WiFi location information system for both indoors and outdoors. In International Work-Conference on Artificial Neural Networks (pp. 638-645). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [48] Lim, C. H., Wan, Y., Ng, B. P., & See, C. M. S. (2007). A real-time indoor WiFi localization system utilizing smart antennas. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 53(2).
- [49] Thiagarajan, A., Ravindranath, L., LaCurts, K., Madden, S., Balakrishnan, H., Toledo, S., & Eriksson, J. (2009, November). VTrack: accurate, energy-aware road traffic delay estimation using mobile phones. In *Proceedings of the 7th ACM conference on embedded networked sensor systems* (pp. 85-98). ACM.
- [50] City of Palma de Mallorca. 2018 Cisco Systems, Inc. [web]  
<https://meraki.cisco.com/es/customers/hospitality-and-tourism/city-of-palma-de-mallorca>. Accedido el 12/04/2018